

Concept énergétique territorial du PLQ 29967, Satigny

Version 1, 07.11.2014



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

CET 2015-02

OFFICE CANTONAL
DE L'ENERGIE
Rue du Puits-Saint-Pierre 4
Case postale 3920
1211 Genève 3

validé le 23.02.2015

Impressum

Mandant : ARCHI+
SERAFIN ARCHITECTES ASSOCIES SA
122, Rue de Genève
1226 Thônex

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

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

Version : Version 1 du 7 novembre 2014

Table des matières

1	RÉSUMÉ	4
2	ABRÉVIATIONS	5
3	INTRODUCTION ET OBJECTIF DU CONCEPT ÉNERGÉTIQUE TERRITORIAL	6
4	MISE EN CONTEXTE	6
4.1	LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE	6
4.2	CONTEXTE D'AMÉNAGEMENT	7
4.3	BÂTIMENTS EXISTANTS DANS LE SECTEUR	8
4.4	PROGRAMME DE CONSTRUCTIONS	9
4.5	CONTEXTE PATRIMONIAL	10
4.6	CONTEXTE DE PLANIFICATION ÉNERGÉTIQUE	10
4.7	CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL	11
5	ÉTAT DES LIEUX ÉNERGÉTIQUE	13
5.1	POTENTIEL DES RESSOURCES ÉNERGÉTIQUES RENOUVELABLES ET LOCALES AINSI QUE DES REJETS THERMIQUES	13
5.2	STRUCTURE QUALITATIVE ET QUANTITATIVE DES BESOINS ÉNERGÉTIQUES ACTUELS ET DE LEUR ÉVOLUTION FUTURE	17
5.3	LES ACTEURS CONCERNÉS ET LEUR RÔLE	20
5.4	LES INFRASTRUCTURES ÉNERGÉTIQUES EXISTANTES ET PROJÉTÉES	20
5.5	SYNTHÈSE DE L'ÉTAT DES LIEUX ÉNERGÉTIQUE	21
6	STRATÉGIE ÉNERGÉTIQUE LOCALE	22
6.1	PRINCIPES GÉNÉRAUX DE LA STRATÉGIE ÉNERGÉTIQUE LOCALE	22
6.2	VARIANTE 1 – SOLAIRE + GÉOTHERMIE	23
6.3	VARIANTE 2 – SOLAIRE + PAC AIR/EAU + COMPLÉMENT GAZ	25
6.4	VARIANTE 3 – SOLAIRE + GAZ + AMÉLIORATION DE L'ENVELOPPE THERMIQUE	27
6.5	RECOMMANDATIONS CONCERNANT LES VARIANTES D'APPROVISIONNEMENT	29
7	RÉSERVATIONS POUR LES INFRASTRUCTURES ÉNERGÉTIQUES	30

1 Résumé

Le secteur du PLQ 29'967, situé sur la commune de Satigny, à l'angle de la route de la Gare de Satigny et du chemin Pré-Gentil, est actuellement occupé par plusieurs bâtiments. Le **programme du PLQ** prévoit la construction de 5 bâtiments à 4 étages, destinés en grande partie à l'habitation, avec un total de 75 logements. Le programme complet prévoit 8330 m² de surface brute de plancher. Deux des 5 bâtiments seront réalisés à court terme, les 3 autres à moyen terme.

Les **besoins énergétiques** des futures constructions sont évalués à environ 230 MWh/an pour le chauffage, à environ 170 MWh/an pour l'eau chaude sanitaire (ECS) et à environ 450 MWh/an d'électricité. En raison de la faible surface destinée aux activités ou aux commerces (< 5% de la surface totale), les besoins de rafraîchissement seront quasi-inexistants.

Les principales **ressources** locales disponibles sont la géothermie, l'énergie solaire et l'aérothermie. Le potentiel d'énergie solaire est suffisant pour satisfaire au moins 60% des besoins en eau chaude sanitaire. Le potentiel géothermique est largement suffisant pour satisfaire l'ensemble des besoins de chauffage et le solde des besoins d'eau chaude sanitaire. Sans compter les besoins électriques, les ressources locales permettent de satisfaire l'ensemble des besoins thermiques du PLQ.

En termes d'**infrastructures énergétiques** importantes, le réseau de gaz est disponible en bordure du PLQ.

Trois **variantes énergétiques** ont été analysées et comparées pour le PLQ :

1. **Solaire + géothermie** : 60% des besoins d'ECS par le solaire thermique. 40% des besoins d'ECS + les besoins de chauffage par des sondes géothermiques et une pompe à chaleur. Installation de panneaux photovoltaïques sur le reste de la toiture et, selon les possibilités architecturales, en façade.
2. **Solaire + PAC air/eau + complément gaz** : 60% des besoins d'ECS par le solaire thermique. 40% des besoins d'ECS + les besoins de chauffage par une pompe à chaleur lorsque la température extérieure est supérieure à 5 °C, en-dessous de 5 °C par une chaudière à gaz. Installation de panneaux photovoltaïques sur le reste de la toiture et, selon les possibilités architecturales, en façades.
3. **Solaire + gaz + amélioration de l'enveloppe thermique** : 60% des besoins d'ECS par le solaire thermique. 40% des besoins d'ECS + les besoins de chauffage par une chaudière à gaz. Dans cette variante, l'enveloppe thermique doit être améliorée pour respecter l'exigence légale qui fixe la part des énergies non renouvelables à maximum 60% de la valeur limite des besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire (selon les normes SIA). Installation de panneaux photovoltaïques sur le reste de la toiture et, selon les possibilités architecturales, en façade.

A ce stade de la planification, **il est recommandé de retenir la variante 1, basée sur un approvisionnement solaire et géothermique.**

2 Abréviations

BT : Basse température

CAD : Chauffage à distance

CET : Concept énergétique territorial

COP : Coefficient de performance

COPA : Coefficient de performance annuel

ECS: Eau chaude sanitaire

GE : Genève

HPE : Haute performance énergétique

HT : Haute température

IDC : Indice de dépense de chaleur

IUS : Indice d'utilisation du sol

kW : Kilowatt, unité pour quantifier une puissance.

kWh : Kilowatt-heure, unité de mesure d'énergie. 1 kWh = 3.6 MJ

LEn : Loi cantonale sur l'énergie

LGZD : Loi générale sur les zones de développement

MJ : Mégajoule, unité de mesure d'énergie.

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

OCEN : Office cantonal de l'énergie

PAC: Pompe à chaleur

PLQ: Plan localisé de quartier

PV : Photovoltaïque

SBP: Surface brute de plancher

SIG : Services Industriels de Genève

SITG : Système d'information du territoire à Genève

SRE: Surface de référence énergétique

THPE : Très haute performance énergétique

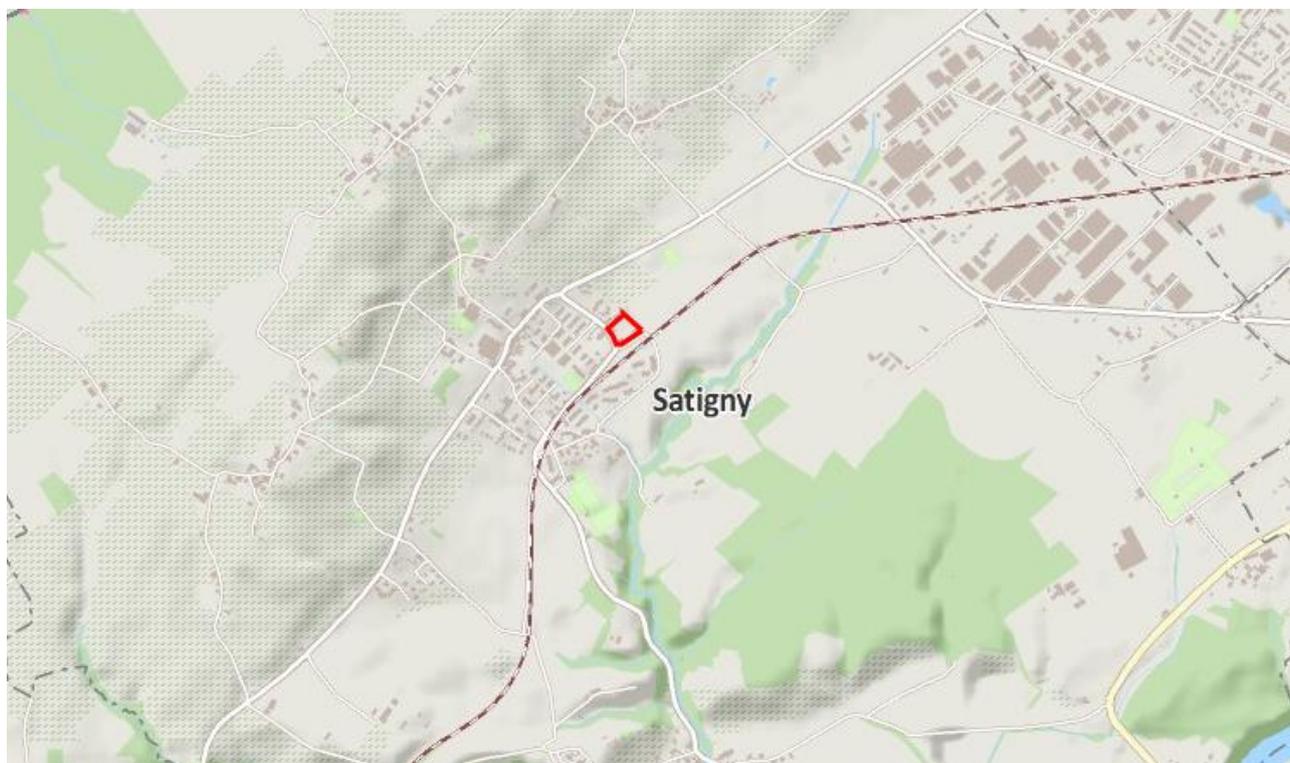
3 Introduction et objectif du concept énergétique territorial

Ce concept énergétique territorial accompagne le plan localisé de quartier 29'967, situé à Satigny. Il a pour objectif de traiter les enjeux stratégiques qui se posent à cette échelle du territoire pour la politique énergétique. En particulier, il vise à orienter les choix énergétiques pour les projets de construction sur ce site dans le but de mettre en place un approvisionnement énergétique efficace et durable. Il donne des orientations pour les futurs concepts énergétiques des bâtiments et des recommandations pour les différents acteurs concernés. Il vise aussi à identifier les mesures de coordination et de planification nécessaires pour garantir la faisabilité de la stratégie énergétique proposée.

4 Mise en contexte

4.1 Localisation géographique

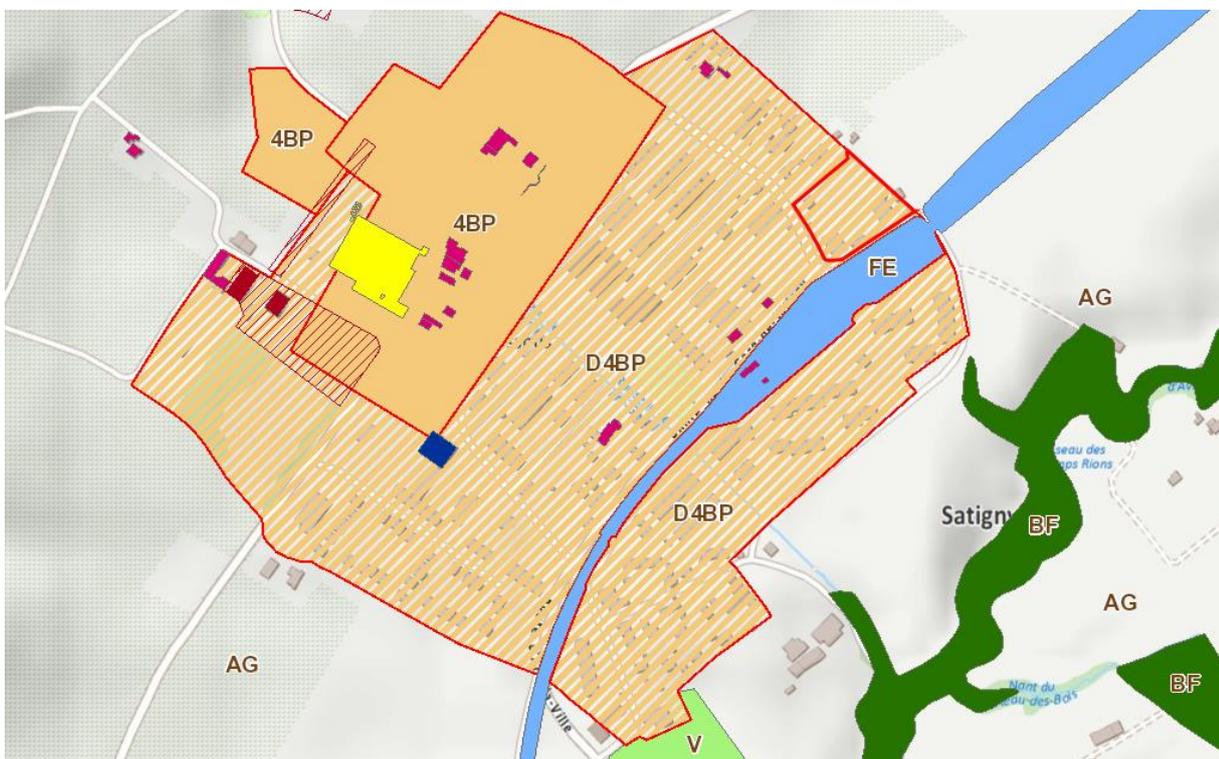
Le PLQ 29'967 se situe sur la commune de Satigny, à l'angle de la route de la Gare de Satigny et du chemin Pré-Gentil, à 415 m d'altitude.





4.2 Contexte d'aménagement

Le PLQ 29967 se trouve à l'extrémité nord-est de la zone de développement 4B protégée de Satigny, jouxtant la zone agricole. Le Plan directeur cantonal 2030 vise une densification de la commune de Satigny et une extension de la zone à bâtir au nord-est du PLQ 29'967. La commune de Satigny fera également l'objet d'un Grand projet.



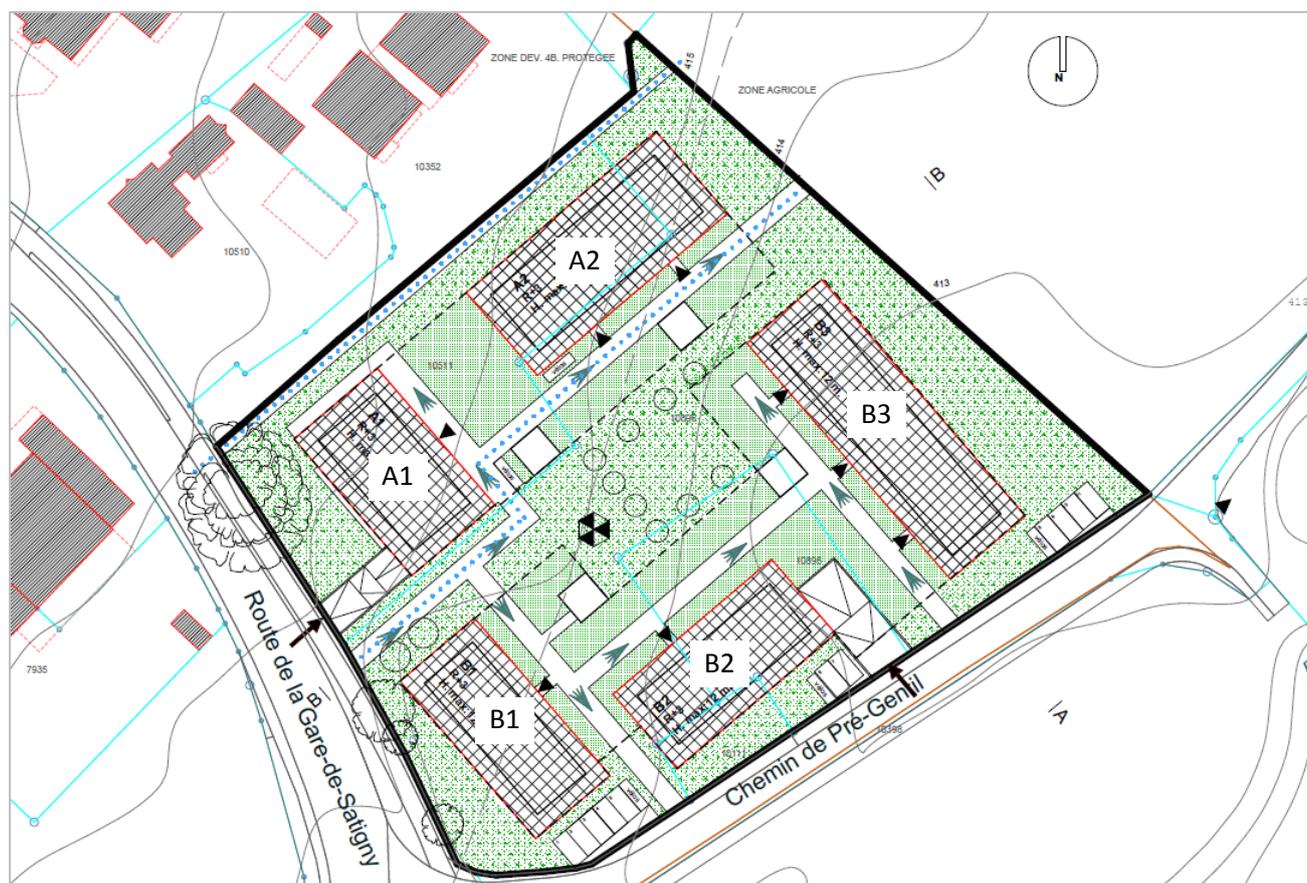
Zones d'affectations (source : SITG).

4.4 Programme de constructions

Le PLQ 29'967 prévoit la construction de cinq bâtiments, dont deux à court terme dans la partie nord-ouest du PLQ (bâtiments A1 et A2 sur le plan ci-après) et trois à moyen terme dans la partie sud-est du PLQ (bâtiments B1, B2 et B3). A part le bâtiment B1 qui comportera des commerces ou activités au rez-de-chaussée, tous les bâtiments sont destinés à l'habitation. En tout, 75 logements sont prévus.

La surface brute de plancher de l'ensemble des bâtiments prévus par le PLQ est de 8330 m², dont 405 m² destinés aux commerces/activités et le reste à l'habitation. L'indice d'utilisation du sol (IUS) est de 0.99.

Bâtiment	Utilisation selon SIA	SBP (m ²)	Etages
Bâtiment A1	Habitat collectif I	1'380	R + 3
Bâtiment A2	Habitat collectif I	1'930	R + 3
Bâtiment B1 - Partie logements	Habitat collectif I	1'023	R + 3
Bâtiment B1 - Partie activités/commerces	Commerces V ou Administration III	405	R + 3
Bâtiment B2	Habitat collectif I	1'428	R + 3
Bâtiment B3	Habitat collectif I	2'164	R + 3
Total		8'330	



Extrait du PLQ indiquant les 5 bâtiments prévus par le PLQ.

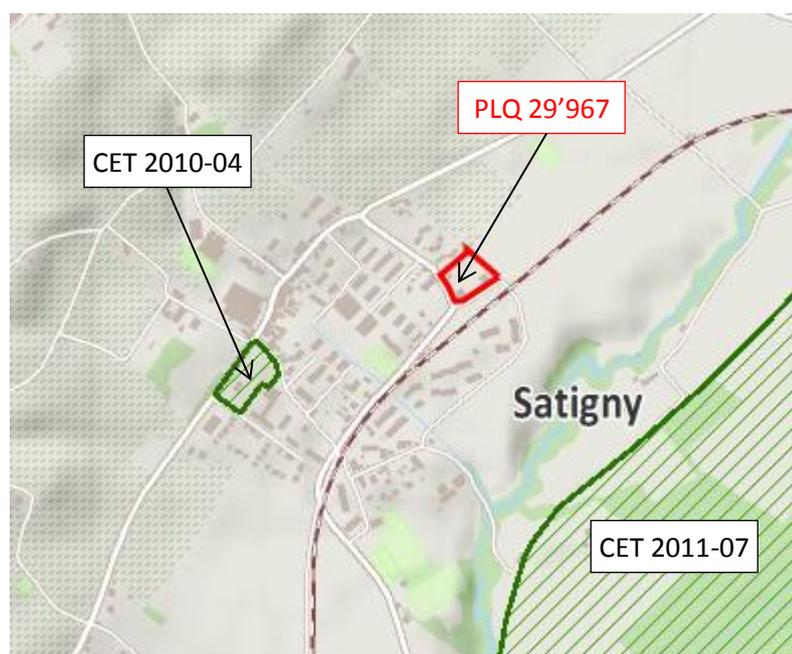
4.5 Contexte patrimonial

Aucune contrainte patrimoniale n'est identifiée sur le périmètre du PLQ.

4.6 Contexte de planification énergétique

4.6.1 Concepts et projets énergétiques pertinents

Le village de Satigny n'a pas fait l'objet d'un concept ou d'une étude énergétique couvrant l'ensemble du périmètre. Dans un périmètre élargi autour du PLQ 29'967, il existe deux concepts énergétiques territoriaux validés : le CET 2010-04 pour le PLQ 29'717 et le CET 2011-07 (Evaluation du potentiel géothermique de la nappe de Montfleury). Ils sont sans enjeu pour le PLQ 29'967.



Carte des concepts énergétiques territoriaux validés.

Il n'existe pas de projets ni d'infrastructures énergétiques d'importance à proximité du PLQ 29'967.

4.6.2 Objectifs énergétiques généraux

Les objectifs de la **politique énergétique cantonale** s'inscrivent dans la vision à long terme, du Conseil fédéral, d'une société à 2000 Watts sans nucléaire. La stratégie énergétique cantonale repose sur les 3 piliers suivants¹ :

- la maîtrise et la réduction de la demande d'énergie;
- la valorisation énergétique du territoire;
- la mobilisation des acteurs publics et privés.

¹ RD 986 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. 8 mai 2013.

La Commune de Satigny a fixé ses objectifs en matière d'énergie dans son Plan Directeur Communal². Conformément aux objectifs cantonaux, la Commune vise à réduire les besoins en énergie de son territoire, favorise l'utilisation d'énergies renouvelables et une utilisation rationnelle de l'énergie.

4.7 Contexte environnemental

4.7.1 Parcelles polluées

Aucun site pollué n'est recensé dans le secteur du PLQ 29'967.

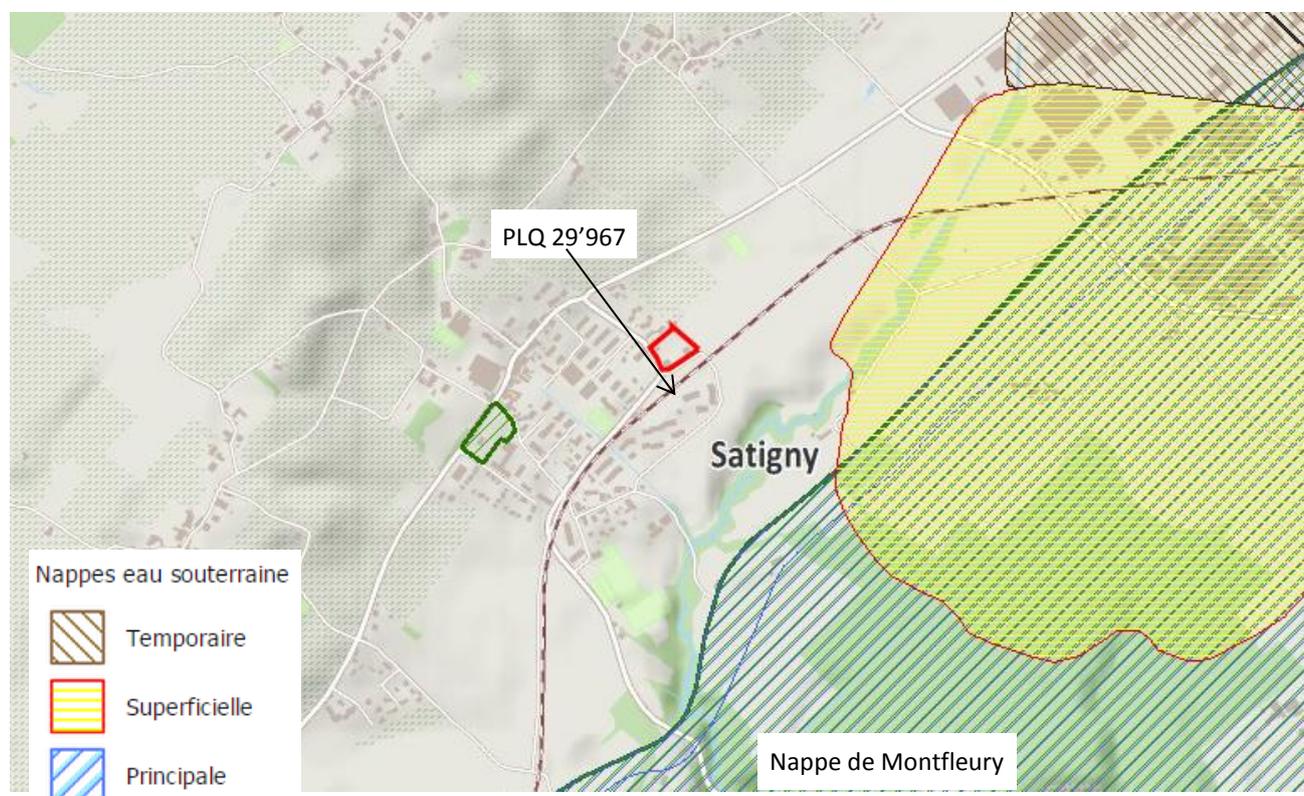
Conséquence pour l'énergie : aucune

4.7.2 Sous-sol et protection des eaux souterraines

Il n'y a pas de nappes d'eaux souterraines à proximité directe du PLQ 29'967. Le secteur du PLQ 29'967 n'est pas situé dans une zone d'interdiction des sondes géothermiques.

Conséquences pour l'énergie :

- Les sondes géothermiques sont autorisées.
- En raison de l'absence d'eau souterraine à l'intérieur du périmètre du PLQ, il n'y a pas de recharge thermique naturelle du terrain par l'écoulement d'eaux souterraines dans le cas d'une exploitation géothermique. Il faut donc veiller à maintenir l'équilibre thermique du sous-sol par une recharge artificielle (p.ex. par du solaire thermique ou du géo-cooling).

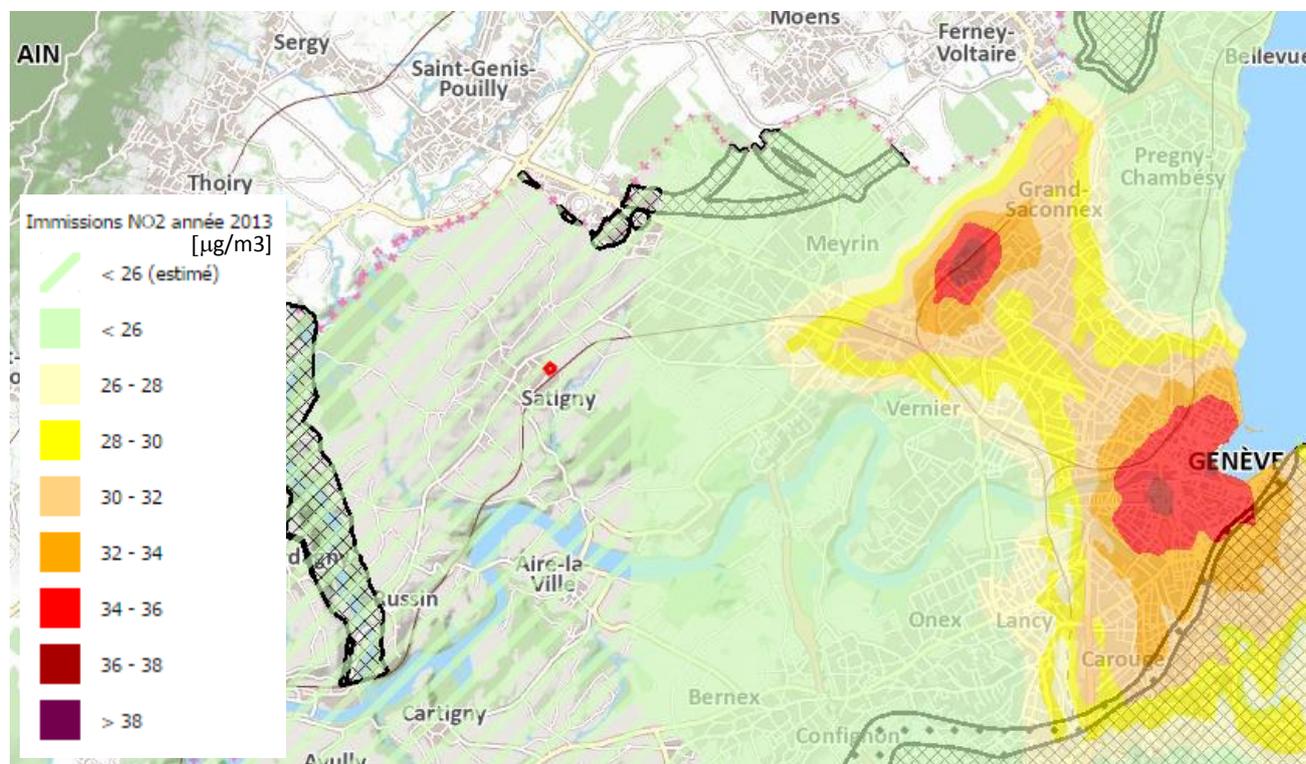


Nappes d'eau souterraines (Source : SITG).

² Plan directeur communal de Satigny, adopté le 16 mars 2011 par le Conseil d'Etat.

4.7.3 Qualité de l'air

La valeur des immissions de NO₂ (2013) est relativement faible par rapport aux zones plus urbaines. Elles sont estimées à une valeur inférieure à 26 µg/m³. La valeur limite d'immission annuelle fixée par l'OPair se trouve à 30 µg/m³.



Immissions de NO₂ (2013).

Conséquences pour l'énergie :

Les installations productrices de chaleur alimentées au bois ou aux dérivés de bois sont autorisées à cet endroit. Les conditions à respecter sont fixées dans l'annexe 1 de la *Directive relative aux projets d'installations techniques* de l'OCEN.

5 Etat des lieux énergétique

5.1 Potentiel des ressources énergétiques renouvelables et locales ainsi que des rejets thermiques

5.1.1 Evaluation du potentiel de la géothermie de faible profondeur (sondes géothermiques)

Le potentiel géothermique dépend de la surface réellement disponible pour les sondes géothermiques, des caractéristiques géologiques du sous-sol et des caractéristiques techniques des sondes.

Les paramètres influençant le potentiel géothermique peuvent être estimés en fonction des caractéristiques géologiques locales. Le toit de la molasse se trouve à environ 375 m d'altitude, soit environ 40 mètres en dessous du niveau du sol. En négligeant la faible couverture quaternaire, les paramètres géologiques influençant le potentiel des sondes géothermiques peuvent être assimilés à ceux de la molasse :

- Conductivité thermique = 2.6 W/(mK)
- Capacité calorifique volumique : 2.1 MJ/(m³K)

La stabilité du terrain permet de réaliser des sondes géothermiques conventionnelles relativement profondes allant jusqu'à 300 voire 400 m. Pour des sondes plus profondes que 200 m, il faut prévoir un plus grand espacement entre les sondes.

Le tableau suivant indique le potentiel géothermique :

Surface totale du périmètre:	8'384	m ²
Surface au sol approximative des nouveaux bâtiments et parkings souterrains:	4'400	m²
Surface restante = surface hors bâtiments et parkings souterrains, après la construction des nouveaux bâtiments:	3'984	m ²
Part de la surface restante indisponible pour les sondes géothermiques: routes, plantations importantes, conduites du sous-sol, etc. (estimation):	60%	
Surface totale disponible pour les sondes géothermiques	5'994	m²
Quantité de chaleur annuelle extraite par mètre linéaire	60	kWh/m/a
Puissance linéaire d'extraction de chaleur	30	W/m
Longueur des sondes	200	m
Espacement des sondes	8	m
Puissance maximale d'extraction de chaleur par les sondes:	600	kW
Potentiel d'extraction de chaleur du sous-sol par les sondes:	1100	MWh/a
dont potentiel en dehors des bâtiments / parkings	292	MWh/a
dont potentiel sous les nouveaux bâtiments et parkings souterrains	808	MWh/a
Potentiel annuel d'injection de chaleur dans le sous-sol pour le rafraîchissement (entre 30 et 60 % de la quantité de chaleur extraite du sous-sol):	entre 300 et 700	MWh/a

L'équilibre entre l'extraction et l'apport de chaleur dans le sous-sol doit être garanti pour maintenir, à long terme, une température moyenne stable du sous-sol. Etant donnée l'absence d'une nappe d'eau souterraine, le terrain doit être rechargé artificiellement, soit par du rafraîchissement via les sondes géothermiques, soit en injectant le surplus de la chaleur issue des capteurs solaires thermiques dans le sous-sol.

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

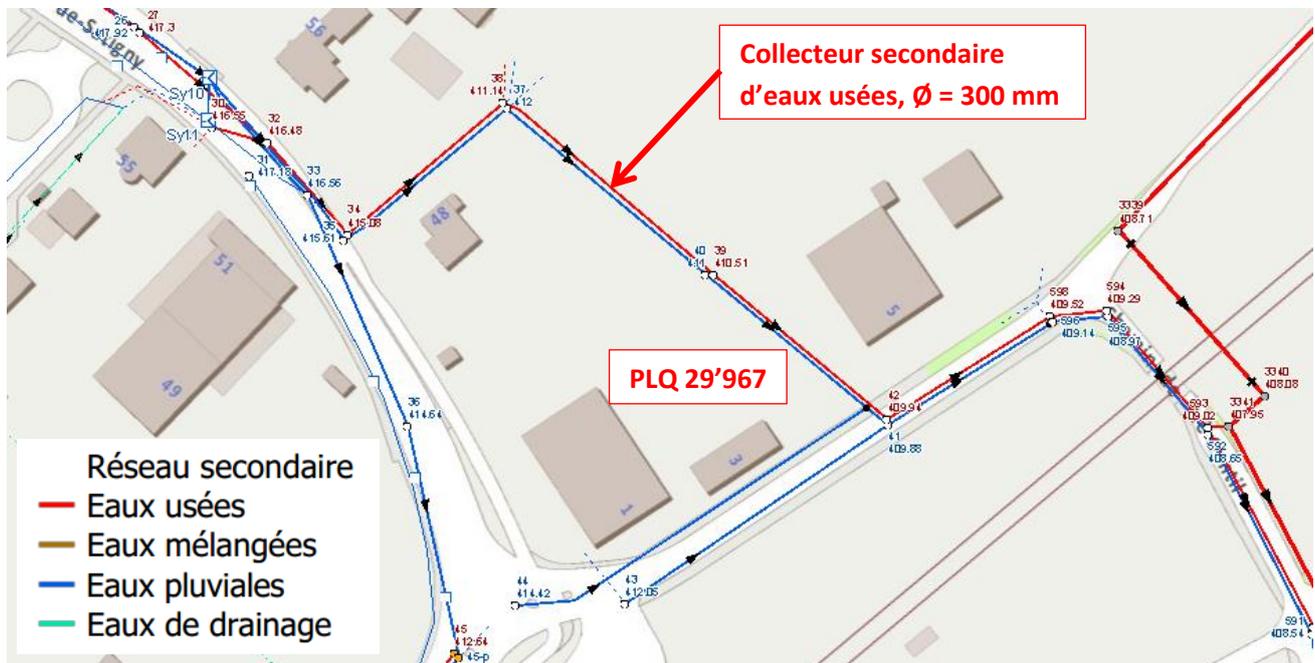
5.1.2 Evaluation du potentiel solaire

Le potentiel de l'énergie solaire thermique et photovoltaïque dépend de la surface des toitures et des façades disponibles pour la mise en place de capteurs thermiques ou de panneaux photovoltaïques. Le courant photovoltaïque peut être valorisé par la consommation propre des bâtiments ou à travers le réseau électrique. Les possibilités de valorisation du solaire thermique dépendent des besoins de chaleur du PLQ, en particulier des besoins d'eau chaude sanitaire, et des capacités de stockage de la chaleur.

	Potentiel min.	Potentiel max.	
Surface approximative des toitures - nouveaux bâtiments:			
Bâtiment A1	210		m ²
Bâtiment A2	310		m ²
Bâtiment B1	220		m ²
Bâtiment B2	220		m ²
Bâtiment B3	340		m ²
Surface totale des toitures disponibles:	1300		m ²
Part des toitures disponible pour panneaux solaires (le reste de la toiture pouvant être occupée par les installations techniques, l'accès à la toiture, etc.)	60%	80%	
Surface de toiture nécessaire pour les capteurs thermiques ou panneaux photovoltaïques	2		m ² de toitures par m ² de capteur/ panneau PV
Surface maximale de capteurs thermiques ou panneaux photovoltaïques	390	520	m ²
Production spécifique des panneaux photovoltaïques	130		kWh _{él} /m ² /a
Production spécifique des capteurs thermiques:	540		
Potentiel valorisable (=fonction des besoins et du stockage)	400	540	kWh _{th} /m ² /a
Potentiel solaire PV (si 100% PV)	51	68	MWh_{th}/a
Potentiel solaire thermique (si 100% thermique)	156	281	MWh_{th}/a

5.1.3 Evaluation du potentiel des eaux usées

Le schéma ci-dessous montre le réseau des collecteurs d'eaux usées. Les collecteurs à proximité du PLQ ont un diamètre ne dépassant pas 300 mm. Leur débit est faible et leur potentiel énergétique n'est pas valorisable par les bâtiments du PLQ.



Réseau des collecteurs d'eaux usées (source : SITG).

5.1.4 Rejets thermiques

Le PLQ 29'967 est situé dans une zone destinée principalement aux logements. Aucun rejet thermique n'a été identifié à proximité du PLQ. Les éventuels rejets thermiques des bâtiments du PLQ, notamment ceux des surfaces de commerces ou d'activités du bâtiment B1, devront être valorisés sur place, en priorité à l'intérieur même du bâtiment. La stratégie de valorisation des rejets thermiques devra être définie, le cas échéant, dans le cadre du concept énergétique du bâtiment.

5.1.5 Synthèse des ressources énergétiques renouvelables et locales

Les ressources **locales** sont difficiles à transporter au-delà du périmètre du PLQ. La plupart de ces ressources énergétiques locales peuvent être considérées comme des sources d'énergies fatales, c'est-à-dire des sources d'énergie qui sont perdues si elles ne sont pas valorisées in situ au moment où elles sont disponibles.

Du point de vue de la politique énergétique, les ressources **locales** sont à valoriser en priorité sur place.

Ressource	Disponibilité	Prestations énergétiques	Contraintes/conflits d'usage
Sondes géothermiques	Ressource disponible	Chaleur basse température (via pompe à chaleur) Rafraîchissement	<ul style="list-style-type: none"> • Equilibre thermique du sous-sol à garantir • Potentiellement en conflit avec d'autres usages du sous-sol
Nappes d'eaux	Aune nappe dans le secteur concerné		
Solaire PV	Ressource disponible ; possibilité d'installation sur les toitures et les façades sud-est et sud-ouest	Electricité (par panneaux photovoltaïques)	<ul style="list-style-type: none"> • A coordonner avec les capteurs solaires thermiques • Potentiellement en conflit avec d'autres usages des toitures et façades
Solaire thermique	Ressource disponible ; possibilité d'installation sur les toitures	Chaleur moyenne température (par capteurs solaires thermiques)	<ul style="list-style-type: none"> • A coordonner avec les panneaux PV • Potentiellement en conflit avec d'autres usages des toitures
Aérothermie	Disponible	Chaleur basse température (via pompe à chaleur)	<ul style="list-style-type: none"> • Le rendement des pompes à chaleur au-delà d'une température extérieur d'environ 5 °C devient insuffisant
Rejets thermiques	Aucun rejet thermique local n'a été identifié à proximité du PLQ		
Eoliennes domestiques	Disponible ; potentiel faible	Electricité	<ul style="list-style-type: none"> • Nuisances sonores

5.1.6 Synthèse des ressources énergétiques renouvelables régionales

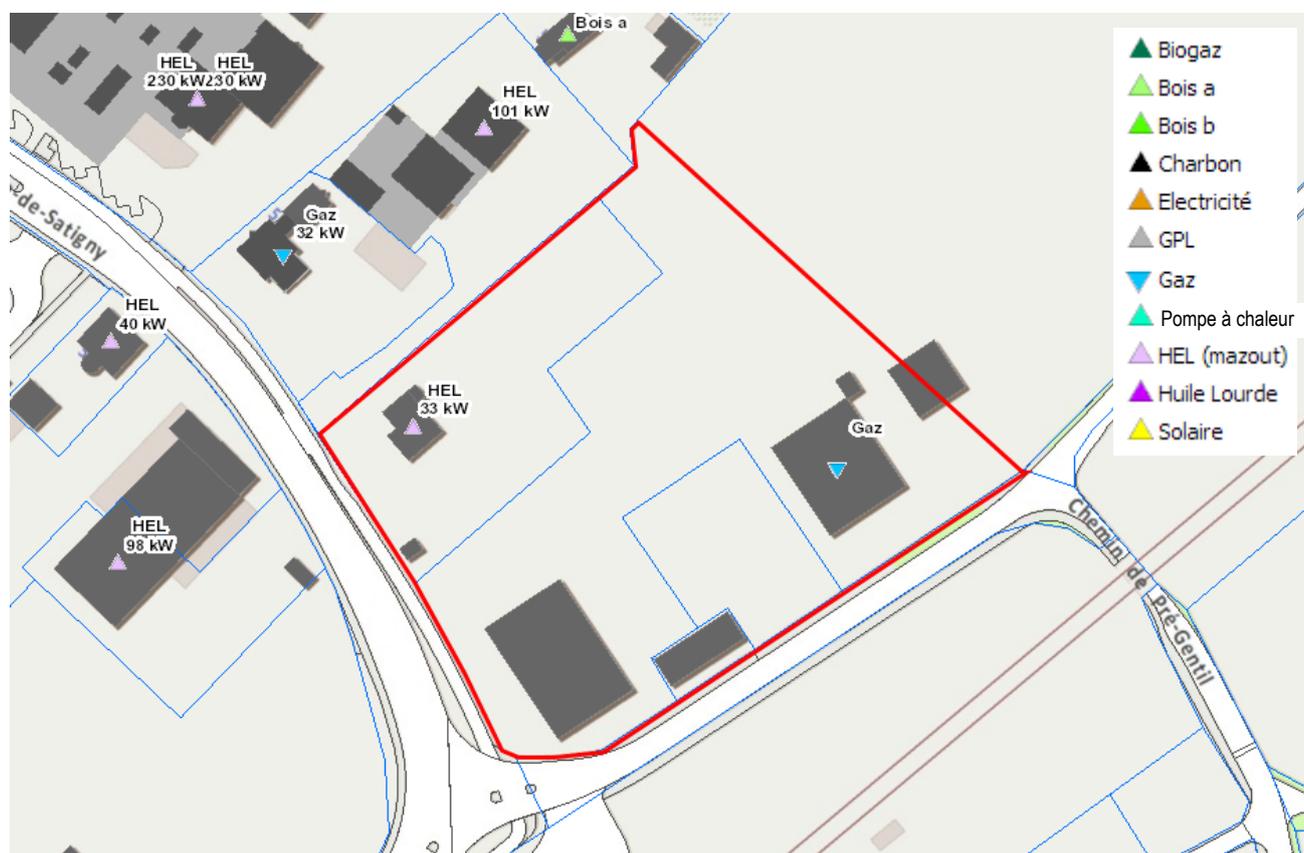
Les ressources **régionales** peuvent être transportées par le réseau routier (bois) ou par des réseaux thermiques (p. ex. un réseau de chauffage à distance). La valorisation de ces ressources doit être coordonnée à une échelle spatiale adaptée, supérieure au périmètre du PLQ.

Ressource	Disponibilité	Prestations énergétiques	Contraintes/conflits d'usage
Géothermie profonde	Potentiel non confirmé à ce jour	(Electricité), chaleur haute température	<ul style="list-style-type: none"> • Chauffage à distance nécessaire pour la valorisation
Biomasse	Ressource limitée à l'échelle de l'agglomération. Déconseillée pour les nouveaux bâtiments chauffés à basse température.	Electricité, chaleur haute température	<ul style="list-style-type: none"> • Qualité de l'air
Eaux usées	Potentiel trop faible pour être valorisé à proximité du PLQ	Chaleur basse température, (haute température)	<ul style="list-style-type: none"> • Débit minimal pour garantir la rentabilité du système • Température minimale à la STEP pour le traitement des eaux usées

5.2 Structure qualitative et quantitative des besoins énergétiques actuels et de leur évolution future

5.2.1 Besoins énergétiques actuels du site

Deux des bâtiments existants du périmètre du PLQ sont équipés d'une chaudière. Elles sont indiquées sur la carte ci-dessous :



Extrait du cadastre des chaudières (Source : SITG).

5.2.2 Besoins énergétiques futurs liés au programme de construction

Les besoins énergétiques futurs, liés au programme de construction du PLQ, sont estimés sur la base des hypothèses indiquées ci-après. Les besoins réels dépendront notamment du standard énergétique choisi, de la qualité d'exécution de l'ouvrage, de la nature des activités ou commerces du bâtiment 1 et de l'architecture (bioclimatiques) des bâtiments. Pour le chauffage, les besoins estimés correspondent au standard Minergie.

Le tableau ci-dessous indique les besoins énergétiques approximatifs des futurs bâtiments prévus par le PLQ :

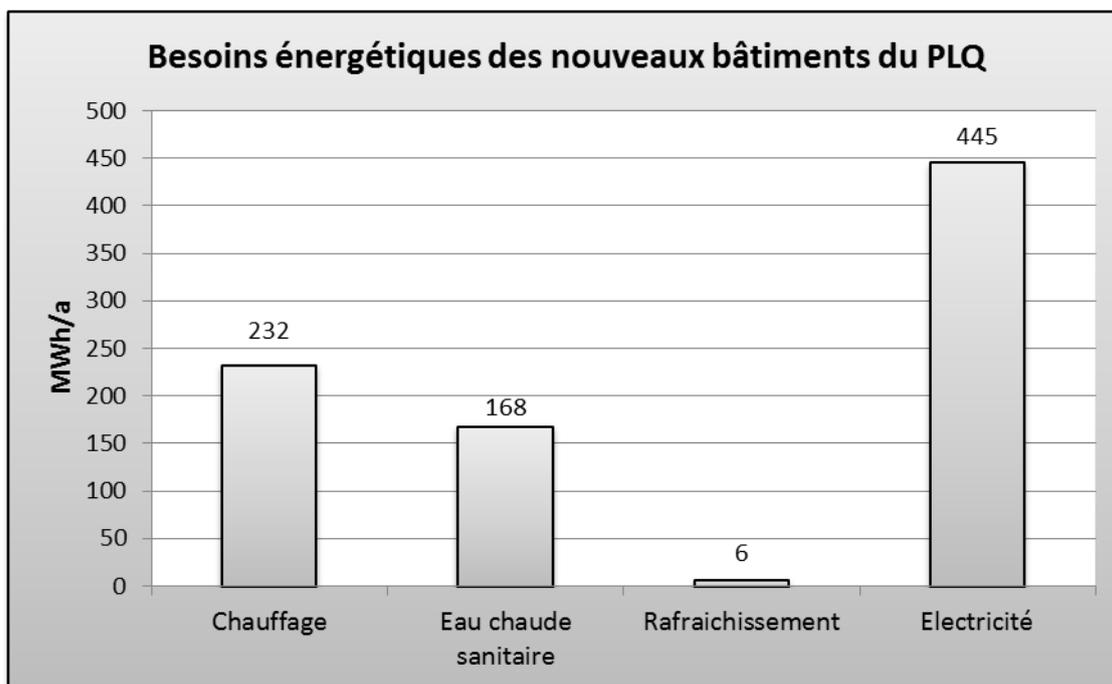
Bâtiments	Utilisation selon SIA	SRE (m ²)	Chauffage		Eau chaude sanitaire (ECS)		Chaleur Total chaleur (MWh/a)	Rafraîchissement		Electricité	
			Besoins spécifiques (MJ/m ²)	Besoins totaux (MWh/a)	Besoins spécifiques (MJ/m ²)	Besoins totaux (MWh/a)		Besoins spécifiques (MJ/m ²)	Besoins totaux (MWh/a)	Besoins spécifiques (MJ/m ²)	Besoins totaux (MWh/a)
Bâtiment A1	Habitat collectif I	1'380	99	38	75	29	67	0	0	195	75
Bâtiment A2	Habitat collectif I	1'930	99	53	75	40	93	0	0	195	105
Bâtiment B1 - Partie logements	Habitat collectif I	1'023	99	28	75	21	49	0	0	195	55
Bâtiment B1 - Partie activités / commerces	Commerces V ou Administration III	405	124	14	25	3	17	54	6	140	16
Bâtiment B2	Habitat collectif I	1'428	99	39	75	30	69	0	0	195	77
Bâtiment B3	Habitat collectif I	2'164	99	59	75	45	105	0	0	195	117
Total		8'330		232		168	400		6		445

Pour l'ensemble du PLQ, les besoins énergétiques pour le chauffage d'élèvent à environ 230 MWh/an, les besoins d'eau chaude sanitaire à environ 170 MWh/an et les besoins d'électricité à environ 450 MWh/an. Les besoins de rafraîchissement seront faibles ou même inexistants.

La puissance maximale requise pour la production de chaleur (chauffage + eau chaude sanitaire) est estimée à environ 170 kW pour l'ensemble des bâtiments.

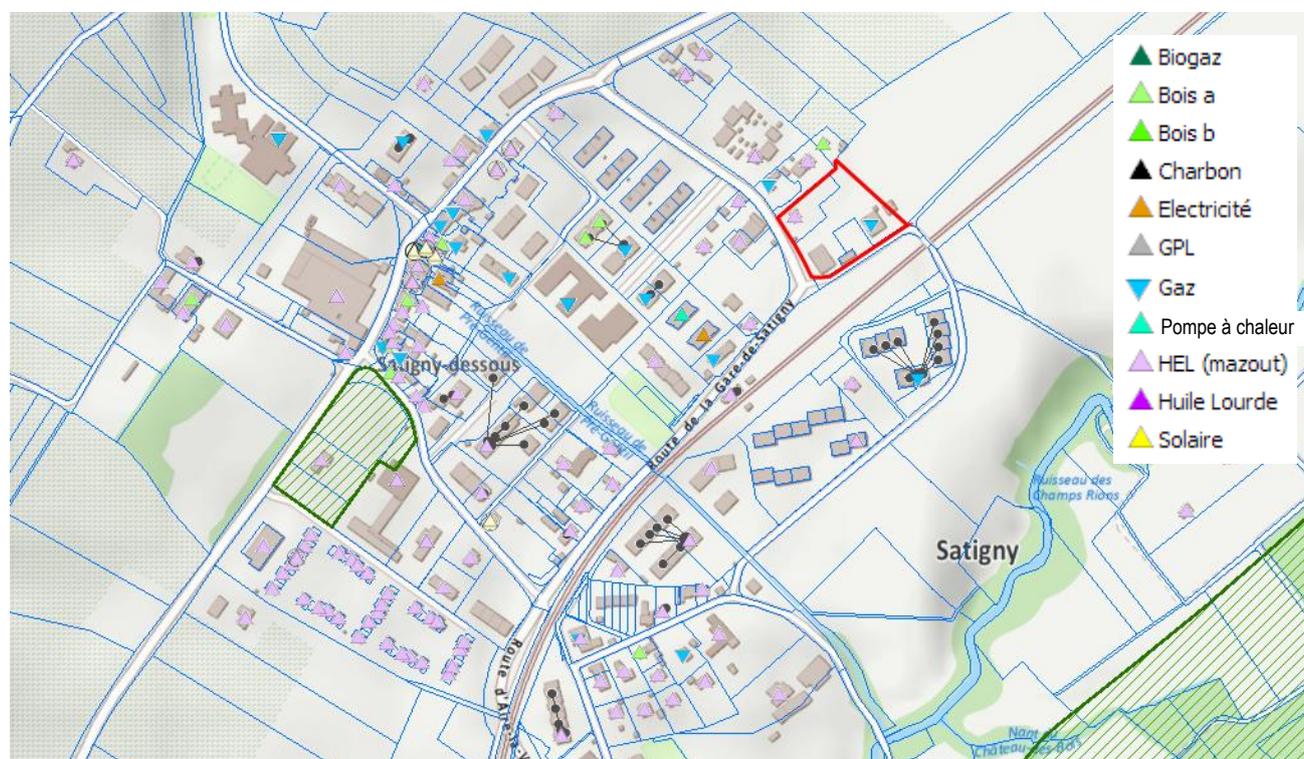
Hypothèses de calcul :

- La surface de référence énergétique (SRE) est assimilée à la surface brute de plancher (SBP).
- Chauffage : besoins maximaux autorisés par la loi : $Q_{h,li}$, est calculée selon la norme SIA 380/1, diminuée de 10% pour tenir compte de l'exigence primaire de Minergie ($Q_h \leq 90\% Q_{h,li}$). Le facteur d'enveloppe est assimilé à 1 à ce stade de planification.
- ECS : selon SIA 380/1
- Rafraîchissement : a priori pas nécessaire pour des bâtiments destinés aux logements. Valeur estimée pour les surfaces commerciales ou d'activité du bâtiment B1 : 54 MJ/m².
- Electricité : selon SIA 380/1



5.2.3 Besoins énergétiques du périmètre élargi

La carte ci-après donne un aperçu de la structure de la consommation énergétique du périmètre élargi. La plupart des bâtiments du périmètre élargi sont chauffés au mazout.



Extrait du cadastre des chaudières du périmètre élargi (source : SITG).

5.3 Les acteurs concernés et leur rôle

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

Acteur	Rôle
Office cantonal de l'énergie (OCEN)	Acteur-clé dans la planification énergétique territoriale ; Validation des concepts énergétiques territoriaux et de bâtiments ; Autorité compétente pour les subventions cantonales.
Maîtres d'ouvrages	Réalisation des bâtiments futurs, responsables pour le choix des standards énergétiques et de la variante d'approvisionnement énergétique.
Bureau d'ingénieur	Acteur indispensable pour les concepts énergétiques de bâtiments.

La constellation des acteurs ne présente aucune difficulté particulière pour la mise en œuvre de la stratégie énergétique préconisée dans le chapitre 6.

5.4 Les infrastructures énergétiques existantes et projetées

5.4.1 Le réseau de gaz

Le réseau de gaz est disponible en bordure du PLQ, sous la route de la Gare-de-Satigny et le chemin de Pré-Gentil.

5.4.2 Le réseau électrique

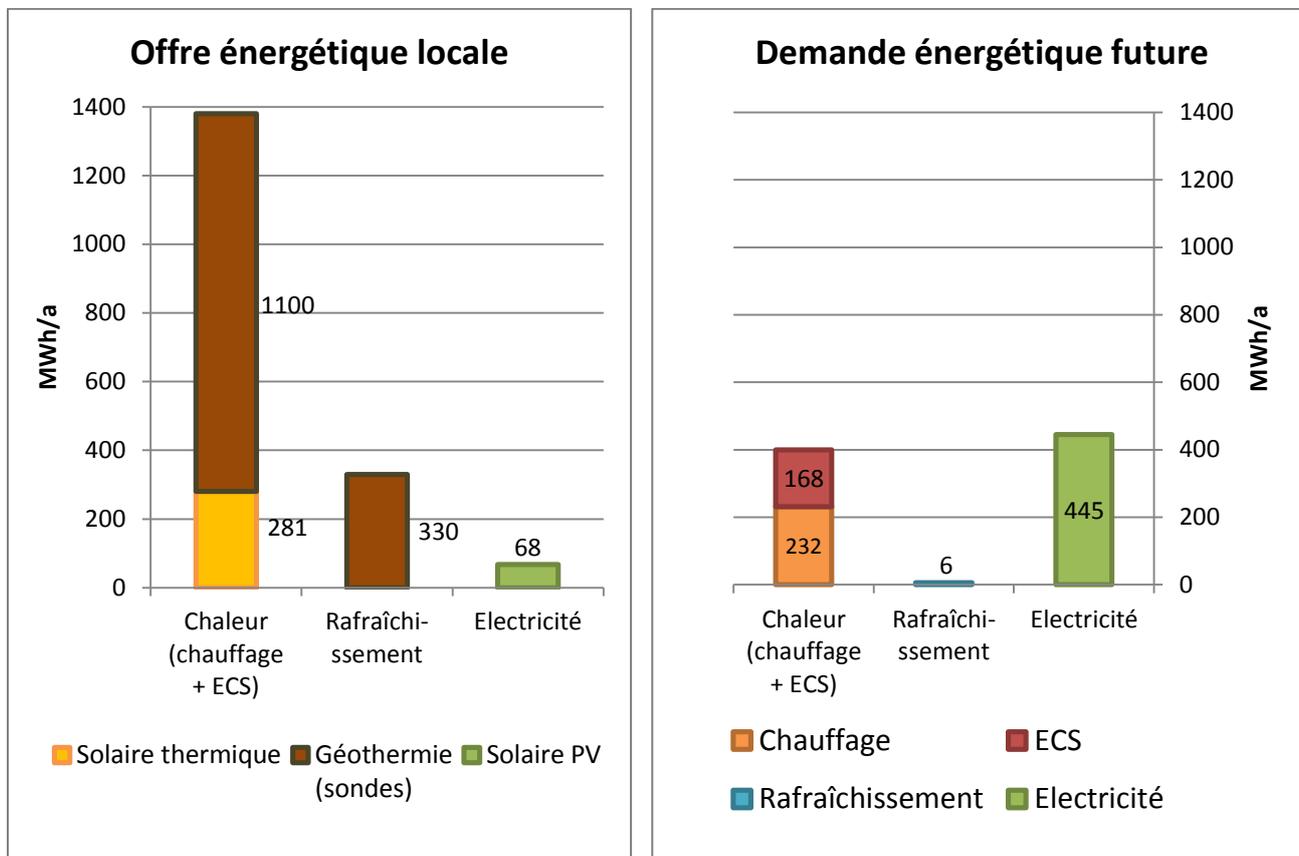
Le secteur du PLQ est desservi par le réseau électrique.

5.4.3 Réseaux thermiques

En raison de la faible densité des besoins énergétiques du périmètre élargi et de la grande disponibilité de ressources locales (notamment l'énergie solaire, la géothermie et l'aérothermie), il est très peu probable qu'un réseau de chauffage à distance soit développé dans ce secteur.

5.5 Synthèse de l'état des lieux énergétique

Les deux graphes ci-dessous permettent de comparer l'offre³ énergétique locale (géothermie et solaire) et la demande énergétique du PLQ (état futur).



Comparaison entre l'offre et la demande énergétique locale du PLQ (état futur). Demande = énergie utile (sauf électricité).

Le graphe ci-dessus n'indique pas le potentiel des ressources renouvelables transportables telles que la biomasse. Leur potentiel doit être évalué au périmètre pertinent de chaque ressource et leur valorisation doit être coordonnée et planifiée à une échelle spatiale plus large que le PLQ. Le graphique n'indique pas non plus le potentiel aérothermique. Sa valorisation dépend des capacités des pompes à chaleur et des contraintes phoniques.

La comparaison entre l'offre et la demande énergétique locale montre qu'il est possible de fournir l'ensemble des prestations thermiques par les énergies renouvelables locales. La comparaison montre également un fort déséquilibre pour l'électricité. Il sera impossible de couvrir l'ensemble des besoins électriques de manière locale.

En raison de la grande disponibilité de ressources énergétiques locales (géothermie, solaire, aérothermie), il est déconseillé d'utiliser le bois dans ce périmètre. En plus, les faibles niveaux de températures ne requièrent pas une chaleur issue d'une combustion.

³ Pour le potentiel géothermique, il s'agit de la chaleur à la sortie des sondes, sans la partie électrique des pompes à chaleur. Cette dernière dépend du coefficient de performance (COP) de la pompe à chaleur, et donc de la prestation à fournir (eau chaude sanitaire ou chauffage basse température).

6 Stratégie énergétique locale

6.1 Principes généraux de la stratégie énergétique locale

Conformément à la stratégie énergétique cantonale, définie par le Conseil d'Etat, il convient de

- **minimiser la demande d'énergie,**
- **valoriser au maximum le potentiel énergétique du territoire**
- **mobiliser les acteurs-clé.**

Dans l'optique d'une valorisation optimale des différentes ressources énergétiques renouvelables et locales, on peut retenir les principes suivants pour le PLQ 29967 :

- La **demande énergétique doit être minimisée** par le choix d'un standard énergétique élevé tel que Minergie-P, Minergie-A ou la très haute performance énergétique (THPE). Le **niveau de température pour la distribution de l'énergie thermique doit être diminué** au maximum.
- En raison de l'absence d'un réseau de chauffage à distance et de la très faible probabilité de mise en place future d'un tel réseau (voir chap. 5.4.3), la stratégie énergétique du PLQ 29'967 doit être basée sur un approvisionnement local.
- Les **ressources renouvelables et locales doivent être exploitées en priorité** en tenant compte de leurs limites et conflits d'usages (géothermie de faible profondeur, solaire, aérothermie).
- Dans le cas où les ressources locales ne sont pas valorisées à court terme, il faut veiller à garantir au mieux l'accès à ces ressources pour une éventuelle valorisation future (éviter les irréversibilités néfastes).
- Les ressources « régionales » (ressources renouvelables, transportables et limitées) ne doivent, a priori, être valorisées qu'en deuxième priorité sur un site présentant des ressources locales (biomasse, eaux usées, etc.).
- Les ressources non renouvelables et l'électricité ne doivent être utilisées qu'en dernière priorité (notamment comme énergie d'appoint ou de transition).

Le phasage du PLQ impose la contrainte organisationnelle suivante :

- Les équipements énergétiques des bâtiments A1 et A2 doivent être indépendants des équipements des bâtiments B1, B2 et B3 en raison du phasage du PLQ. Les installations des bâtiments A1 et A2 ne doivent en aucun cas préteriter le choix énergétique des bâtiments B1 à B3, dont la réalisation est prévue dans une 2^{ème} phase.

En tenant compte des principes énumérés ci-dessus, trois variantes d'approvisionnement sont possibles. Elles sont décrites ci-après.

6.2 Variante 1 – Solaire + géothermie

Résumé de la variante :

- Le potentiel **d'énergie solaire** est valorisé au maximum:
 - **Solaire thermique** : viser une couverture de minimum 60 % des besoins d'eau chaude sanitaire.
 - **Solaire photovoltaïque** : maximiser la production d'énergie photovoltaïque sur les surfaces restantes en toiture et en façade. Les façades sud-est et sud-ouest sont adaptées à l'installation de panneaux photovoltaïques.
- Les besoins de chauffage et le solde des besoins d'ECS sont couverts par **des sondes géothermiques** via des pompes à chaleur (PAC).
- Les éventuels besoins de rafraîchissement sont couverts par les sondes géothermiques (géo-cooling).
- Les besoins d'électricité sont couverts par du courant **photovoltaïque** et le reste par une **gamme renouvelable du réseau électrique**.

Organisation :

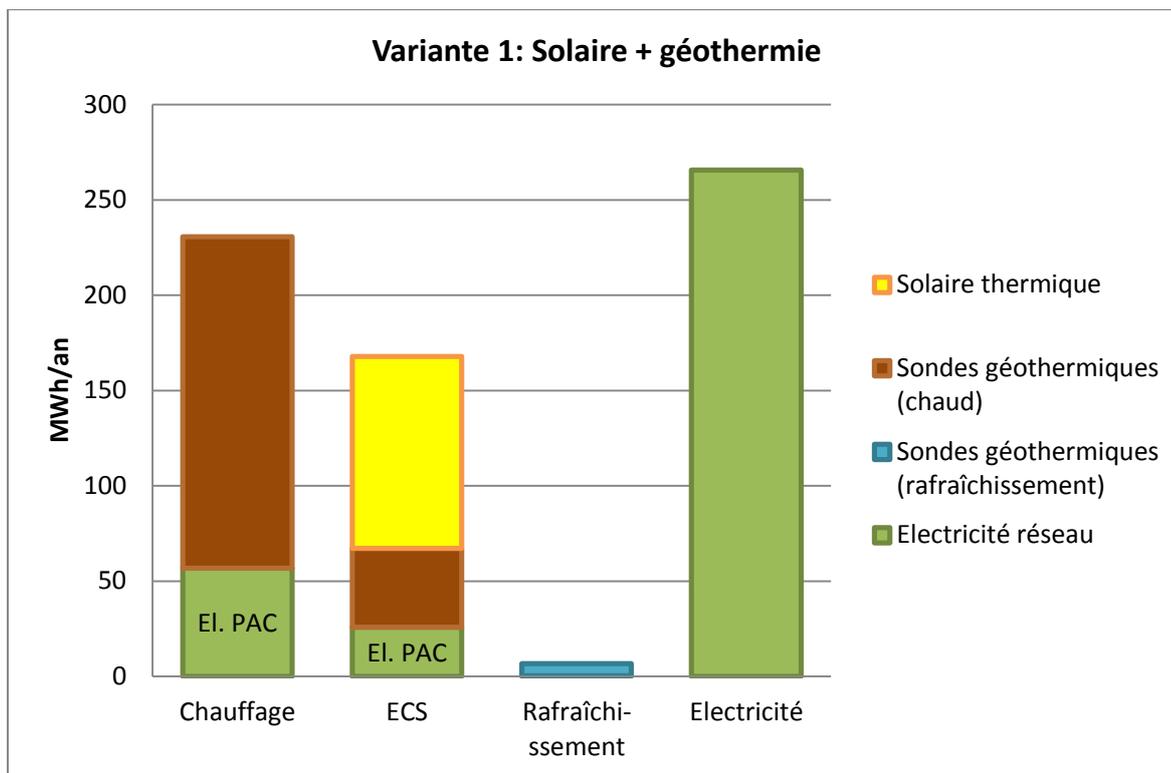
- Les équipements énergétiques des bâtiments A1 et A2 sont indépendants des équipements des bâtiments B1, B2 et B3 en raison du phasage du PLQ.
- Installation d'une pompe à chaleur et d'un champ de sondes géothermiques communs aux bâtiments A1 et A2.
- Installations individuelles par bâtiment pour les capteurs solaires thermiques et les accumulateurs d'eau chaude sanitaire.
- Organisation des installations des bâtiments B1, B2 et B3 en fonction du phasage de la réalisation.

La variante 1 est basée sur l'énergie solaire et la géothermie. Les capteurs solaires thermiques fournissent environ 60% des besoins d'eau chaude sanitaire. Les sondes géothermiques verticales fournissent la chaleur pour le chauffage et le solde des besoins d'eau chaude sanitaire via des pompes à chaleur. Les sondes géothermiques permettent également de rafraîchir les locaux durant l'été en cas de besoin. En fonction du phasage, les sondes géothermiques et les pompes à chaleur peuvent être mutualisées entre plusieurs bâtiments (notamment les bâtiments A1 et A2).

Pour l'ensemble du PLQ, il faut prévoir environ 18 sondes, nécessitant une surface au sol d'environ 1150 m². Etant donnée l'emprise des bâtiments et des parkings au sol, il sera préférable de placer au moins une partie des sondes en-dessous des bâtiments ou des parkings.

Une attention particulière devra être portée à l'équilibre thermique du sous-sol afin d'éviter un refroidissement durable du sous-sol à long terme. L'équilibre thermique du sous-sol dépend du ratio entre la chaleur extraite pour le chauffage et la préparation d'eau chaude sanitaire, et la chaleur injectée dans le sous-sol. La chaleur injectée peut provenir du rafraîchissement des locaux ou du surplus de production de chaleur des capteurs solaires thermiques.

Le dimensionnement précis des champs de sondes devra être fait dans le cadre des concepts énergétiques de bâtiment lorsque les besoins thermiques seront connus de façon plus précise.



Sources d'énergies utilisées pour la variante 1. Le graphique n'inclut que la production de courant photovoltaïque.

<p>Forces :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stratégie basée principalement sur des énergies renouvelables locales. • La stratégie du PLQ est indépendante des stratégies d'autres périmètres ou infrastructures. • Absence de cheminée dans les bâtiments. 	<p>Faiblesse :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Besoins d'électricité pour les PAC
<p>Opportunité :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilisation d'énergies renouvelables (géothermie) pour les éventuels besoins de rafraîchissement. 	<p>Menace :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Equilibre thermique du sous-sol à garantir, notamment en cas d'une généralisation de l'utilisation de sondes géothermiques dans le périmètre élargi.

Principales infrastructures énergétiques nécessaires :

- Sondes géothermiques : d'après les hypothèses du chapitre 5.1.1, il faut prévoir environ 18 sondes, réparties sur une surface totale d'environ 1150 m²:
 - Bâtiments A1 et A2 : environ 7 sondes, surface au sol = environ 450 m²

- Bâtiments B1, B2 et B3 : environ 11 sondes, surface au sol = environ 700 m²
- Pompe à chaleur :
 - Bâtiments A1 et A2 : puissance totale : environ 50 kW
 - Bâtiments B1, B2 et B3 : puissance totale : environ 80 kW
- Environ 250 m² de capteurs thermiques (nécessitant environ 504 m² de surface de toiture) :
 - Bâtiment A1 : 43 m² de capteurs
 - Bâtiment A2 : 60 m² de capteurs
 - Bâtiment B1 : 36 m² de capteurs
 - Bâtiment B2 : 45 m² de capteurs
 - Bâtiment B3 : 68 m² de capteurs
- Panneaux photovoltaïques sur le reste des toitures, et selon les possibilités architecturales également sur les façades sud-est et sud-ouest des bâtiments.

6.3 Variante 2 – Solaire + PAC air/eau + complément gaz

Résumé de la variante :

- Le potentiel **d'énergie solaire** est valorisé au maximum:
 - **Solaire thermique** : viser une couverture de minimum 60 % des besoins d'eau chaude sanitaire.
 - **Solaire photovoltaïque** : maximiser la production d'énergie photovoltaïque sur les surfaces restantes en toiture et en façade. Les façades sud-est et sud-ouest sont adaptées à l'installation de panneaux photovoltaïques.
- Les besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire sont couverts par des **pompes à chaleur (PAC) air-eau** lorsque la température extérieure est supérieure à 5 °C.
- Le solde des besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire est couvert par une **chaudière à gaz**.
- Les éventuels besoins de rafraîchissement sont couverts par des machines frigorifiques classiques.
- Les besoins d'électricité sont couverts par du courant **photovoltaïque** et le reste par une **gamme renouvelable du réseau électrique**.

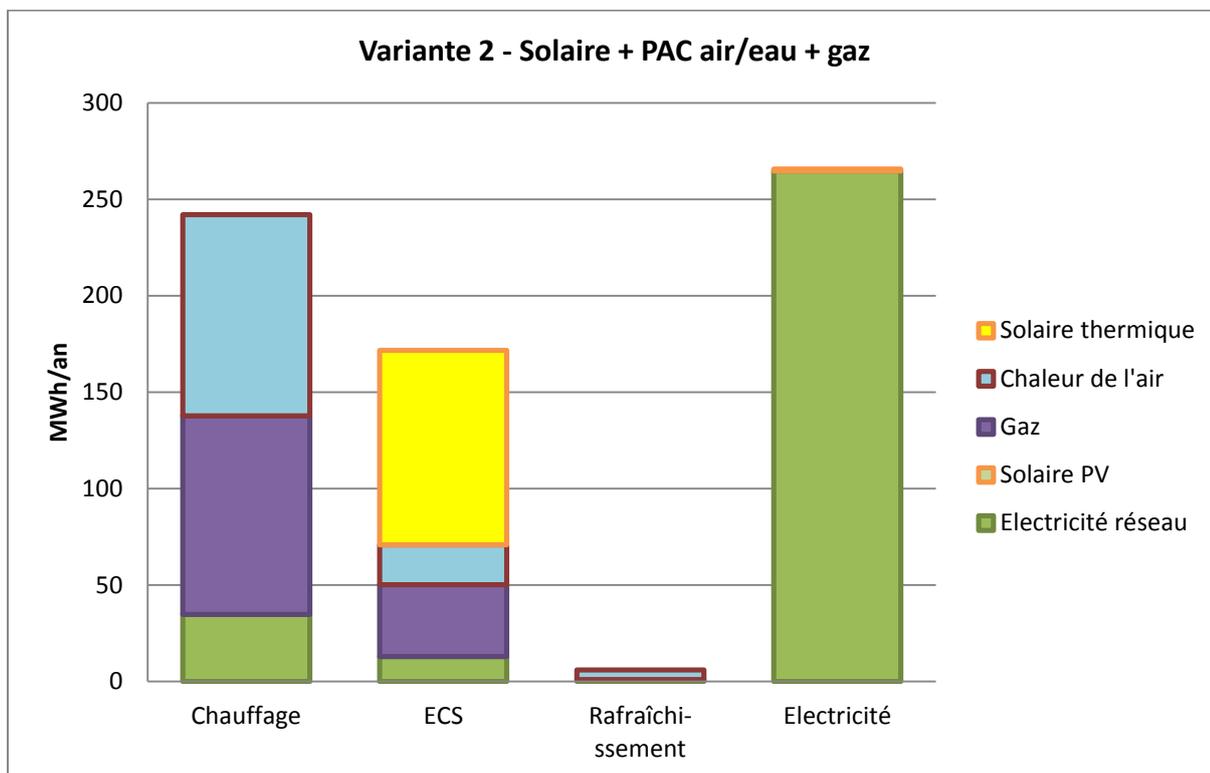
Organisation :

- Les équipements énergétiques des bâtiments A1 et A2 sont indépendants des équipements des bâtiments B1, B2 et B3 en raison du phasage du PLQ.
- Installation d'une pompe à chaleur air/eau et d'une chaudière à gaz communes aux bâtiments A1 et A2.
- Installations individuelles par bâtiment pour les capteurs solaires thermiques et les accumulateurs d'eau chaude sanitaire.
- Organisation des installations des bâtiments B1, B2 et B3 en fonction du phasage de la réalisation.

La variante 2 est basée sur l'énergie solaire, l'aérothermie (chaleur contenu dans l'air) et le gaz en complément. Comme dans la variante 1, les capteurs solaires thermiques fournissent environ 60% des besoins d'eau chaude sanitaire. Les pompes à chaleur (PAC) air/eau fournissent la chaleur pour le chauffage

et l'eau chaude sanitaire lorsque la température de l'air extérieur est supérieure à 5 °C. En dessous, le rendement des pompes à chaleur, exprimé par le coefficient de performance, devient trop faible. La PAC fournit environ 60% des besoins de chauffage. Une chaudière à gaz fournit l'appoint en chaleur pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire pour les périodes les plus froides de l'année.

Pour cette variante, une attention particulière doit être portée au traitement phonique des pompes à chaleur air-eau.



Sources d'énergies pour la variante 2. Le graphique n'inclut que la production de courant des façades.

<p>Forces :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stratégie basée en grande partie sur des énergies renouvelables et locales 	<p>Faiblesses :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Besoins d'électricité pour les PAC • Multiplication du nombre d'installations
<p>Opportunités :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Remplacer, en fonction de l'évolution de l'offre, le gaz naturel par des alternatives telles que le biogaz ou le gaz synthétique. 	<p>Menaces :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La tendance générale d'utiliser le réseau de gaz pour les besoins de pointe augmente la pression sur la disponibilité du gaz pendant les périodes critiques. On doit s'attendre, à terme, à une augmentation du prix annuel de puissance, indépendamment de la consommation.

Principales infrastructures énergétiques nécessaires :

- Environ 250 m² de capteurs thermiques (nécessitant environ 504 m² de surface de toiture) :
 - Bâtiment A1 : 43 m² de capteurs
 - Bâtiment A2 : 60 m² de capteurs
 - Bâtiment B1 : 36 m² de capteurs
 - Bâtiment B2 : 45 m² de capteurs
 - Bâtiment B3 : 68 m² de capteurs
- Panneaux photovoltaïques sur le reste des toitures, et selon les possibilités architecturales également sur les façades sud-est et sud-ouest des bâtiments.
- Pompes à chaleur :
 - Bâtiments A1 et A2 : puissance totale : approximativement 40 kW
 - Bâtiments B1, B2 et B3 : puissance totale : approximativement 60 kW
- Chaudières à gaz, puissance en fonction des regroupements des bâtiments

6.4 Variante 3 – Solaire + gaz + amélioration de l'enveloppe thermique

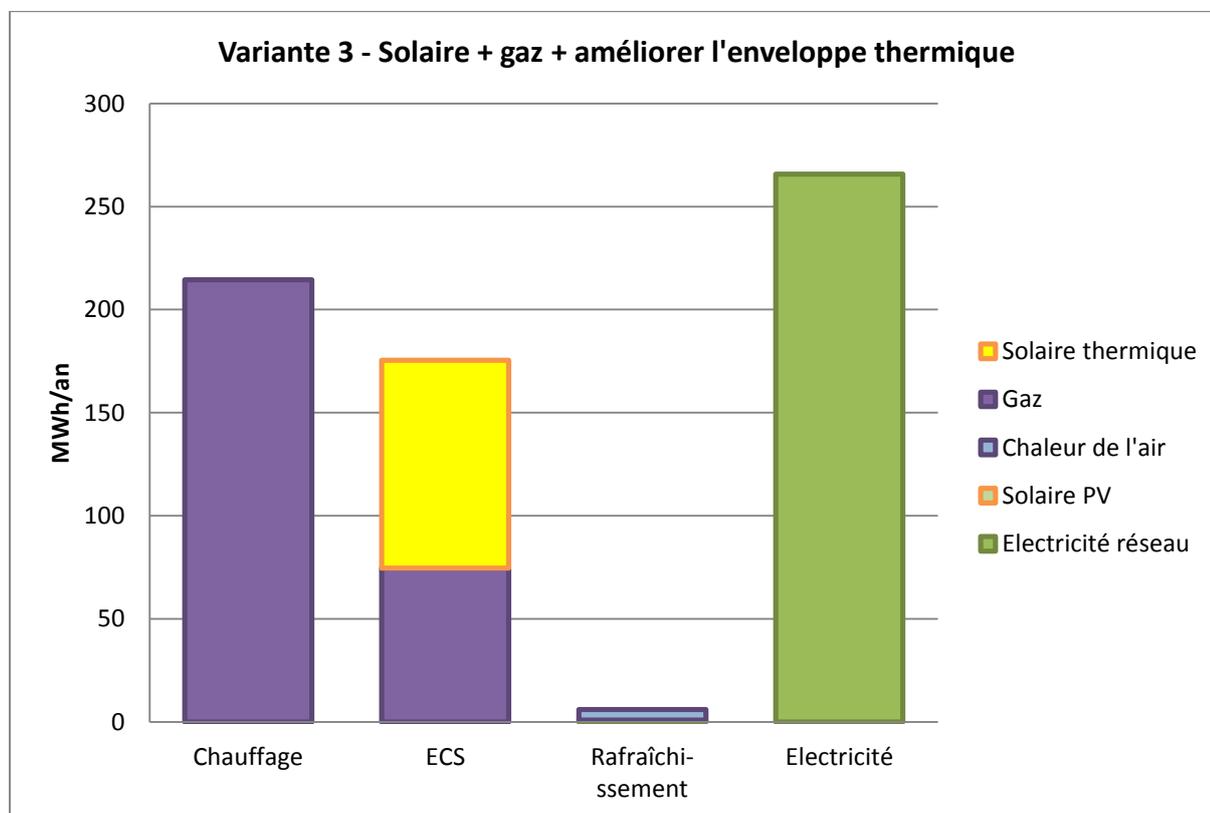
Résumé de la variante :

- Le potentiel **d'énergie solaire** est valorisé au maximum:
 - **Solaire thermique** : viser une couverture de minimum 60 % des besoins d'eau chaude sanitaire.
 - **Solaire photovoltaïque** : maximiser la production d'énergie photovoltaïque sur les surfaces restantes en toiture et en façade. Les façades sud-est et sud-ouest sont adaptées à l'installation de panneaux photovoltaïques.
- Les besoins de chauffage et le solde des besoins d'eau chaude sanitaire sont couverts par une **chaudière à gaz**.
- Les éventuels besoins de rafraîchissement sont couverts par des machines frigorifiques classiques.
- Les besoins d'électricité sont couverts par du courant **photovoltaïque** et le reste par une **gamme renouvelable du réseau électrique**.
- Afin de respecter l'exigence légale qui fixe la part des énergies non renouvelables à maximum 60% de la valeur limite (selon les normes SIA) des besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire, il est inévitable **d'améliorer l'enveloppe thermique du bâtiment**. Les besoins de chauffage doivent être diminués d'environ 16% (correspondant à environ 75% de $Q_{h,li}$) par rapport aux exigences légales (90% de $Q_{h,li}$ en cas de Minergie) par une amélioration de l'enveloppe thermique.

Organisation :

- Les équipements énergétiques des bâtiments A1 et A2 sont indépendants des équipements des bâtiments B1, B2 et B3 en raison du phasage du PLQ.
- Installation d'une chaudière à gaz commune aux bâtiments A1 et A2.
- Installations individuelles par bâtiment pour les capteurs solaires thermiques et les accumulateurs d'eau chaude sanitaire.
- Organisation des installations des bâtiments B1, B2 et B3 en fonction du phasage de la réalisation.

La variante 3 est basée sur l'énergie solaire et le gaz. Comme dans les variantes 1 et 2, les capteurs solaires thermiques fournissent environ 60% des besoins d'eau chaude sanitaire. Une chaudière à gaz fournit la chaleur pour le chauffage et le solde des besoins d'eau chaude sanitaire.



Sources d'énergies pour la variante 3. Le graphique n'inclut que la production de courant des façades.

<p>Forces :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Simplicité des installations, limitation des coûts d'investissement. 	<p>Faiblesses :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stratégie basée principalement sur des énergies fossiles
<p>Opportunités :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Remplacer, en fonction de l'évolution de l'offre, le gaz naturel par des alternatives telles que le biogaz ou le gaz synthétique. 	<p>Menaces :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Incertitudes sur l'évolution des prix du gaz.

Principales infrastructures énergétiques nécessaires :

- Environ 250 m² de capteurs thermiques (nécessitant environ 504 m² de surface de toiture) :
 - Bâtiment A1 : 43 m² de capteurs
 - Bâtiment A2 : 60 m² de capteurs
 - Bâtiment B1 : 36 m² de capteurs

- Bâtiment B2 : 45 m² de capteurs
- Bâtiment B3 : 68 m² de capteurs
- Panneaux photovoltaïques sur le reste des toitures, et selon les possibilités architecturales également sur les façades sud-est et sud-ouest des bâtiments.
- Chaudières à gaz, puissance en fonction des regroupements des bâtiments. Puissance totale environ 170 kW.

6.5 Recommandations concernant les variantes d’approvisionnement

Priorisation des variantes :

1. Variante 1 – Solaire + géothermie
2. Variante 2 – Solaire + PAC air/eau + complément gaz
3. Variante 3 – Solaire + gaz + amélioration de l’enveloppe thermique

Arguments :

- La variante 1 permet de valoriser au mieux les sources d’énergies renouvelables et locales. La géothermie est particulièrement adaptée aux nouvelles constructions avec des besoins de chauffage à basse température. Cette variante se limite à deux sources d’énergie.
- D’un point de vue économique, les installations géothermiques et solaires ont fait leurs preuves. Les coûts fixes (liés à l’investissement initial) constituent la principale composante du coût global, les coûts variables liés aux dépenses énergétiques sont relativement faibles. Cette configuration assure une grande stabilité des coûts à moyen et à long terme.

Recommandations :

A ce stade de la planification, les recommandations suivantes peuvent être formulées :

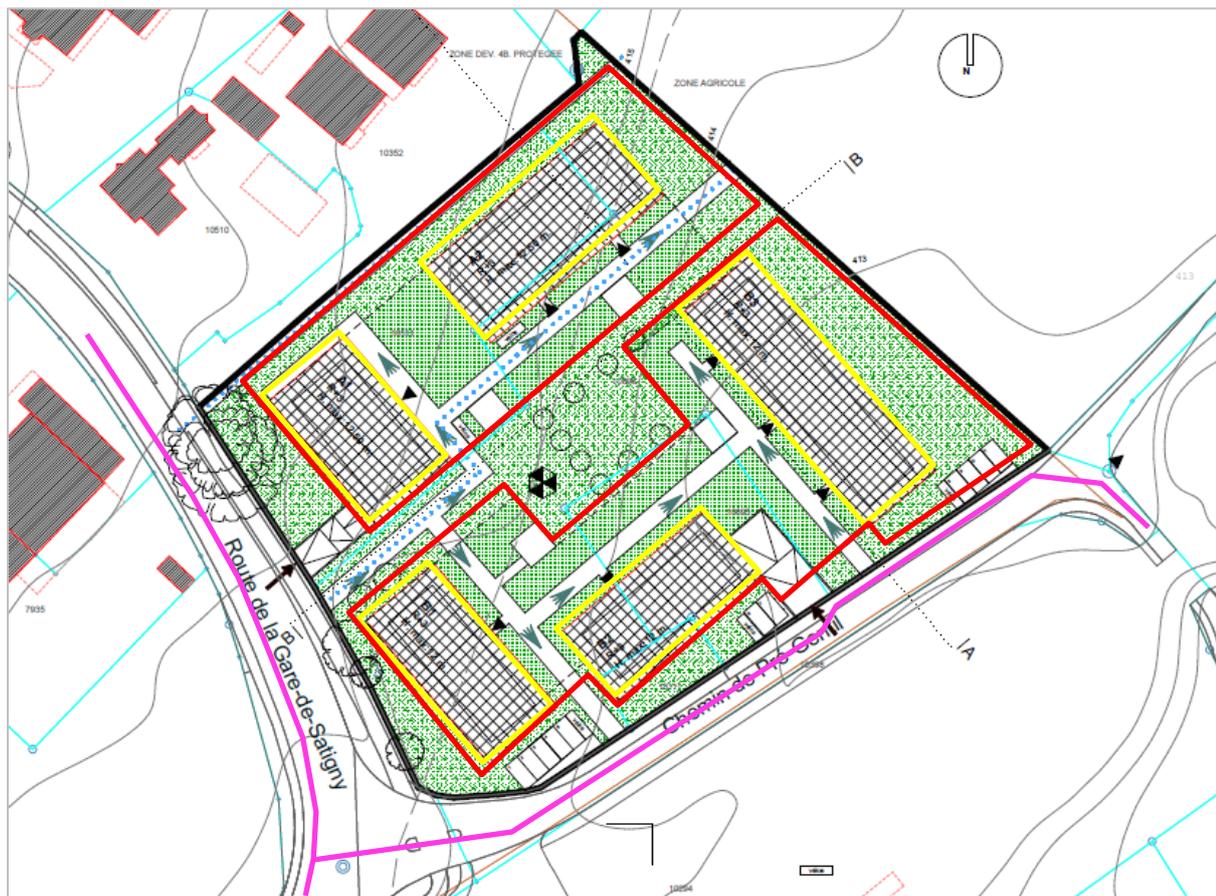
- **Il est recommandé de retenir la variante 1 « solaire + géothermie » pour le PLQ 29'967.**
- Indépendamment de la variante retenue, il est recommandé de **minimiser les besoins** énergétiques pour le chauffage par le choix d’un standard énergétique performant tel que Minergie-P, Minergie-A ou la très haute performance énergétique définie par la loi cantonale sur l’énergie.
- Afin d’améliorer la performance des pompes à chaleur, il est recommandé **d’abaisser au maximum la température de distribution** de la chaleur dans les bâtiments (température de départ maximal = 30 à 35 °C).

Mesures conservatoires :

- Prévoir une surcharge admissible d’au moins 50 kg/m² sur les toitures pour l’installation de tous types de panneaux solaires photovoltaïques ou de capteurs solaires thermiques.
- Dans la mesure du possible, prévoir toutes les sorties de toitures de manière centralisée et regroupée afin de libérer la plus grande surface possible pour une installation rationnelle de capteurs solaires thermiques et/ou de panneaux photovoltaïques.

7 Réservations pour les infrastructures énergétiques

Le schéma ci-dessous indique les réservations pour les infrastructures énergétiques à inscrire sur le PLQ.



Légende :

-  Réservation des toitures pour installations solaires (thermiques et/ou photovoltaïques)
-  Réservation pour champs de sondes géothermiques
-  Réseau de gaz (existant)

Précisions :

- Les réservations pour les champs de sondes géothermiques incluent les surfaces sous les bâtiments et les parkings souterrains ainsi que des surfaces libres de construction pour permettre une implantation des sondes en dehors des bâtiments / parkings.
 - Bâtiments A1 et A2 : environ 7 sondes, surface au sol = environ 450 m²
 - Bâtiments B1, B2 et B3 : environ 11 sondes, surface au sol = environ 700 m²
- Les façades sud-est et sud-ouest sont adaptées à l'installation de panneaux photovoltaïques, selon les possibilités architecturales.
- L'installation des panneaux solaires est à coordonner avec les éventuels autres usages des toitures (végétalisation, terrasses, etc.).



Feuille de validation et suivi des modifications du concept énergétique territorial

Cette feuille faite partie intégrante du CET validé

CET 2015-02 associé au PLQ 29'967, Route de la Gare-de-Satigny, Chemin de Pré-Gentil, Satigny

Commentaires de l'OCEN

- L'OCEN valide la priorisation de la stratégie 1, valorisant le potentiel énergétique renouvelable local et permettant un phasage cohérent avec le développement du quartier.
- Le rôle de ce périmètre (aux frontières du PLQ 29'967), n'est à priori pas décisif pour l'émergence d'une infrastructure énergétique à plus large échelle, notamment à celle du village de Satigny. Toutefois, cette position pourra être revue lors de l'élaboration d'un CET à l'échelle de la Commune de Satigny par exemple.
- Lors d'une future mise-à-jour de ce CET, il conviendra d'évaluer et de comparer les différentes stratégies énergétiques en fonction d'indicateurs pertinents tels que les émissions de CO₂, l'atteinte des objectifs de politique énergétique, la faisabilité technique ou encore les coûts.
- Les positions d'acteurs et la stratégie finale de valorisation et d'approvisionnement énergétique devront être précisées lors d'une prochaine mise-à-jour du CET 2015-02, préalablement à l'élaboration des concepts énergétiques de bâtiments et des autorisations de construire de premiers bâtiments prévus dans le programme du PLQ.

Bon pour validation:

Date: 23.02.2015

Visa: 

Martin Clerc de Senarclens
Adjoint scientifique