



srg | engineering®

Praille-Acacias-Vernets

PAV Etoile Genève

Concept énergétique territorial

Le 21/06/2017

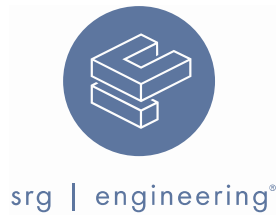
Genève, le 28 avril 2017

520-15773 | Val/Ser

**OFFICE CANTONAL
DE L'ENERGIE**

Rue du Puits-Saint-Pierre 4
Case postale 3920
1211 Genève 3

CET N° 2017-11



Praille-Acacias-Vernets

PAV Etoile Genève

Concept énergétique territorial

Genève, le 28 avril 2017

520- 15773 | Val/Ser

Table des matières

1	Préambule	4
1.1	Introduction	4
1.2	Définition des objectifs du concept énergétique territorial.....	4
1.3	Localisation, caractérisation du site et de son environnement.....	5
1.3.1	Périmètre étudié	5
1.3.2	Bâtiments projetés	6
1.3.3	Contexte politique et institutionnel	7
2	Etat des lieux énergétiques	8
2.1	Evaluation des besoins énergétiques du projet.....	8
2.1.1	Besoins de chaud	8
2.1.2	Besoins de froid.....	11
2.1.3	Besoins électriques	12
2.2	Potentiel des différentes ressources énergétiques disponibles	13
2.2.1	Solaire.....	13
2.2.2	Géothermie	14
2.2.3	Eaux usées.....	15
2.2.4	Genilac.....	17
2.2.5	Rejets thermiques	17
2.3	Les acteurs concernés et leur rôle.....	18
2.3.1	Maître de l’Ouvrage	18
2.3.2	Services Industriels de Genève.....	18
2.3.3	Contracteurs énergétiques.....	18
2.3.4	Office Cantonal de l’Energie.....	18
2.3.5	Commune.....	18
3	Proposition et analyse de stratégies énergétiques	19
3.1	Analyse des productions possibles de chaleur et de froid	19
3.1.1	Pompe à chaleur géothermie / eaux usées / Genilac.....	19
3.1.2	Couplage chaleur-force	19
3.1.3	Conversion électricité en gaz.....	19
3.1.4	Production de froid	21
3.2	Stratégie de valorisation du potentiel énergétique local.....	21
3.3	Stratégie d’approvisionnement	21
4	Synthèse des orientations et recommandations	23
4.1	Synthèse des stratégies énergétiques et recommandations.....	23

Table des illustrations

Figure 1 Périmètre étudié, source: SITG	5
Figure 2 Projet lauréat des mandats d'étude parallèles	6
Figure 3 Ilots A et B PLQ PAV Etoile 1	6
Figure 4 Chauffage et ECS, source: Riedweg et Gendre SA	10
Figure 5 Répartition des besoins électriques	12
Figure 6 Irradiation solaire, source: SITG	13
Figure 7 Cadastre du sous-sol, source SITG	15
Figure 8 Récupération de chaleur bac de douche	16
Figure 9 Schéma power to gas, source: Hybridwerk	20
Figure 10 Axe de déploiement	22

1 Préambule

1.1 Introduction

Le projet Praille Acacias Vernets (PAV) se situe sur trois communes genevoises : Carouge, Lancy et Genève. Ce projet consiste en la transformation de la plus grande et ancienne zone industrielle et artisanale genevoise, en un quartier mixte qui permettra la création de logements, de bureaux et d'activités diverses.

Le périmètre du PAV s'étend sur plusieurs hectares. Le secteur étudié dans le présent rapport est le secteur de *L'Etoile*, qui représente une superficie d'environ 13 hectares.

1.2 Définition des objectifs du concept énergétique territorial

Le présent rapport a pour but de faciliter la mise en œuvre du projet territorial d'un point de vue technique et énergétique en cohérence avec les objectifs de la politique énergétique, soit *la Société à 2000 Watts*.

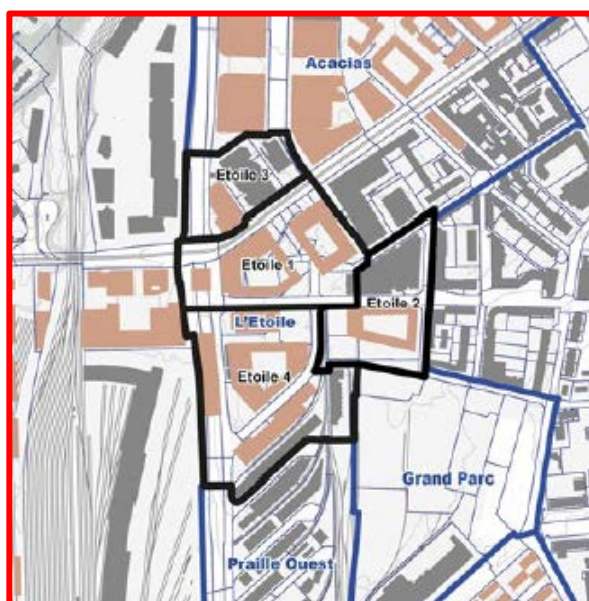
1.3 Localisation, caractérisation du site et de son environnement

1.3.1 Périmètre étudié

Le présent projet de Concept Energétique Territorial (CET) étudie donc le secteur de *L'Etoile* du PAV, qui s'étend sur environ 130'000 m².



Figure 1 Périmètre étudié, source: SITG



1.3.2 Bâtiments projetés

Le projet lauréat des mandats d'étude parallèles prévoit la construction de différents îlots répartis sur toute la surface de *L'Etoile*. Ces îlots proposeront différentes affectations dont principalement des surfaces de bureaux (57%), de logements (34%), d'équipements publics (6%) et de commerces (3%). Plusieurs tours d'une hauteur d'environ 80 m sont prévues par le PLQ. La surface brute de plancher (SBP) totale est de 450'100 m².

Il est important de spécifier que la construction des différents îlots se fera certainement par étapes. Certains bâtiments existants resteront également en place car leur amortissement n'est pas terminé. Le PLQ PAV Etoile 1 prévoit la construction des îlots A et B en premier. L'importance de la planification énergétique due au phasage des constructions sera traitée dans le chapitre *stratégies énergétiques*.



Figure 2 Projet lauréat des mandats d'étude parallèles

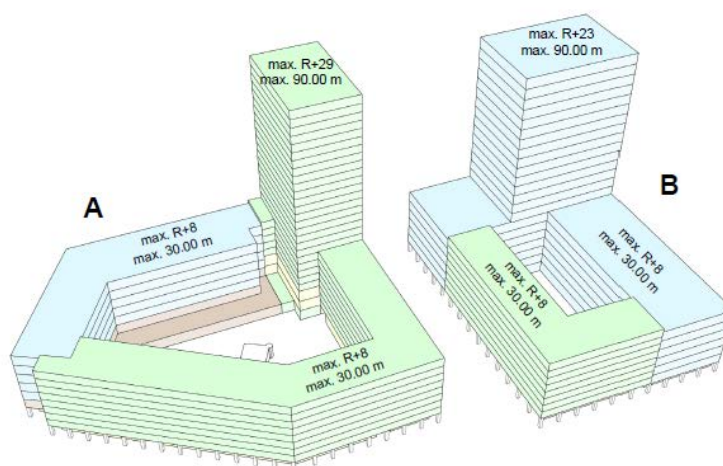


Figure 3 Îlots A et B PLQ PAV Etoile 1

1.3.3 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 et être équipés de panneaux solaires thermiques couvrant au minimum 30% des besoins en eau chaude sanitaires (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 les objectifs à long terme de *la Société à 2000 Watts*. Il s'agit de réduire d'un facteur 3 la consommation en énergie par rapport au niveau moyen actuellement en Suisse et de réduire de 75% l'utilisation d'énergies fossiles.

2 Etat des lieux énergétique

2.1 Evaluation des besoins énergétiques du projet

2.1.1 Besoins de chaud

La loi sur l'énergie du canton de Genève prévoit que les nouvelles constructions doivent respecter au minimum le standard de haute performance énergétique (HPE). Un deuxième standard de très haute performance énergétique (THPE) existe également. A l'avenir, la probabilité est forte que le standard THPE devienne la norme. Les impacts sur la consommation d'énergie entre ces deux standards seront évoqués ci-dessous.

On estime que la Surface de Référence Énergétique (SRE) est égale à la Surface Brute de Plancher (SBP) à ce stade du projet.

	Logements (33,7%)	Bureaux (57,4%)	Equipements (5,6%)	Commerces (3,3%)	Total
	SRE (100% SBP)	SRE (100% SBP)	SRE (100% SBP)	SRE (100% SBP)	SRE (100% SBP)
Surfaces	151'700	258'350	25'200	14'850	450'100

Tableau 1 Surfaces du projet

Les besoins de chaleur peuvent être estimés à partir des prescriptions de la norme SIA 380/1 pour les catégories de bâtiments concernées :

- « I Habitat collectif » :	$Q_{h,lim} = 120 \text{ MJ/m}^2$
- « III Administration » :	$Q_{h,lim} = 150 \text{ MJ/m}^2$
- « V Commerce » :	$Q_{h,lim} = 115 \text{ MJ/m}^2$
- « VI Restauration » :	$Q_{h,lim} = 170 \text{ MJ/m}^2$
- « VII Lieux de rassemblement » :	$Q_{h,lim} = 170 \text{ MJ/m}^2$

En sachant que le standard HPE impose de respecter 80% de la norme SIA 380/1 et respectivement 60% pour le standard THPE. Les valeurs ci-dessus ont été minorées des pourcentages correspondants.

Les consommations annuelles d'ECS peuvent également être estimées à partir des prescriptions de la norme SIA 380/1 pour les catégories de bâtiments concernés :

- « I Habitat collectif » : $Q_{ww} = 75 \text{ MJ/m}^2$
- « III Administration » : $Q_{ww} = 25 \text{ MJ/m}^2$
- « V Commerce » : $Q_{ww} = 25 \text{ MJ/m}^2$
- « VI Restauration » : $Q_{ww} = 200 \text{ MJ/m}^2$
- « VII Lieux de rassemblement » : $Q_{ww} = 50 \text{ MJ/m}^2$

Logements		
Chauffage MWh	ECS MWh	Chaleur (Chauffage + ECS) MWh
3'330	3'160	6'490

Bureaux		
Chauffage MWh	ECS MWh	Chaleur (Chauffage + ECS) MWh
7'090	1'800	8'890

Equipements		
Chauffage MWh	ECS MWh	Chaleur (Chauffage + ECS) MWh
750	890	1'640

Commerces		
Chauffage MWh	ECS MWh	Chaleur (Chauffage + ECS) MWh
310	105	415

Tableaux 2 Consommations par surfaces

Besoins annuels	Logements	Bureaux	Equipements	Commerces	Total
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
HPE	6'490	8'890	1'640	415	17'435
THPE	5'700	7'100	1'450	340	14'590

Tableau 3 Récapitulatif des consommations

La puissance des installations thermiques estimées par une consommation à pleine charge de 1'200 heures par année est située entre 7 MW (THPE) et 9.5 MW (HPE).

Les besoins annuels en chaleur concernant l'ECS sont évidemment les plus élevés pour les logements. Il est important de noter que la consommation d'ECS ne change pas en fonction du standard HPE ou THPE, comme cette dernière dépend des habitudes des utilisateurs et non de la qualité de l'enveloppe des bâtiments.

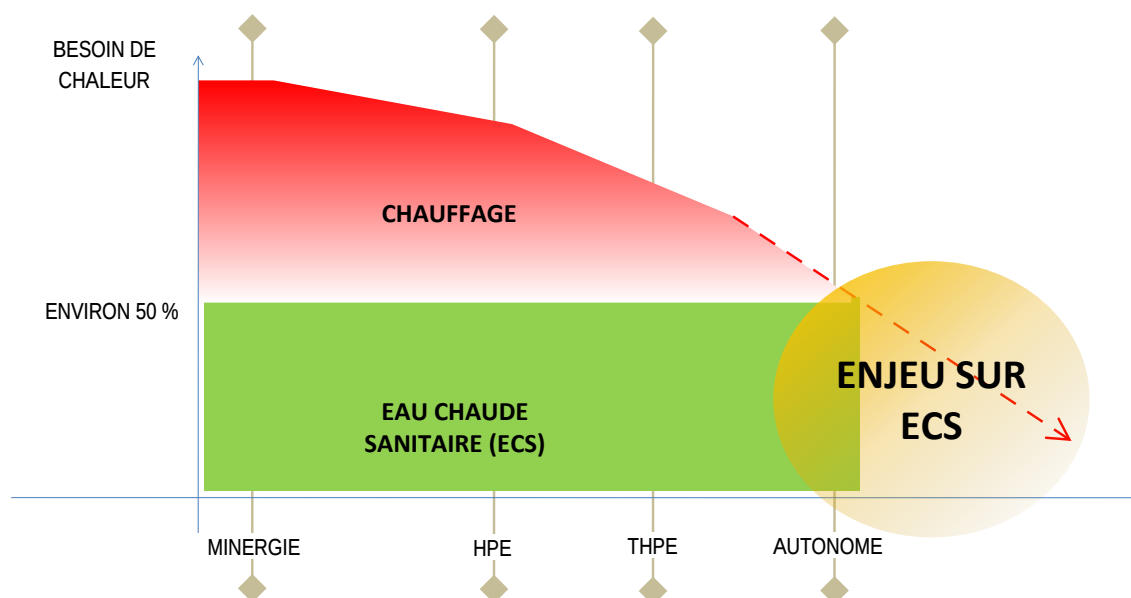


Figure 4 Chauffage et ECS, source: Riedweg et Gendre SA

Le rapport de consommation entre l'eau chaude sanitaire et le chauffage est environ de moitié/moitié pour des bâtiments type HPE ou Minergie. Cependant avec les nouvelles constructions de type THPE et l'évolution certaine des enveloppes thermiques, ce rapport augmente en faveur de l'ECS. L'eau chaude sanitaire devient donc un enjeu primordial des consommations de chaleur puisque cette dernière prend la main sur le chauffage.

2.1.2 Besoins de froid

Les besoins de froid ont été évalués grâce au cahier technique *SIA 2024* selon les affectations des bâtiments concernés :

- « III Administration » :	Puissance = 25.7 W/m ² Demande = 5 kWh/m ² an
- « V Commerce » :	Puissance = 48.5 W/m ² Demande = 54 kWh/m ² an

Puissance	Bureaux	Commerces	Total
	kW	kW	kW
Froid	6'640	720	7'360

Tableau 4 Puissances de froid

Besoins annuels	Bureaux	Commerces	Total
	MWh	MWh	MWh
Froid	1'300	800	2'100

Tableau 5 Besoins annuels de froid

Ces évaluations sont des hypothèses hautes, c'est-à-dire que 100 % des surfaces administratives et de commerces sont considérées climatisées. En considérant un facteur de simultanéité, les valeurs peuvent être raisonnablement arrondies :

Puissance de froid :	entre <u>3.5 et 6.5 MW</u>
Consommation de froid :	entre <u>1 et 2 GWh</u>

2.1.3 Besoins électriques

Les besoins électriques ont été évalués grâce au cahier technique *SIA 2024* selon les affectations des bâtiments concernés :

- « I Habitat collectif » :	E = 80 MJ/m ²
- « III Administration » :	E = 150 MJ/m ²
- « V Commerce » :	E = 300 MJ/m ²
- « VI Restauration » :	E = 700 MJ/m ²
- « VII Lieux de rassemblement » :	E = 150 MJ/m ²

Besoins annuels	Logements	Bureaux	Equipements	Commerces	Total
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
Electricité	3'400	10'800	2'000	1'200	15'900

Tableau 6 Besoins électriques annuels

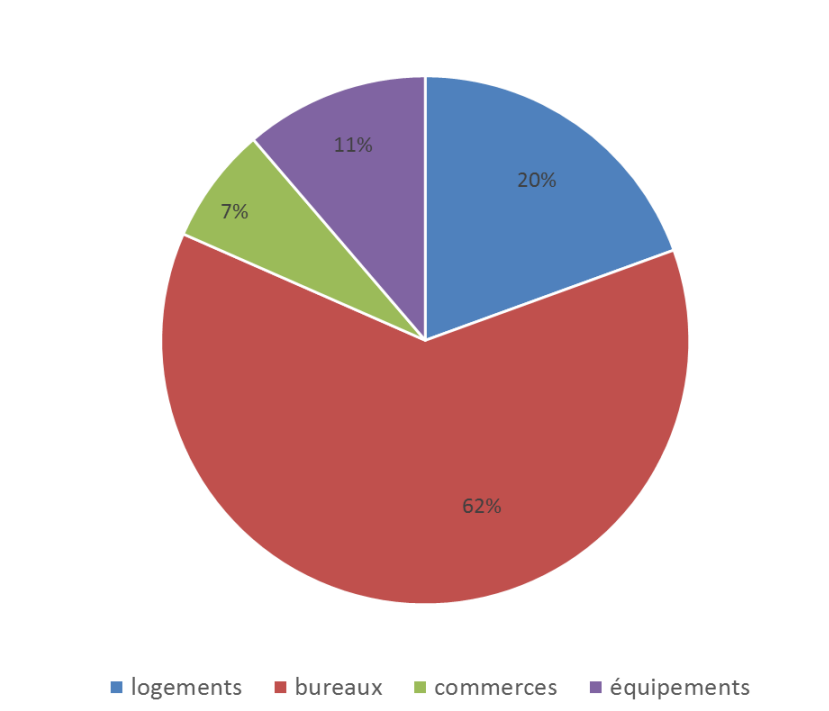


Figure 5 Répartition des besoins électriques

Les surfaces administratives sont évidemment celle qui requièrent le plus de consommation électrique. Toutefois, un déphasage apparaît entre ces pics de consommations :

Logements :	7h-9h, 12h-13h et 17h-21h
Bureaux :	8h-12h et 13h-18h

2.2 Potentiel des différentes ressources énergétiques disponibles

2.2.1 Solaire

Les toitures des bâtiments projetés bénéficient globalement d'une irradiation solaire favorable, orientées entre Sud-Est et Sud-Ouest. L'ombre projetée des tours de grande hauteur devra toutefois être prise en considération.

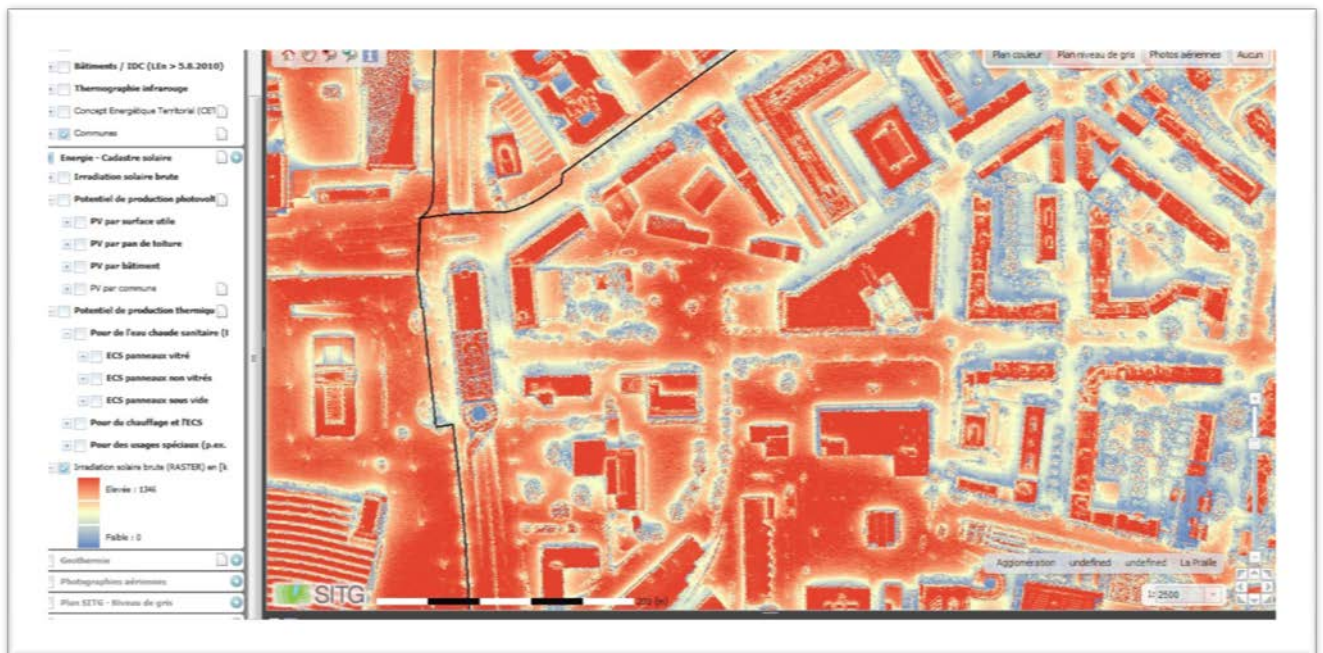


Figure 6 Irradiation solaire, source: SITG

Le potentiel de production d'énergie solaire est estimé selon les hypothèses suivantes :

- ❖ 20% des surfaces de toiture disponibles est dédié au solaire (par souci d'esthétisme dû à la visibilité des toitures)
- ❖ Production énergétique des capteurs photovoltaïques de 150 kWh/m²/an
- ❖ Production énergétique des capteurs thermiques de 550 kWh/m²/an

Avec une surface à disposition d'environ 7'000 m² (20% de 37'000 m²), les productions solaires possibles sont les suivantes :

- ❖ 100% Photovoltaïque : env. 1.1 GWh électrique
- ❖ 100% Thermique : env. 3.9 GWh thermique

La loi prévoyant une couverture de 30% des besoins en ECS par du solaire thermique, nous serions ici, dans le cas d'une utilisation 100% thermique, à un potentiel de couverture d'env. 50% des besoins en ECS.

Le type de panneaux sera défini principalement selon l'affectation des bâtiments. Ainsi le solaire thermique sera favorisé pour les logements alors que le photovoltaïque pour les surfaces administratives.

2.2.2 Géothermie

A l'heure actuelle, la géothermie basse profondeur (jusqu'à 300 m de profondeur) est une technologie fiable et éprouvée depuis les années 1980. Des forages et des études sont en cours concernant la géothermie moyenne profondeur (jusqu'à 3000 m de profondeur). La géothermie moyenne profondeur permettrait de récupérer plus d'énergie du sous-sol, notamment grâce à la température plus élevée qui peut dépasser les 100°C. Le canton de Genève, en partenariat avec les SIG, a mis en place le programme GEothermie 2020. Ce programme consiste en des phases de prospection (jusqu'en 2018), d'exploration et d'exploitation projetées d'ici 2020 du sous-sol profond. A ce stade il est donc encore trop tôt pour se prononcer concernant le potentiel énergétique et les risques liés à la géothermie moyenne profondeur. Toutefois, cette technologie devra être prise en compte lorsque le programme GEothermie 2020 aura avancé.

L'installation de sondes géothermiques est autorisée sur toute la surface de *L'Etoile*.

Le potentiel de production d'énergie lié à la géothermie a été défini selon les hypothèses suivantes :

❖ Longueur par sonde :	300 m
❖ Espacement entre les sondes :	8 m
❖ Puissance extractible (chauffage) :	40 W/m
❖ Surface du champ de sondes :	40'000 m ²

Selon ces hypothèses, la puissance extraite du terrain correspond à env. 2.5 MW. Cette puissance ne suffit donc pas à couvrir l'entièreté de la puissance de chaud nécessaire (estimée entre 7 et 9.5 MW). La principale raison de ce résultat est le rapport entre l'emprise au sol et la surface de référence énergétique. Effectivement, la surface de référence énergétique est importante due à la hauteur des bâtiments, alors que l'emprise au sol est relativement faible.

L'hypothèse de la surface du champ de sonde disponible est basée sur l'emprise au sol globale des bâtiments. De nombreux parking seront également prévus aux différents sous-sols, l'accès aux têtes de sonde devra donc être étudié. Chaque bâtiment sera traité au cas par cas en fonction de sa limite de parcelle et des surfaces dédiées à l'espace public. Certains

bâtiments (de faible hauteur) auront certainement la possibilité d'assurer les 100% de leur production de chaleur avec la géothermie.

La géothermie peut également être utilisée à des fins de refroidissement soit en direct (geo-cooling) soit en évacuant la chaleur des condenseurs de machines frigorifiques. Le potentiel de geo-cooling est toutefois limité par ses régimes de températures qui sont de l'ordre de 20-25°C. Ce régime est trop élevé pour toutes les applications de type « process ». Le geo-cooling sera donc favorisé pour la recharge estivale des champs de sondes des bâtiments de type logements.

2.2.3 Eaux usées

La température des eaux usées présente un régime de température intéressant toute l'année, de l'ordre de 10-20°C. La récupération de chaleur sur les eaux usées peut être envisagée de plusieurs manières. D'une manière centralisée avec la mise en place d'un échangeur de chaleur directement dans le collecteur, qui alimente l'évaporateur de pompes à chaleur. Cette option nécessite un collecteur suffisamment grand pour pouvoir accueillir l'échangeur (> 800 mm), ainsi qu'un débit journalier suffisant pour pouvoir atteindre une puissance intéressante. Voici un extrait du cadastre du sous-sol du quartier de L'Etoile :

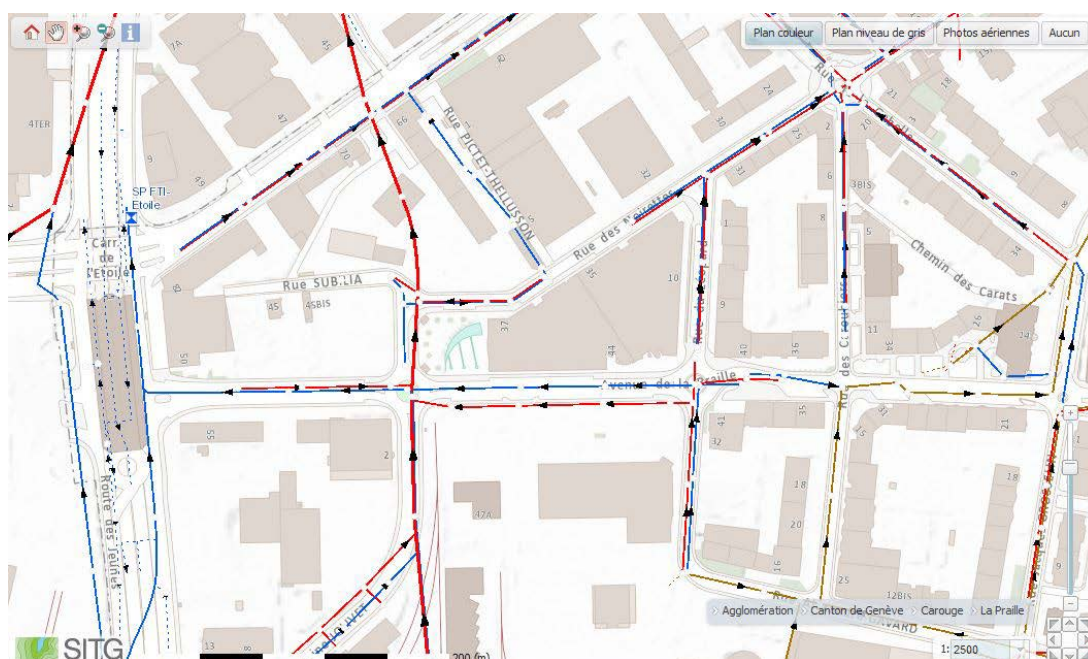


Figure 7 Cadastre du sous-sol, source SITG

Il est également à noter que le projet Pont-Rouge (situé de l'autre côté de la route des Jeunes) utilisera partiellement le potentiel des eaux usées. Le concept prévoit des sondes géothermiques avec l'utilisation des eaux usées en complément.

Un collecteur intéressant pourrait être celui le long de l'*avenue de La Praille*. Toutefois, la mise en place d'un échangeur de chaleur dans ce collecteur pose plusieurs problèmes :

- ❖ La température ne doit pas descendre trop bas afin de respecter une température d'arrivée suffisante à la STEP (env. 15°C).
- ❖ Les jours de pluie font descendre la température relativement basse, cela peut provoquer des pertes de puissance conséquentes au niveau de l'évaporateur des pompes à chaleur.
- ❖ D'un point de vue administratif, une coordination avec la direction générale de l'eau (DGEau) notamment, qui est l'instance qui délivre les décisions sur l'utilisation des eaux usées à des fins de production thermique, est à prévoir.

Une autre solution pour récupérer la chaleur des eaux usées et de le faire de manière décentralisée. Des systèmes avec accumulation (de type *FEKA*) existent. Toutefois, ces systèmes présentent l'inconvénient d'un entretien très rigoureux (encrassement de l'échangeur par les matières fécales et déchets solides présents dans les eaux usées).

De nouvelles solutions voient le jour afin de récupérer les eaux usées de manière décentralisées directement à la source. Des échangeurs de chaleur existent pour être implémentés dans les bacs de douche, de baignoire de manière horizontale ou alors sur les colonnes de chute de manière verticale. Ces systèmes présentent l'avantage de pouvoir récupérer la chaleur en instantané et de préchauffer l'eau arrivant au robinet :

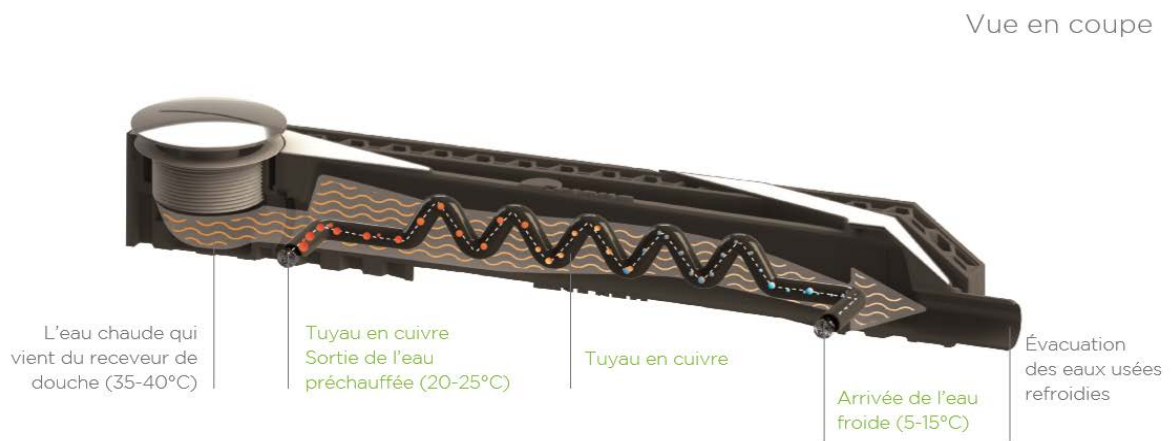


Figure 8 Récupération de chaleur bac de douche

Avec une température de douche de l'ordre de 35-40°C, l'eau froide se voit ainsi réchauffée d'env. 10°C à 20°C. Cela permet donc de diminuer la consommation d'eau chaude sanitaire en conséquence. La récupération de chaleur peut également être reliée au stockage d'ECS du bâtiment. Globalement, une installation de ce type permettrait une économie d'énergie d'env. 30% sur la consommation d'ECS. Le potentiel pour des logements est donc très intéressant.

Comme il a été démontré dans le chapitre *d'évaluation des besoins énergétiques du projet*, la consommation d'eau chaude sanitaire pour des logements de type THPE est supérieure à la consommation de chauffage. L'enjeu sur la consommation d'eau chaude sanitaire est donc primordial. Ce système décentralisé de récupération de chaleur est une solution simple d'un point de vue technique, fiable et peu coûteuse. Elle est donc extrêmement intéressante pour des affectations de logements et peut également être combinée avec d'autres solutions de production renouvelables d'ECS (panneaux solaires thermiques par exemple).

2.2.4 Genilac

Le projet Genilac est un projet financé par les SIG. Il consiste en la construction d'un réseau hydro-thermique qui achemine l'eau du lac Léman directement aux bâtiments. Cette eau peut être utilisée en direct pour du rafraîchissement ou alors pour du chauffage par l'adjonction d'une pompe à chaleur. Le projet prévoit son déploiement jusqu'au sud du quartier de la Jonction. Mais à l'heure actuelle, le déploiement jusqu'à *L'Etoile* n'est pas encore abouti et le tracé exact n'est pas connu.

Toutefois, le *PLQ Acacias 1* prévoit le déploiement de Genilac depuis le Pont Wilsdorf jusqu'à la rue Boissonnas. Ce tracé permettrait d'alimenter le quartier de *L'Etoile* en traversant la route des Acacias afin d'arriver entre les îlots A et B. Il est donc primordial que les futurs projets soient compatibles avec l'éventuelle arrivée de Genilac.

2.2.5 Rejets thermiques

Le secteur de *L'Etoile* étant une zone dédiée principalement à des surfaces administratives et de logements, les seuls rejets de chaleur disponibles seront ceux de toutes les applications type « process » qui nécessiteront du froid toute l'année. Ces rejets de chaleur seront principalement à basse température (inférieurs à 25-30°C), la valorisation de ces rejets thermiques pourra donc être utilisée en été pour le préchauffage de l'ECS ainsi que pour la recharge des champs de sondes géothermiques. En fonction des régimes de température, ces rejets de chaleur pourront également en hiver être valorisés par des pompes à chaleur pour la production de chaud.

2.3 Les acteurs concernés et leur rôle

2.3.1 Maître de l'Ouvrage

Le rôle du Maître de l'ouvrage (MO) est primordial, il finance le projet et décide des choix énergétiques. Les différents MO de *L'Etoile* ne sont pas encore connus.

2.3.2 Services Industriels de Genève

En tant que fournisseur d'énergie du canton, les SIG sont un acteur important. Ils assurent le raccordement électrique, le raccordement en eau, le raccordement en gaz, le développement de Génilac et des différents chauffages à distance (CAD).

2.3.3 Contracteurs énergétiques

Depuis la libéralisation du marché de la chaleur, différents acteurs peuvent proposer des services de contracting énergétique. Ces acteurs sont primordiaux car c'est eux qui pourront investir, par exemple, dans la création d'une production de chaleur centralisée.

2.3.4 Office Cantonal de l'Energie

En validant le présent CET, 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.

2.3.5 Commune

La commune de Carouge veille à ce que la stratégie énergétique choisie réponde aux objectifs qu'elle s'est fixés.

3 Proposition et analyse de stratégies énergétiques

3.1 Analyse des productions possibles de chaleur et de froid

3.1.1 Pompe à chaleur géothermie / eaux usées / Genilac

L'utilisation de pompes à chaleur peut se faire de différentes manières : d'une manière centralisée ou alors décentralisée, dans ce cas chaque bâtiment dispose de sa PAC. Les pompes à chaleur peuvent également utiliser plusieurs ressources comme source froide : la géothermie, les eaux usées ou alors l'eau du lac Léman via le réseau Genilac.

D'une manière générale, afin de présenter le meilleur rendement possible et éviter une montée en température de tout le réseau, l'utilisation d'une PAC basse température dédiée au chauffage statique et d'une PAC haute température dédiée à l'ECS est intéressante. Une production de chaleur centralisée permettrait à une PAC d'alimenter un réseau de chauffage à distance basse température (env. 35°C) et chaque bâtiment disposerait de sa PAC haute température afin de faire le complément pour l'ECS en fonction de ses besoins.

Le phasage des travaux est ici primordial afin de rendre compatible chaque production de chaleur en fonction du déploiement de chaque réseau.

3.1.2 Couplage chaleur-force

Un couplage chaleur-force (CCF) permet la production de chaleur et d'électricité simultanément. Un moteur alimenté au gaz permet d'entraîner un générateur qui produit de l'électricité. La chaleur du moteur et de l'échappement est récupérée afin d'alimenter le réseau de chauffage des bâtiments. Cette technologie est intéressante mais présente plusieurs contraintes de dimensionnement. En effet, il faut que l'électricité produite soit autoconsommée et que le CCF fonctionne un minimum d'env. 3'000 heures par année afin que le projet soit rentable économiquement. Il faut donc généralement sous-dimensionner un CCF en terme de puissance thermique afin qu'il tourne à un régime constant la majeure partie de l'année. Ce qui implique le recours à d'autres sources de chaleur afin de couvrir les pics de chaleur. Un CCF produit également des gaz à effet de serre.

Toutefois, un CCF centralisé pour le quartier de *l'Etoile* pourrait être intéressant aux vues de la répartition des surfaces. Les affections administratives, consommatrices d'électricité y sont majoritaires.

3.1.3 Conversion électricité en gaz

Une technologie innovante commence à voir le jour sur plus en plus de projets. Il s'agit de la solution *power to gas*. Cette technologie permet la convergence de 3 agents énergétiques qui sont : l'eau, le gaz et l'électricité. L'énergie excédentaire produite par des panneaux solaires photovoltaïques est valorisée par un électrolyseur qui transforme l'eau et l'électricité en hydrogène.

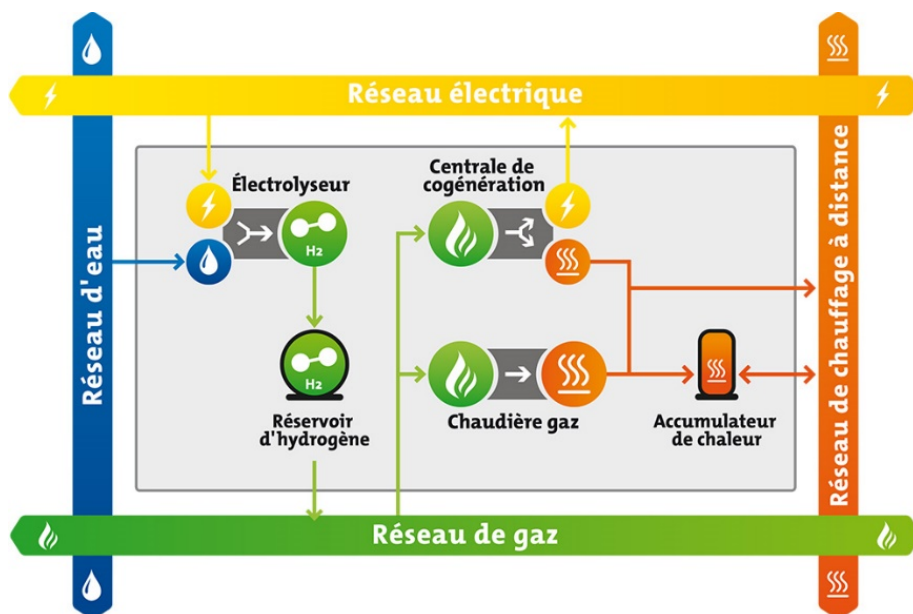


Figure 9 Schéma power to gas, source: Hybridwerk

Cet hydrogène ainsi produit peut être enrichi avec du CO₂ pour être converti en méthane puis être injecté dans le réseau gazier existant. L'important potentiel de transport et de stockage du réseau gazier permet d'être valorisé par ce processus. En effet, le réseau électrique ne dispose pas de cette capacité de stockage.

Des CCF peuvent être ajoutés par la suite afin de consommer ce gaz produit. Cette solution permet de répondre à un enjeu crucial qui est le stockage de l'électricité. Ce système permet également une vraie autonomie avec l'électricité photovoltaïque en été et une utilisation possible de cette énergie en hiver grâce au stockage du gaz.

Cette solution est comparable à un label Minergie-A, présentant une réelle autonomie, sans recours à une consommation électrique en hiver supplémentaire.

3.1.4 Production de froid

La production de froid peut être envisagée de manière traditionnelle avec des machines de froid couplées à des tours de refroidissement. Dans ce cas, chaque bâtiment devra être étudié précisément en fonction de son affectation (logements et/ou administratifs) afin de valoriser au maximum les rejets thermiques ainsi produits. Ces rejets thermiques seront utilisés directement pour le chauffage en hiver ou alors pour préchauffer l'ECS en été.

Si le déploiement de Genilac arrive effectivement jusqu'au quartier de *L'Etoile*, il est nécessaire que des vannes en attente soient prévues pour chaque projet afin de permettre le raccordement ultérieur à ce réseau. Genilac permettrait l'utilisation de froid en direct sans recours à une compression mécanique pour les réseaux à une température compatible (entre 12-15°C). Pour les applications de process particulières, le recours à du froid mécanique afin d'abaisser les régimes de températures serait nécessaire.

3.2 Stratégie de valorisation du potentiel énergétique local

La valorisation du potentiel énergétique local doit être maximale.

Elle commence par l'utilisation du sol. Les sondes géothermiques verticales sont à privilégier pour les bâtiments à faible consommation.

L'eau de Genilac sera utilisée pour les bâtiments présentant une plus grosse consommation et permettra de faire l'appoint pour les bâtiments où la géothermie ne sera pas suffisante.

Les eaux usées seront utilisées directement à la source afin de simplifier les solutions techniques.

Le potentiel solaire est à affiner en fonction de l'affectation de chaque bâtiment. Le photovoltaïque est intéressant pour les bâtiments à forte consommation électrique. L'autoconsommation doit être favorisée et un couplage avec la technologie *power to gas* / CCF / PAC pour le chauffage est primordiale.

Les panneaux solaires thermiques seront favorisés pour les bâtiments de logements qui présentent une consommation d'ECS plus élevée.

3.3 Stratégie d'approvisionnement

La stratégie d'approvisionnement pour le chauffage doit se faire de manière à privilégier le déploiement de réseaux de chauffage à distance basses températures. Le recours à un contracteur énergétique permettrait de déployer une production de chaleur centralisée avec un CAD basse température. Concernant l'ECS, l'approche d'une production décentralisée bâtiment par bâtiment permettrait de coller au mieux à la demande en ECS pour chaque affectation. Le raccordement au réseau électrique et gazier est évidemment nécessaire.

Le déploiement de ces réseaux devra suivre les étapes de chaque projet afin de permettre une évolution entre production centralisée/décentralisée optimale.

3.4 Stratégie liée au phasage

Le quartier de *L'Etoile* se déploiera en plusieurs phases. La phase 1 concernera les îlots A et B. La stratégie énergétique est de favoriser la géothermie pour ces deux îlots, avec la possibilité de se raccorder au réseau Genilac ultérieurement. Le pourcentage de logements étant supérieur pour l'îlot A, la valorisation de la toiture par du solaire thermique est plus intéressante. Le pourcentage étant inversé avec les surfaces administratives pour l'îlot B, la recommandation est de valoriser le photovoltaïque. Si les surfaces administratives requerraient du froid pour le confort et le process, une valorisation des rejets thermiques serait à inclure pour le chauffage statique et le préchauffage de l'ECS.

Toutefois, Un bâtiment existant de l'îlot A restera en place encore quelques années et par conséquent une distribution haute température devra être conservée. De plus, ces deux îlots comportent chacun une tour de 90 mètres, la puissance de chaud nécessaire pour chacun est d'env. 1.5 MW pour l'îlot A et d'env. 1.3 MW pour l'îlot B. Les surfaces des parcelles ne sont pas suffisantes pour assurer la totalité des besoins par des sondes géothermiques. Cela veut nécessairement dire qu'un appoint à la géothermie sera nécessaire. Avant l'arrivée de Genilac, cet appoint pourra se faire soit par une chaudière gaz à condensation soit par un CCF si la demande en électricité est suffisante (surtout pour l'administratif).

Pour la suite du développement du quartier, le déploiement d'un chauffage à distance basse température suivant un axe central permettrait à chaque bâtiment de pouvoir s'y raccorder :

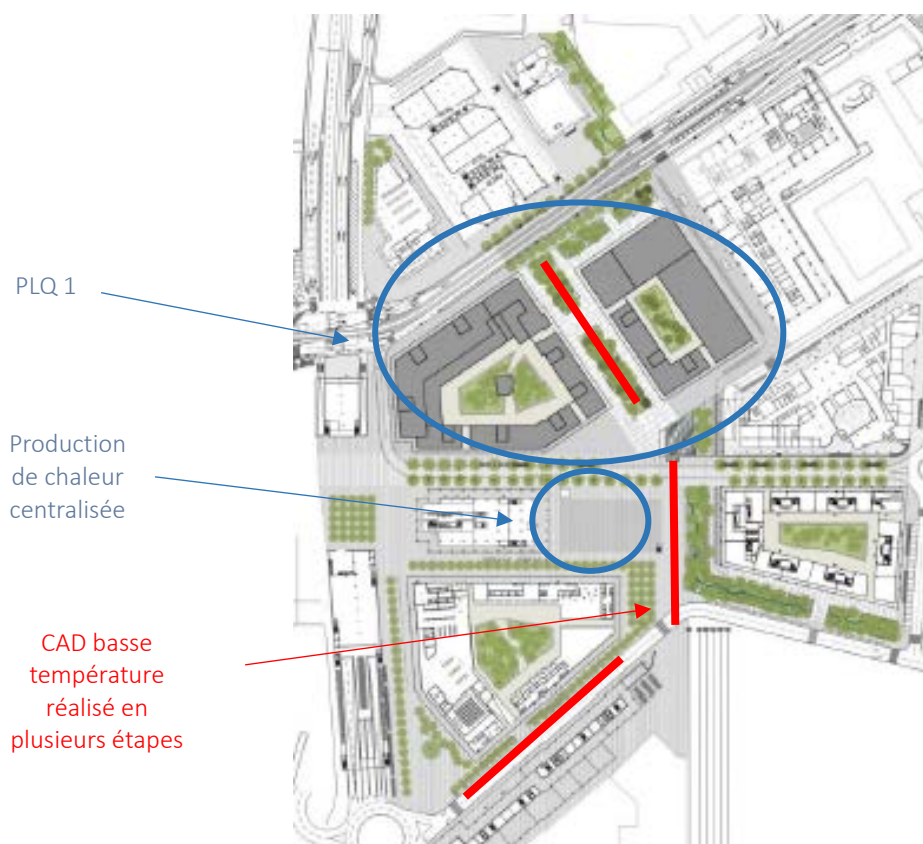


Figure 10 Axe de déploiement

4 Synthèse des orientations et recommandations

4.1 Synthèse des stratégies énergétiques et recommandations

L'enjeu local principal est de favoriser au maximum l'utilisation des ressources locales renouvelables. Pour ce faire, l'hypothèse à moyen terme que le standard de très haute performance énergétique (60% de la *SIA 380/1*) devienne la norme est forte probable. Cela permettrait de réduire de 20% la demande en puissance des énergies renouvelables.

Une production de chaleur centralisée serait également intéressante mais implique un contracteur énergétique. Cette production de chaleur centralisée pourrait prendre la forme d'un couplage entre la géothermie, la solution *power to gas* et CCF. Le système devra également être compatible Genilac. La modularité qu'offre la géothermie avec une évolution sur Genilac est intéressante. La solution *power to gas* et CCF serait là afin de pouvoir stocker l'énergie photovoltaïque excédentaire. Aux vues de la temporalité du projet (entre 10 et 20 ans), cette technologie aura eu le temps de mûrir.

Le CAD basse température impliquerait également une production décentralisée d'ECS pour chaque bâtiment, par exemple une PAC haute température qui aurait comme régime d'évaporation le régime du CAD (35/30°C).

Concernant le jeu d'acteurs, il est nécessaire qu'une fois tous les Maîtres de l'ouvrage connus, une concertation ait lieu entre eux afin d'intégrer une synergie entre leurs différents besoins. Il serait utile qu'un assistant technique puisse définir le cahier des charges du contracteur énergétique afin d'en maîtriser la planification, les coûts des énergies, les primes de puissance ainsi que les objectifs énergétiques à atteindre afin de préserver les intérêts des Maîtres de l'ouvrage et des investisseurs. La recherche d'un éventuel contracteur énergétique devra être effectuée par les autorités (OCEN et/ou commune de Carouge) et pourrait prendre la forme d'un appel d'offre défini par le mandataire technique décrit précédemment.

Pour conclure, la valorisation des ressources renouvelables locales doit être maximale. Une forte synergie entre consommateurs doit être intégrée notamment sur les éventuelles productions de froid et récupération de chaleur en fonction des affections des bâtiments (logements vs administratifs). La mutualisation des réseaux thermiques en fonction des différentes phases est primordiale et doit intégrer une évolution entre production centralisée/décentralisée.