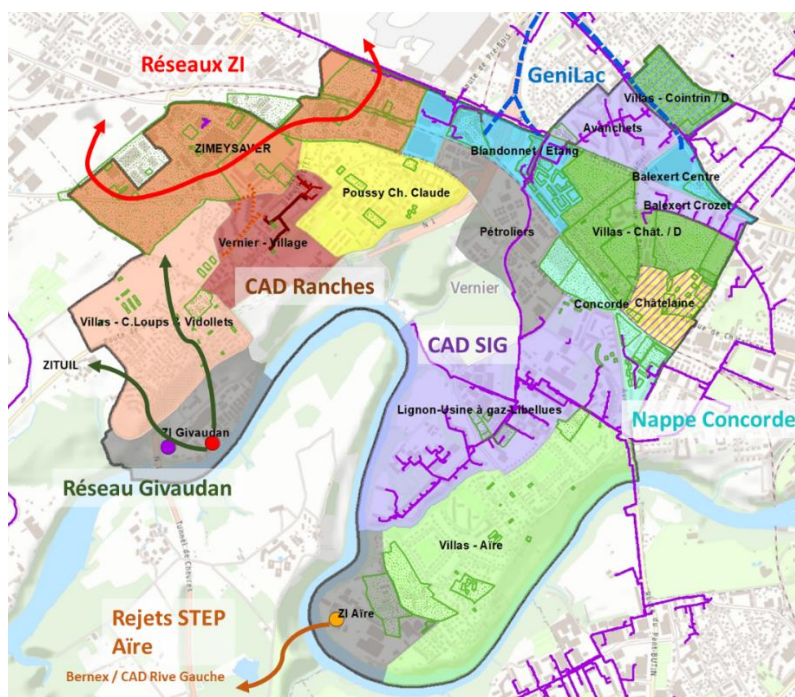




Ville de Vernier Plan Directeur des Energies

VERNIER 
Une Ville pas Commune

Rapport complet



Version 1.3 / 19 mars 2019
No. Projet 401381

Impressum

Donneur d'ordre Ville de Vernier
Mme Nathalie Rossier-Iten
CH-1214 Vernier
Tél. +41 22 306 07 50
Fax +41 22 306 07 51
E-mail : n.rossier@vernier.ch

Mandataire AMSTEIN + WALTHERT SA
Rue du Grand-Pré 56
CH-1202 Genève
Tél. +41 22 749 83 80

www.amstein-walthert.ch

Rédaction M. Gilles Desthieux

Distribution Mme Nathalie Rossier-Iten Ville de Vernier

Versions Version : 1.3

Intitulé R190225DEST_Rapport_PDEnMaj_Vernier

Sommaire

1	Contexte de l'étude et objectifs	6
2	Périmètre d'étude	6
3	Bilan des réalisations entre 2013 et 2018	6
4	Etat des lieux territorial	8
4.1	Typologie bâtie	8
4.2	Développement de la Ville – horizon 2030	11
4.3	Acteurs, enjeux et coordinations	12
4.4	Infrastructures énergétiques et concepts énergétiques territoriaux	12
4.5	Contraintes environnementales et patrimoniales	19
4.6	Synthèse des enjeux territoriaux	21
5	Bilan énergétique : consommations et besoins actuels	22
5.1	Synthèse du bilan énergétique	22
5.2	Evolution des consommations entre 2012 et 2017	25
5.3	IDC.....	26
5.4	Age des chaudières.....	27
5.5	Bilan détaillé par agent énergétique	28
5.6	Bilan détaillé par époque de construction	30
5.7	Évaluation des besoins énergétiques du bâti futur.....	31
5.8	Synthèse et conclusion.....	36
6	Analyse du potentiel des ressources énergétiques locales	37
6.1	Géothermie basse profondeur.....	37
6.2	Géothermie moyenne et grande profondeur	40
6.3	Energie solaire.....	40
6.4	Hydrothermie (eaux de surface).....	44
6.5	Rejets.....	45
6.6	Biomasse	46
7	Synthèse de l'état des lieux et vision directrice	46
7.1	Potentiel global	46
7.2	Appréciation qualitative	50
7.3	Carte de synthèse des filières	52
7.4	Vision directrice	52
8	Scénarios d'utilisation rationnelle de l'énergie et d'approvisionnements	57
8.1	Description des scénarios et hypothèses	57
8.2	Analyse quantitative des scénarios et comparaison	59
8.3	Conclusions	66
9	Synthèse et recommandations	67
10	Feuille de route	70
Annexe 1. Détail des réalisations sur le patrimoine communal		60
Annexe 2. Evolution des besoins énergétiques		73
Annexe 3. Potentiel détaillé des ressources énergétiques renouvelables locales par sous-secteurs statistique		76

Validation et suivi des mises à jour

Version	Date	Identifiant et Visa			Descriptif succinct des mises à jour
		Auteur	Relecteur	Direction	
1.3	19.03.19	DEST	LEGA		Version de base

1 Contexte de l'étude et objectifs

En tant que première commune genevoise à avoir obtenu le label « Cité de l'Energie - Gold » en 2009 (audits renouvelés et réussis en 2013 et 2017), la Ville s'est donnée les moyens d'agir efficacement sur la consommation énergétique des bâtiments et équipements communaux. Dans ce cadre, elle a souhaité étendre les mesures d'utilisation rationnelle de l'énergie sur toute la Ville, en partenariat avec les acteurs concernés, en élaborant entre 2012 et 2013 le Plan Directeur Communal des Energies PDCEn. Le contexte territorial et énergétique ayant passablement évolué depuis 5 ans, il s'agit à présent de mettre à jour le PDCEn, en phase avec le PDCOM dont la nouvelle version est en cours de finalisation.

Un PDCEn vise à définir les leviers d'actions et stratégies pour réduire les consommations d'énergie sur le territoire et les émissions de gaz à effet de serre induites ; augmenter la part des énergies renouvelables locales dans l'approvisionnement ; identifier les opportunités de développer des infrastructures énergétiques valorisant ces énergies renouvelables ; et faciliter la coordination entre les différents acteurs ayant un rôle direct ou indirect sur les questions énergétiques.

Le PDCEn constitue le volet spatial de la politique énergétique communale et se matérialise par un diagnostic, des cartes de synthèse (zonage énergétique, tracés indicatifs des infrastructures énergétiques à développer) et des recommandations à insérer dans le PDCOM. Le PDCEn renforcera la politique énergétique communale en étendant sa portée, en plus du patrimoine communal, au niveau de l'ensemble du territoire et auprès des acteurs privés.

La présente mise à jour s'inscrit en 4 parties :

- Bilan des actions réalisées en matière de planification énergétique territoriale depuis 2013 ;
- Mise à jour de l'état des lieux et du bilan énergétique territorial (contexte, consommations et potentiels en ressources énergétiques) ;
- Définition et analyse de scénarios énergétiques à l'horizon 2035 en phase avec les objectifs de la Stratégie fédérale 2050 et la Société à 2000 watts ;
- Proposition d'une feuille de route pour mettre en œuvre le PDCEn mis à jour.

2 Périmètre d'étude

Le périmètre d'étude correspond essentiellement aux limites communales, tout en tenant compte des projets de développement urbain et énergétique dans les communes voisines. Ce périmètre se caractérise par une grande diversité notamment au niveau de sa morphologie urbaine :

- structure urbaine : quatre grands pôles bâtis excentrés autour d'un centre vert (Bois-des-Frères) ;
- affectation du sol : zones urbanisées de densités variées, industrielles, forestières, agricoles ;
- typologie du bâti : bâti affecté pour moitié aux logements en grande partie collectifs et vieillissants (construits avant 1980), part significative de l'autre moitié affectée aux centres commerciaux, bureaux et activités du secteur secondaire (industries, artisanat, dépôts).

Après avoir largement subi le développement, Vernier souhaite être reconnue comme une ville moyenne de l'agglomération, valoriser ses atouts et utiliser les marges de manœuvre dont elle dispose, en accord avec le Canton et les communes voisines, pour résoudre progressivement les problèmes hérités de sa récente croissance et mieux répondre aux besoins de sa population.

3 Bilan des réalisations entre 2013 et 2018

Le PDCEn délivré dans sa version finale en 2014 suggérait de développer un certain nombre de filières d'approvisionnement telles qu'indiquées dans la carte de synthèse (Figure 1 ci-dessous).

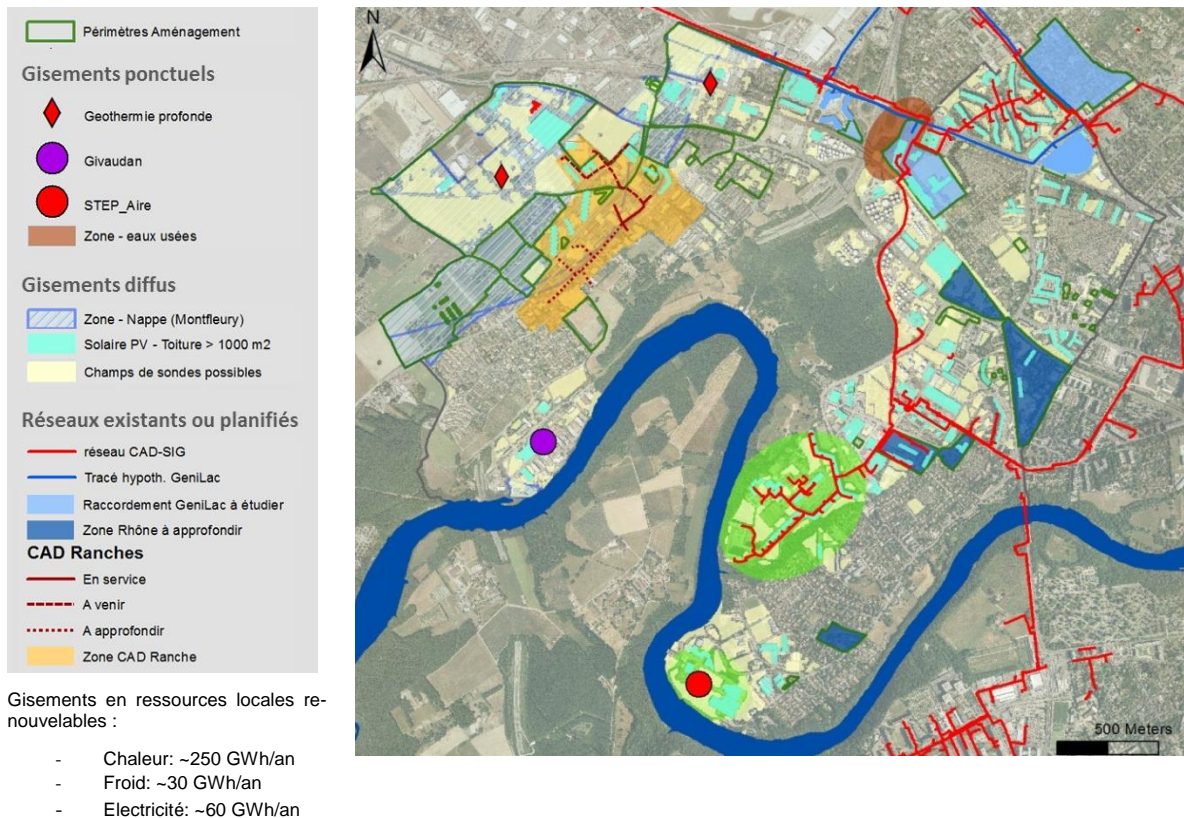


Figure 1 : vue globale et détaillée des ressources et des filières d’approvisionnement possibles

Le tableau ci-dessous fait état des développements réalisés depuis 2013 sur les différentes filières.

Filière proposée – PDCEn 2013	Actions réalisées
Valorisation des rejets Givaudan sur la zone villa (Vidollets et Crotte au Loups, ...) et la ZIMEYSA	Etude de faisabilité en cours, valorisation prévue dans les zones villas (Vidollets et Crotte-au-loup)
Extension du CAD communal Ranches	Perspective de vendre le réseau aux SIG (contracting) et extension prévue avec différents scénarios
Echangeur sur le réseau primaire des eaux usées – projet Etang	Quartier approvisionné par GeniLac® et valorisation des eaux usées en sortie des immeubles (et non pas sur réseau primaire), complément par CAD SIG
Valorisation des eaux du Rhône pour le Grand Projet Concorde	Valorisation de la nappe phréatique sur une partie de Concorde, CAD SIG en complément
Valorisation des rejets de la STEP Aire sur le quartier du Lignon	Perspective non retenue sur Lignon, valorisation des rejets dans le retour du CAD SIG et développement possible d’un réseau pour approvisionner le Grand Projet Bernex Est

Filière proposée – PDCEn 2013	Actions réalisées
Valorisation de la nappe du Montfleury sur la ZIMEYSA	Etude en cours pour alimenter la ZIMEYSA, côté Meyrin, en froid, partie Vernier à approfondir
Développement de GeniLac® sur le nord de la Commune : Balexert, Blandonnet, Etang	Prévu dans le cadre de la boucle aéroportuaire (GLA) horizon 2021-2022
Forage géothermie moyenne profondeur et réseau sur ZIMEYSA	La possibilité d’approvisionner une partie des besoins de chaleur par cette filière est encore ouverte aujourd’hui, en complément de la nappe du Montfleury (cf. Section 4.4.8)
Valorisation des toitures à haut potentiel pour le solaire PV	Pas de suivi hors patrimoine communal

Tableau 1 : synthèse des actions réalisées en matière de développement des filières d’approvisionnement sur la Ville

Cette synthèse montre ainsi que beaucoup d’actions ont été amorcées voire réalisées, pour la plupart en cohérence avec les recommandations faites lors du précédent PDCEn.

Par ailleurs, la Ville a réalisé un certain nombre d’actions au niveau énergétique, notamment sur son patrimoine. Il s’agit dans la plupart des cas de rénovation de l’enveloppe et de la substitution de chaudières fossiles à des PAC ou chaudières à pellets. La liste des réalisations est donnée en détail en Annexe 1.

4 Etat des lieux territorial

Nous établissons ici un diagnostic de la situation actuelle, qui correspond à l’état du patrimoine bâti en 2017.

4.1 Typologie bâtie

4.1.1 Affectation

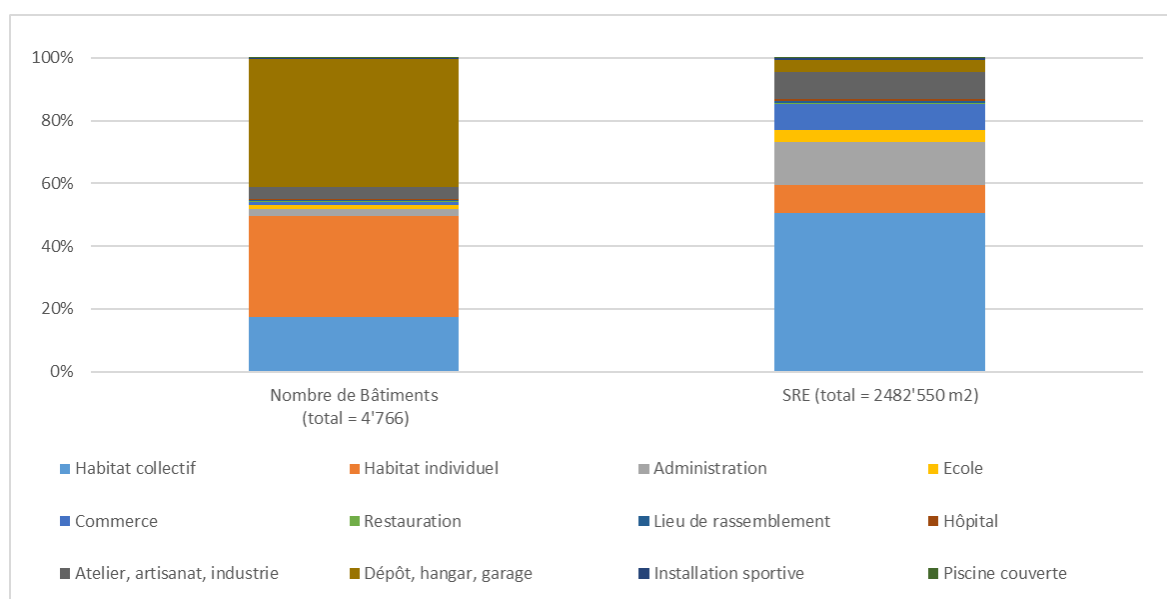


Figure 2 : répartition des bâtiments et des SRE par affectation

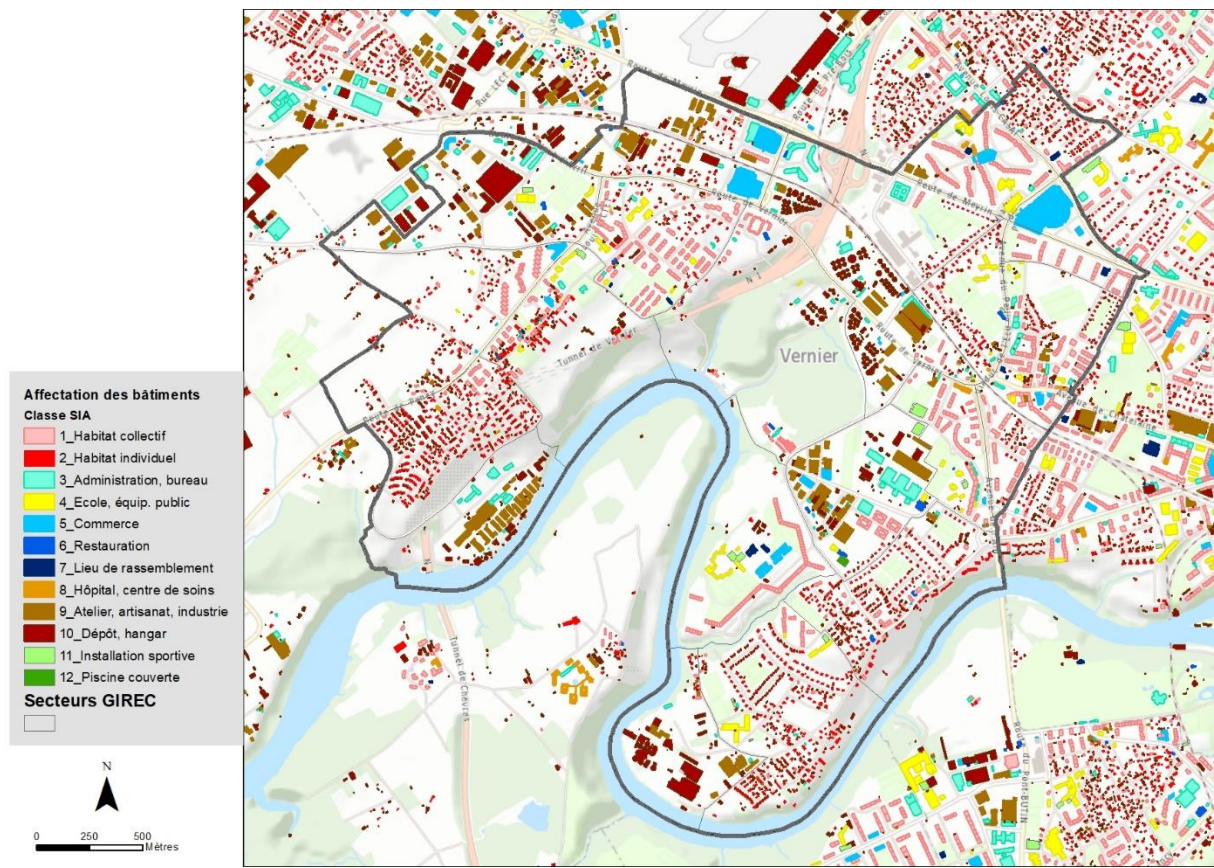


Figure 3 : répartition des affectations par bâtiment

Observations :

- En nombre de bâtiments, ce sont les bâtiments du type hangar, dépôt et garage (notamment les garages privés dans les zones villas) qui sont prépondérants.
- En surface de référence énergétique (SRE), la typologie des bâtiments à Vernier est représentée à 50% par les logements collectifs, puis par les surfaces administratives, les commerces, les activités industrielles et artisanales, les maisons individuelles ; dans une moindre mesure les écoles et dépôts/hangars/garages.
- En résumé, le tissu bâti de Vernier se caractérise par une part dominante (60%) de logements (collectifs et individuels), tout en offrant une diversité importante d'usages et affectations, se traduisant également par une diversité des besoins énergétiques.

4.1.2 Epoque de construction

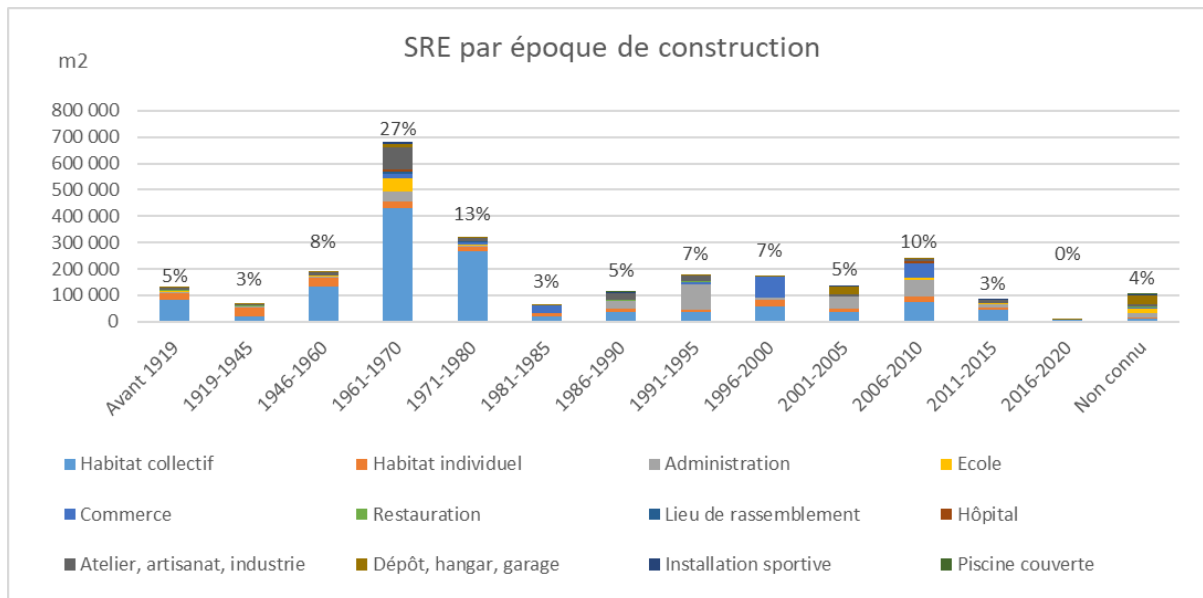


Figure 4 : répartition des SRE par époque de construction et type d'affectation

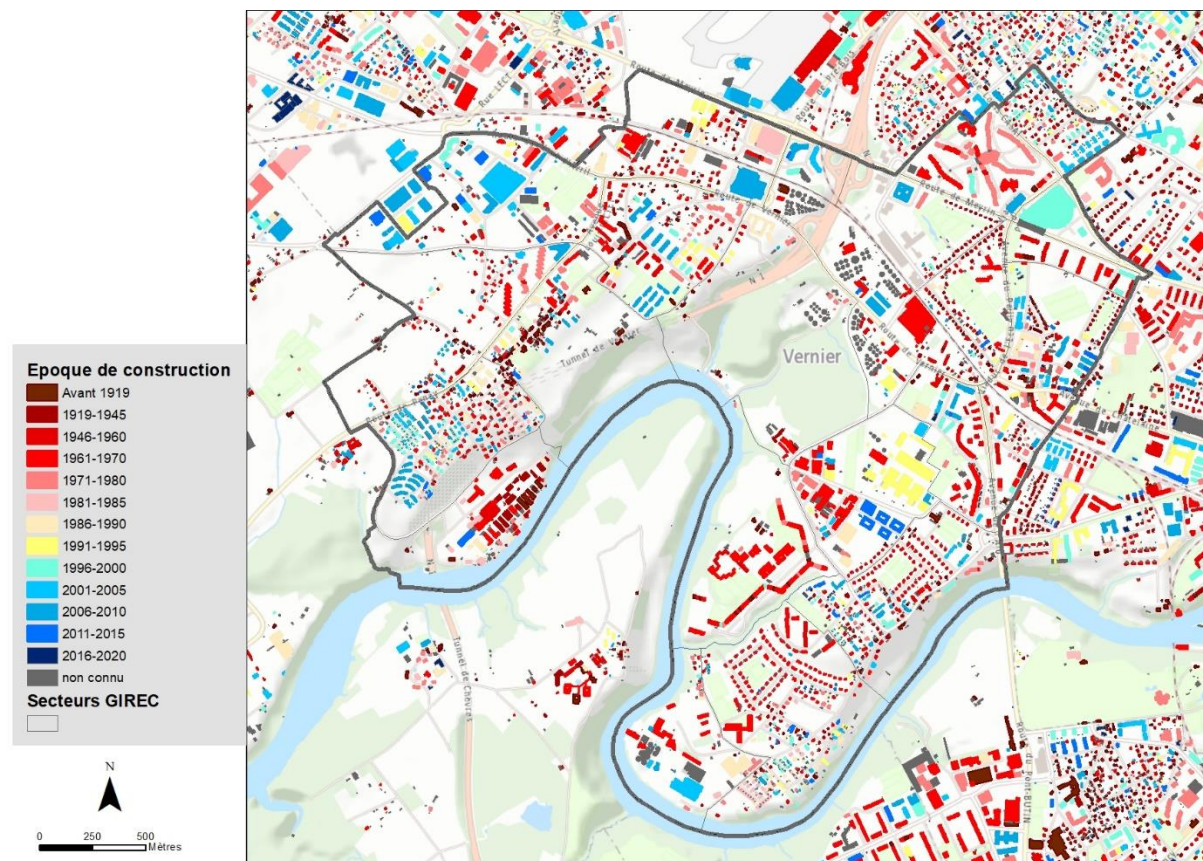


Figure 5 : époques de construction par bâtiment

Observations :

- Parmi les bâtiments dont l'époque de construction est connue, la période 1946 – 1980 est la plus représentative (48% de la SRE) en particulier au sein des logements collectifs.
- Nous notons également des développements récents (18%) dans les années 2000, en particulier concernant les activités (tertiaires et commerces), dans la ZI notamment ; à noter aussi une part importante de maisons individuelles récentes dans le secteur de Vidollets.
- La part non renseignée est peu importante (4%), elle concerne surtout les activités (bureaux, commerces et industries).
- L'amélioration de l'efficacité énergétique du tissu bâti majoritairement ancien constitue donc un enjeu important.

4.2 Développement de la Ville – horizon 2030

Bien qu'aujourd'hui le développement territorial de la Ville soit en grande partie achevé, il reste toutefois relativement dynamique à travers un nombre important de projets d'aménagement en cours ou planifiés. La carte à la Figure 6 indique les projets actuels en cours dans la Ville, selon la couche Synthurba du SITG (état novembre 2018). La prise en compte du développement futur de la Ville est indispensable pour pouvoir réfléchir à la stratégie énergétique à mettre en place à l'avenir. L'évolution de la population, de l'activité économique et des projets de construction doit donc être analysée dès maintenant, afin d'intégrer les futures consommations d'énergie dans l'élaboration de la stratégie énergétique communale.

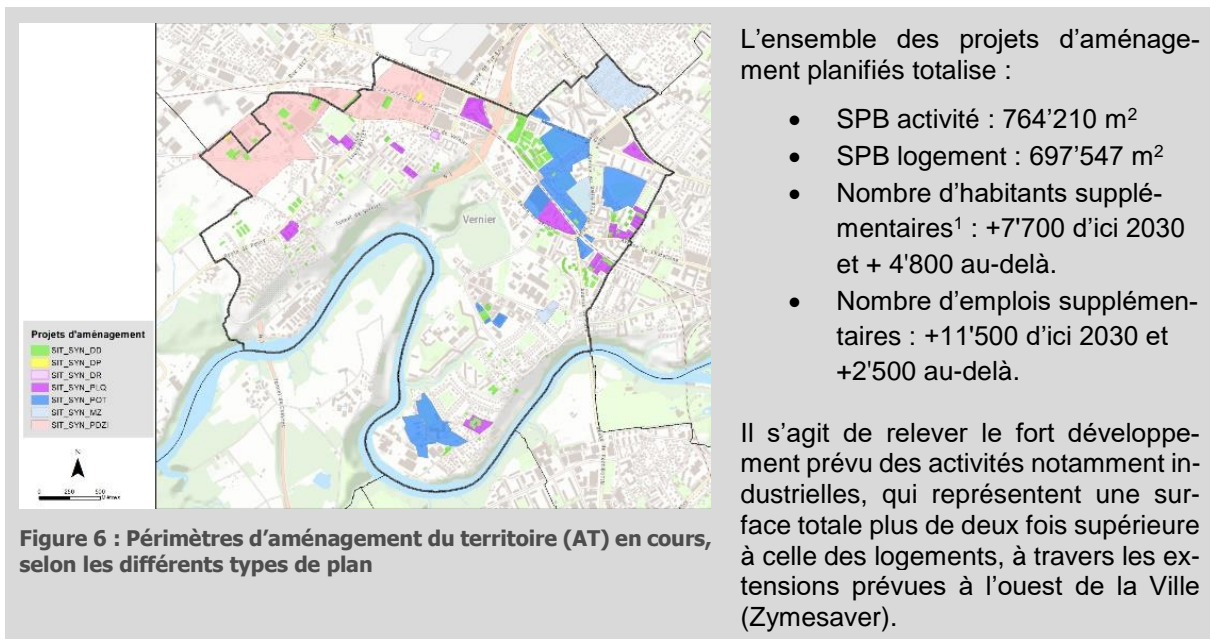


Figure 6 : Périmètres d'aménagement du territoire (AT) en cours, selon les différents types de plan

Par ailleurs, un certain nombre de projets de développement en matière de **mobilité** sont prévus pour améliorer la qualité des différents modes de transport, notamment au niveau des transports publics (halte RER – Concorde, nouvelle ligne de tramway Cornavin – Châtelaine – Vernier Village), chemins vélos et piétons, et nouvelle bretelle autoroutière pour un accès direct aux zones industrielles.

¹ D'après le PDCOM en cours de révision (état octobre 2018).

4.3 Acteurs, enjeux et coordinations

La mise en œuvre d'une politique énergétique durable sur la Ville implique une coordination étroite entre plusieurs groupes d'acteurs. Trois principaux enjeux de coordination sont mis en évidence :

- **Gestion du patrimoine bâti :** Le parc immobilier de Vernier est globalement ancien et structuré autour de grands ensembles bâtis qu'il s'agit de rénover (rénovation récemment terminée aux Libellules, en cours au Lignon, à planifier aux Avanchets) ou renouveler (Concorde). La rénovation énergétique et la construction à haut standard énergétique sont fondamentales, tout en tenant compte des contraintes socio-économiques. De ce point de vue, la Fondation immobilière de droit public (FIDP), qui gère une partie importante de ces parcs bâtis, est un acteur incontournable et a démontré récemment, que ce soit aux Libellules ou ailleurs à Genève, qu'il était possible de concilier les enjeux socio-économiques et énergétiques.
- **Grands consommateurs et valorisation des rejets :** Par grands consommateurs on entend les industries, centres commerciaux ou autres complexes administratifs, dont les consommations représentent une part importante à l'échelle de la Ville. Les grands consommateurs contactés ne sont pas en mesure de fournir des rejets de chaleur qui pourraient être valorisés par des tierces parties. Seule la société Givaudan dispose de rejets conséquents, continus à une température d'environ 30-35°C, qui ne sont pas encore valorisés.
- **Développement d'infrastructures :** Selon le volet énergie du Plan Directeur Cantonal 2030, plusieurs projets énergétiques (GeniLac®, géothermie grande profondeur, interconnexions CAD-Lignon/CADIOM, valorisation des rejets de la STEP d'Aïre, Nappe du Montfleury, valorisation des rejets de ZIMEYSA) se situent dans Vernier ou à proximité et indiquent des orientations possibles en matière d'approvisionnement énergétique. Les SIG et l'Etat de Genève (OCEN) joueront à ce titre un rôle de coordination majeur.

4.4 Infrastructures énergétiques et concepts énergétiques territoriaux

4.4.1 CAD des Ranches

La Ville de Vernier a développé le réseau CAD des Ranches, dont la centrale (chaufferie majoritairement au bois) est située à l'école des Ranches, et qui alimente pour le moment 6 ensembles de bâtiments communaux (administration et locatifs). La puissance installée est actuellement de 1.4 MW et l'énergie annuelle délivrée de 2.5 GWh/an environ.

La rénovation de l'école des Ranches permettra de libérer de la puissance, qui combinée avec une augmentation de la capacité de la chaufferie, permettra d'étendre le réseau.

La commune souhaite actuellement vendre le CAD à un contracteur qui se chargera d'investir dans les travaux de la chaufferie, d'étendre le réseau et le gérer. Un appel à d'offre a été lancé à ce sujet fin 2017 et les SIG en sont sortis vainqueurs.

La carte ci-dessous décrit le tracé du réseau : en rouge le tracé actuel, en vert l'extension prévue dans le cadre de l'appel d'offres (1.3 MW supplémentaire), en jaune une extension possible pouvant être planifiée dans une seconde phase (pas de puissance évaluée pour le moment).

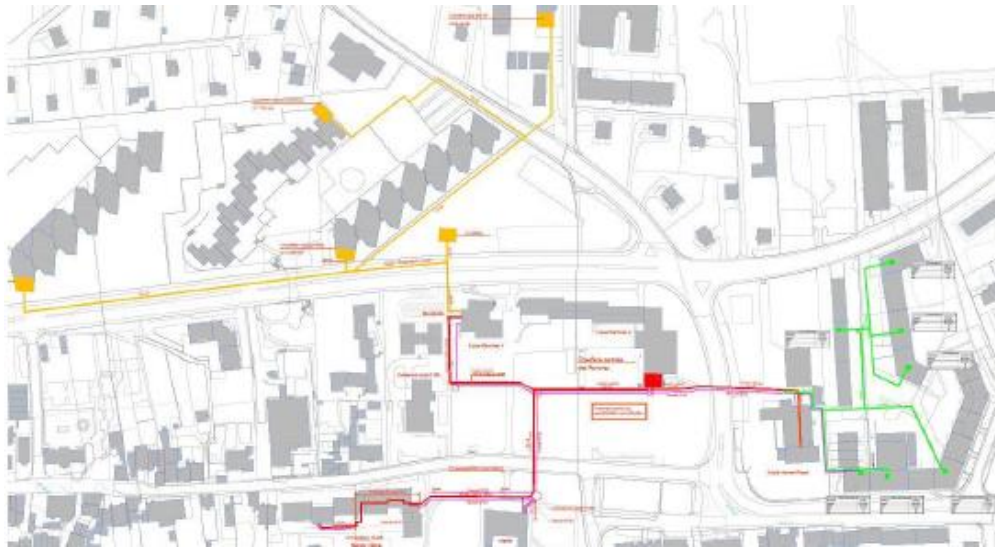


Figure 7 : plan de situation du projet CAD des Ranches (source : AMO Conseil, Appel d'offre contracting, 13.11.2017)

4.4.2 Réseau Givaudan

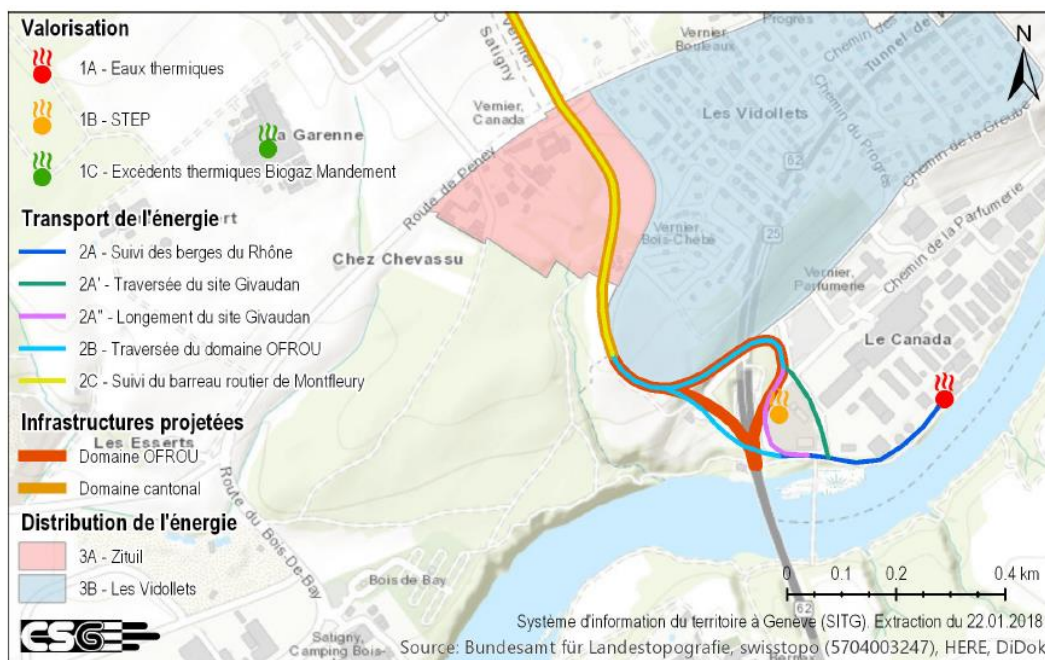


FIGURE 3 RÉCUPÉRATION DE CHALEUR, TRANSPORT DE L'ÉNERGIE ET VALORISATION À L'INTÉRIEUR DU PÉRIMÈTRE RESTREINT

Figure 8 : carte de synthèse du CET sur la récupération de chaleur des rejets de Givaudan (source : CGSE, 2018)

En résumant l'étude menée par CGSE, les rejets thermiques disponibles à l'endroit du site industriel de Givaudan proviennent :

- des eaux de refroidissement (eaux thermiques) : température variant de 15°C en hiver 25°C en été, et puissance se situant entre 3 et 4.5 MW
- et des eaux usées (STEP) : température variant entre 20°C en hiver 35°C en été, et puissance se situant entre 2 et 3 MW.

La puissance cumulée entre STEP et eaux thermiques se situe donc entre 5 et 7.5 MW, ce qui correspond à pleine puissance de chauffage (2'000 heures environ) à une énergie de 10 GWh à 15 GWh, et permettrait donc en théorie de couvrir les besoins cumulés de la ZITUIL (2.5 GWh) et des zones villas (5 GWh/an).

Cependant, l'activité du site industriel de Givaudan est suspendue le weekend et les jours fériés, ce qui influence le potentiel énergétique, et implique d'intégrer cette fluctuation hebdomadaire des rejets et de définir les solutions techniques les plus adaptées. Mais, le site de Givaudan ne fonctionne actuellement pas à plein régime (environ 1/3 de la capacité maximale), donc le potentiel pourrait être en réalité plus élevé².

Dans tous les cas, étant donné le caractère intermittent de la ressource, les rejets de Givaudan ne pourront constituer un vecteur unique d'un éventuel réseau. Il s'agira d'y associer une autre source énergétique, permettant non seulement d'assurer l'approvisionnement en cas d'arrêt des installations, mais aussi le cas échéant d'augmenter la capacité de production thermique et d'étendre le réseau au-delà du secteur pressenti (vers Vernier-Village et la ZIMEYSAVER), profitant des projets routiers de la jonction autoroutière du Canada et du Barreau de Montfleury (mesures conservatoires).

4.4.3 GeniLac® et Grand Projet Meyrin Vernier-Meyrin-Aéroport

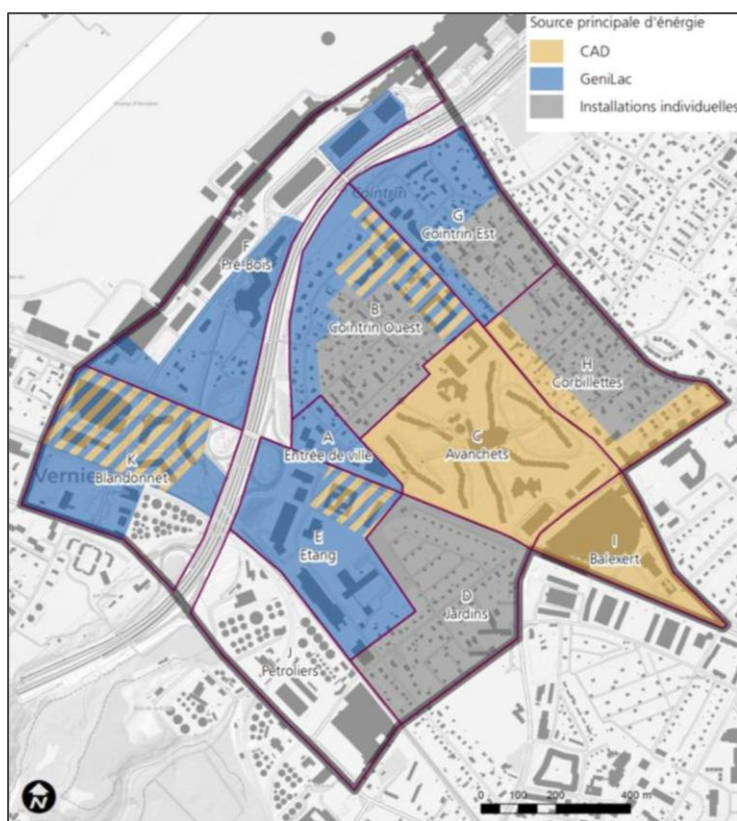


Figure 9 : carte de synthèse du CET 2015-04 Grand Projet Vernier-Meyrin-Aéroport (source : Ernst&Basler, 2015)

Le CET n°2015-04 dans le cadre du Grand Projet Vernier-Meyrin-Aéroport étudie l'approvisionnement possible du secteur en fonction des bâtiments existants et à construire. La proposition est synthétisée sur la carte à la Figure 9. Le réseau GeniLac® (boucle aéroportuaire – GLA) constitue un axe structurant

² C'est la raison pour laquelle le potentiel total avait été évalué à environ 20 MW lors du précédent PDCEn en 2013 sur la base d'informations encore approximatives.

pour l’approvisionnement des nouveaux développements en chaleur et froid, en particulier les projets de Blandonnet et de l’Etang, avec un complément prévu par le CAD SIG.

Les SIG³ prévoient de desservir les périmètres de Blandonnet et Etang dès 2021 et de prolonger le réseau jusqu’au complexe commercial de Balexert aux alentours de 2025.

Le grand projet du Quartier l’Etang comprendra à l’horizon 2023 près de 250'000 m² de SBP (42% de logements et 68% de commerces et bureaux). Le concept énergétique, mis à jour par BG en 2017, prévoit que le réseau GeniLac® permettra d’approvisionner 100% des besoins de froid et d’ECS, 90% des besoins de chaleur (les 10% restant étant satisfaits par le CAD SIG).

4.4.4 Nappe / Concorde

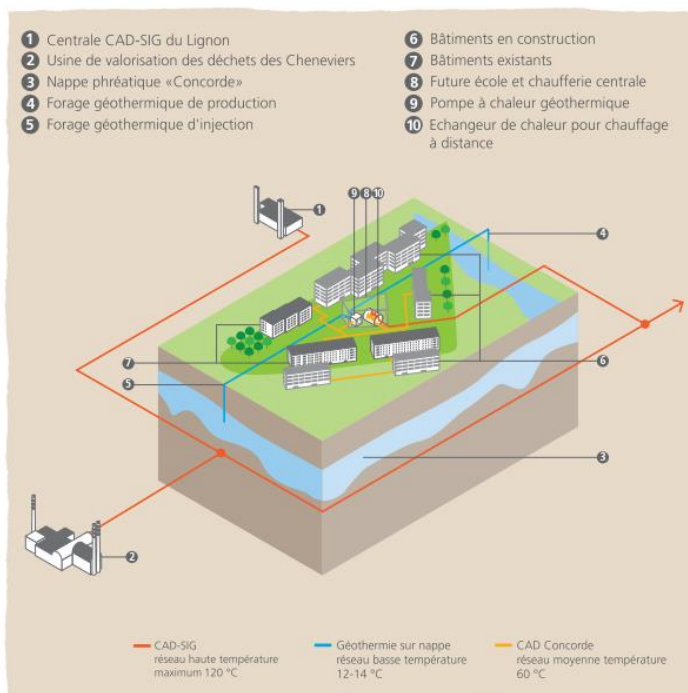


Figure 10 : schéma de principe du futur réseau CAD Concorde basé sur la nappe phréatique (source : Géothermie 2020).

Dans le cadre du programme Géothermie 2020 initié par les SIG et l’Etat de Genève, un projet pilote est en cours de mise en œuvre sur une partie du périmètre du Grand Projet Concorde (Secteur L). Ce projet vise à valoriser la nappe phréatique via une PAC centrale dans un réseau CAD moyenne température (60°C) interconnecté au CAD SIG pour l’appoint, tel qu’illustré par la Figure 10. Ce réseau permettra de desservir la nouvelle école, ainsi que 3 immeubles neufs et 3 immeubles existants. Les SIG laissent ouvert la possibilité de répliquer ce type d’approvisionnement dans les secteurs A, C, D de Concorde situés au-dessus, ainsi que sur le périmètre de Vernier-CFF. Si tel n’est pas le cas, le reste du Grand Projet Concorde sera approvisionné probablement par le CAD SIG.

4.4.5 CAD SIG

Comme illustré sur la carte ci-dessous, le CAD SIG a connu ces dernières années quelques extensions, en particulier dans le quartier de la Concorde (en lien avec le projet de valorisation de la nappe).

³ Présentation SIG, 14.12.2017

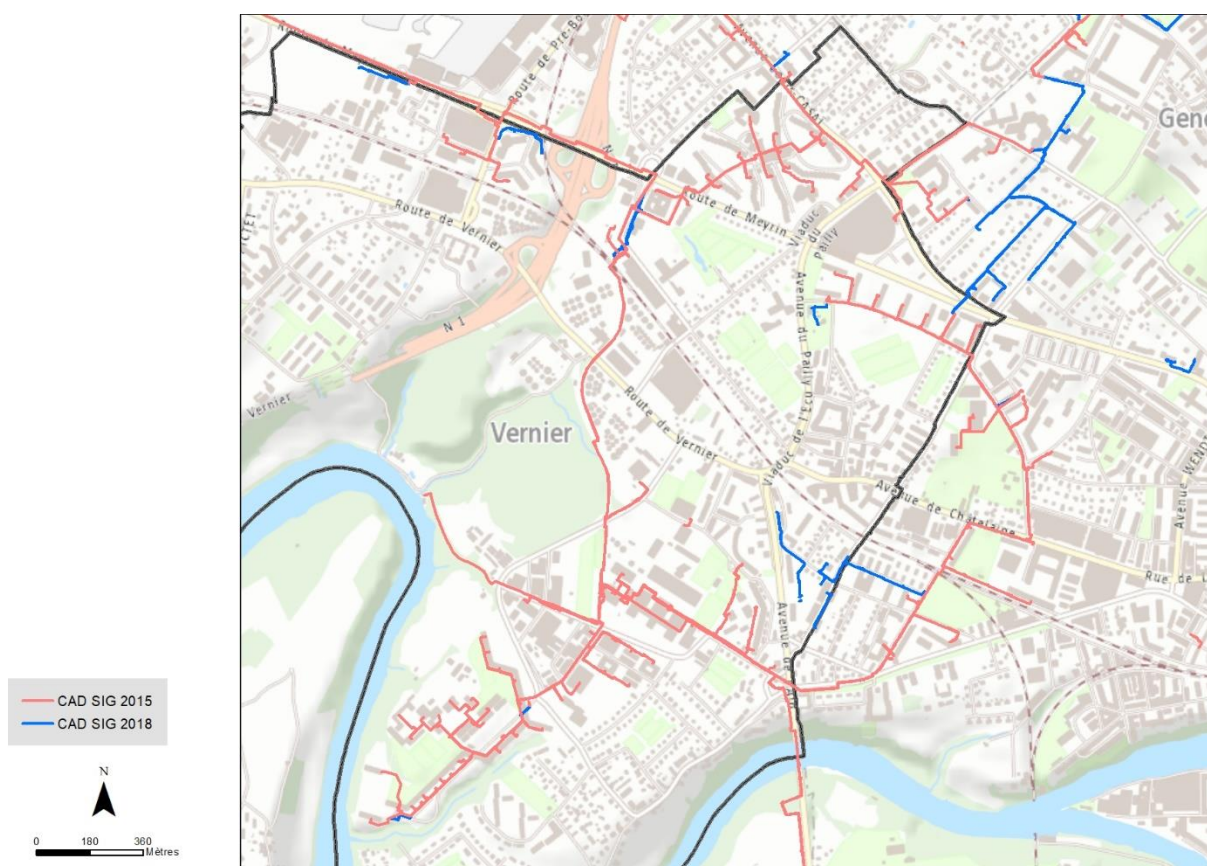


Figure 11 : évolution du réseau CAD SIG entre 2015 et 2018 (source : SITG / cadastre technique du sous-sol)

4.4.6 Rejets STEP Aire

Selon les informations transmises par Mme Sophie Durandeu (SIG, le 17.12.18), il n'est plus question de valoriser les rejets de la STEP d'Aire dans le retour du CAD SIG comme il était prévu initialement. Mais actuellement les SIG prévoient de valoriser les rejets à travers le futur CAD Rive gauche qui visera à desservir les grands projets Bernex-Nord, Cherpines et PAV notamment à des niveaux de température adaptés. Le développement de cette filière se fera en plusieurs tranches en parallèle et complément du potentiel de géothermie moyenne profondeur (dont les premières cartographies 3D du sous-sol sont attendues courant 2019).

4.4.7 ZIMEYSAVER

Le CET 2014-15 ZIMEYSAVER (Meyrin, Satigny, Vernier) préconise le développement d'un certain nombre d'infrastructures sur le secteur industriel en forte mutation comme résumé sur la Figure 12.

- En dehors du périmètre communal de Vernier (Satigny et Meyrin) : la valorisation des puits de Peney pour les besoins de froid et les rejets de chaleur qui en résultent pour alimenter le quartier des Vergers, ainsi que le développement d'une boucle d'énergie permettant les échanges thermiques à basse température constituent les éléments les plus structurants de ce secteur. D'autres systèmes sont projetés : la géothermie moyenne profondeur ; le stockage géothermique saisonnier ; la valorisation des toitures pour le solaire photovoltaïque ; les interconnexions possibles entre les réseaux et notamment avec le CAD SIG pour les appoints nécessaires.
- Périmètre communal de Vernier : la valorisation des rejets de Givaudan et la création d'un réseau thermique (éventuellement interconnecté avec la boucle d'énergie) constituent l'élément

le plus structurant sur la partie communale. Les autres éléments suivants sont relevés : géothermie moyenne profondeur ; doublet géothermique sur la nappe du Montfleury (sous réserve des contraintes liées à une interconnexion entre deux nappes Montfleury et du Nant d'Avril (cf. Section 6.1.1), valorisation des toitures à haut potentiel pour le solaire PV.

Elaboration du concept énergétique territorial ZIMEYSAVER

62/83

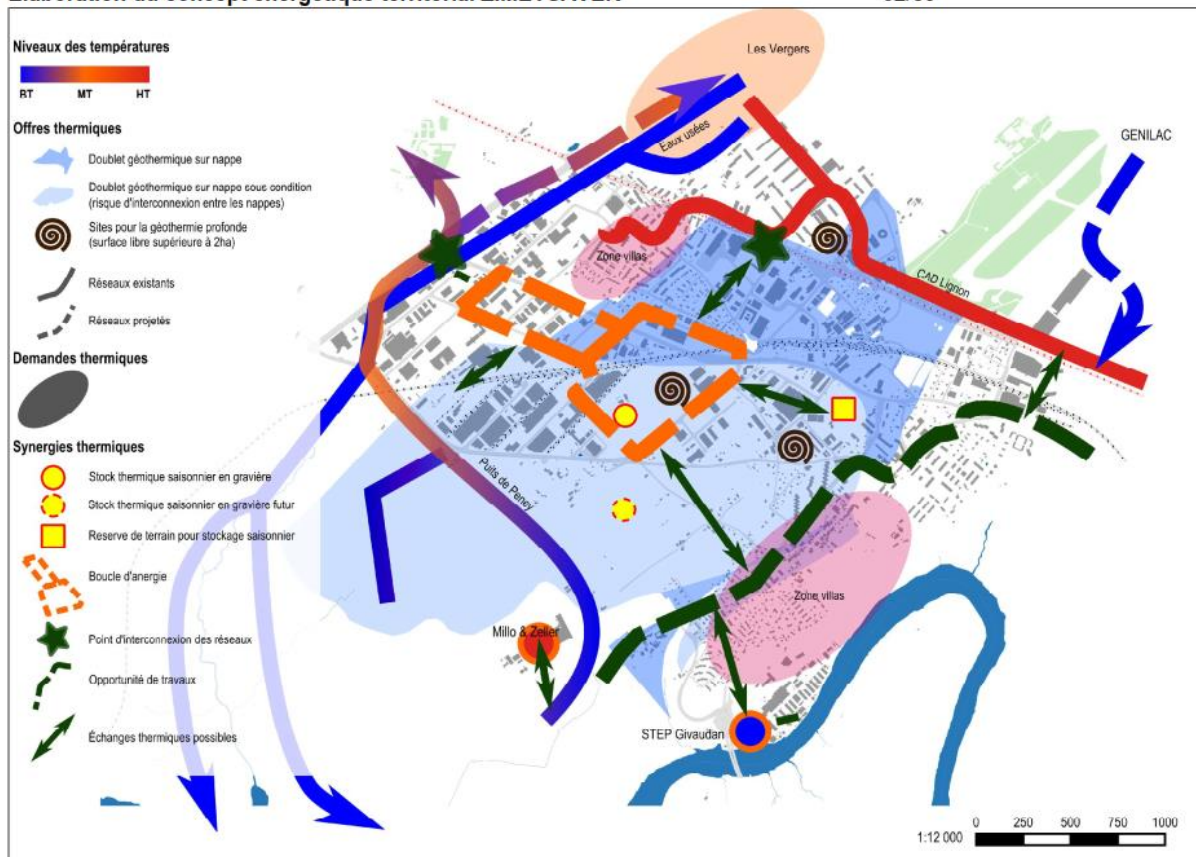


Figure 12 : carte d'orientations énergétiques du périmètre élargi de la ZIMEYSAVER ; en traitillé violet la partie dans la commune de Vernier (source : CET 2014-12, BG)

Selon des informations récentes à l'occasion d'une conversation avec M. Loïc Quiquerez des SIG (le 10.12.2018), la stratégie énergétique de la ZIMEYSAVER est encore très ouverte et pourrait évoluer par rapport à la proposition faite dans le CET 2014-15. Etant donné, les résultats très prometteurs du forage test de moyenne profondeur à Satigny (cf. section suivante).

4.4.8 Géothermie moyenne profondeur (Géothermie 2020)

Selon les informations récentes du programme Géothermie 2020, le forage test à Satigny, à profondeur de 744 mètres, a permis de déterminer l'existence d'un potentiel important (eau à température de 33°C, débit de 50 l/s, correspondant annuellement à un potentiel de 20 à 30 GWh/an). D'autres forages tests ainsi que des travaux de prospection sont prévus en 2019 et 2020 afin de fournir une cartographie détaillée du sous-sol genevois et établir une stratégie de valorisation, de sorte à satisfaire 20% des besoins de chauffage du canton d'ici 2035.

Le forage test à Satigny se situe à proximité de la ZIMEYSAVER et montre le potentiel de la ressource pour desservir une partie des besoins du secteur industriel à travers des réseaux qui pourront concerner

également la partie industrielle de Vernier⁴. La géothermie moyenne profondeur pourrait ainsi être structurante pour le secteur industriel, via un réseau, en complément de la nappe de Montfleury qui viendrait approvisionner les besoins de froid. Cela pourrait remettre en cause le projet de boucle d'anergie. En bref, la stratégie énergétique de la ZIMEYSAVER est encore très ouverte et devra être précisée.

4.4.9 Synthèse des études énergétiques

Les différentes études énergétiques menées ces 5 dernières années sont listées et synthétisées dans le tableau ci-dessous :

Titre	Date rapport	Recommandations
CET 2011-31b Mise à jour CET 2011-31 pour PLQ 29847 "Vernier CFF"	01.11.2015	Champs de sondes géothermiques, PAC centralisée avec appoint éventuel par CAD SIG qui serait prolongé
CET 2015-09 Grand Projet Vernier – Meyrin – Aéroport	28.04.2014	Approvisionnement des nouveaux développements mixtes (activités et logements) par GeniLac, maintien des systèmes actuels (CAD SIG et installations individuelles) sur les bâtiments existants
CET 2014-12 ZIMEYSAVER	31.07.2014	Valorisation des puits de Peney, boucle d'anergie, stockage géothermique, valorisation de la nappe de Montfleury, rejets de Givaudan
CET 2015-04 pour PLQ 29'890 – La Bourdonette, Vernier	04.08.2014	Approvisionnement en chaleur et froid par GeniLac
CET 2014-05 PLQ Etang	15.11.2013	Approvisionnement par GeniLac avec des compléments sur CAD SIG et valorisation interne aux bâtiments des eaux usées
Appel d'offre contracting CAD des Ranches	13.11.2017	Cahier des charges pour un contracting (rachat de la centrale et du réseau actuels et projet d'extension)
Valorisation des rejets de Givaudan (CET 2017-23)	26.03.2018	Approvisionnement par les rejets thermiques de la STEP et des activités industrielles de Givaudan des zones villas (Crotte-au-Loup et Vidollets) et de la ZITUIL

Tableau 2 : liste des CET validés récemment (depuis 2013) et synthèse des recommandations

La carte ci-dessous synthétise les différentes infrastructures existantes et projetées, selon les études décrites dans ce chapitre.

⁴ Selon discussion avec M. Loïc Quiquerez, SIG (10.12.18)

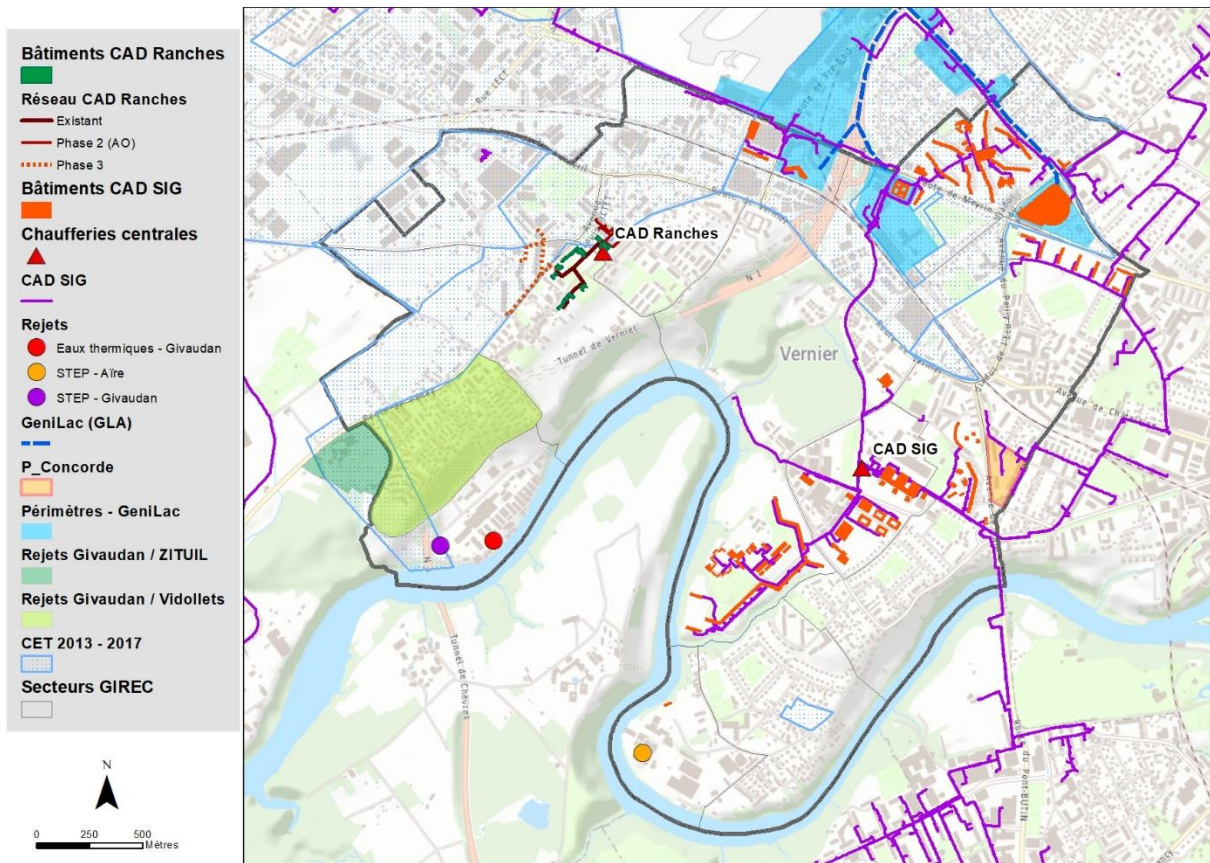


Figure 13 : carte de synthèse des infrastructures énergétiques

4.5 Contraintes environnementales et patrimoniales

Les actions en matière énergétique peuvent être limitées par différentes contraintes, liées en particulier au patrimoine bâti et aux aspects environnementaux.

La Figure 14 donne une vision globale des différentes mesures patrimoniales. Il convient de distinguer deux types de mesure :

- Mesures de protection (inventaire, classement, périmètres protégés, plans de site) : celles-ci concernent aussi bien des bâtiments remarquables que des périmètres et sont fortement contraignantes en matière d'intervention sur le bâti. Il s'agit à Vernier de bâtiments historiques (Vernier Village), ainsi que le périmètre du Lignon qui fait l'objet d'un plan de site.
- Mesures de recensement : ces mesures sont moins contraignantes ; les recensements visent à mettre en évidence les bâtiments caractéristiques d'une architecture et époque de construction particulières ; ils concernent aussi bien les grands ensembles de logements collectifs (Lignon et Avanchets) que des sites industriels.

La Figure 15 décrit trois types de contrainte :

- Pollution de l'air : les zones à immission excessives en NO_x (>30 mg/m³), présentent au nord de la Ville, limitent fortement le développement de la filière bois énergie.
- Pollution du sol : liée aux activités industrielles, elle peut contraindre le développement des sondes géothermiques (risque de contamination des nappes).
- Zone de superposition entre les nappes du Nant d'Avril et la Nappe du Montfleury : le CET 2014-12 portant sur la ZIMEYSAVER a émis des réserves sur la filière des sondes géothermiques dans ce secteur, étant donné les risques d'interconnexion entre les deux nappes.

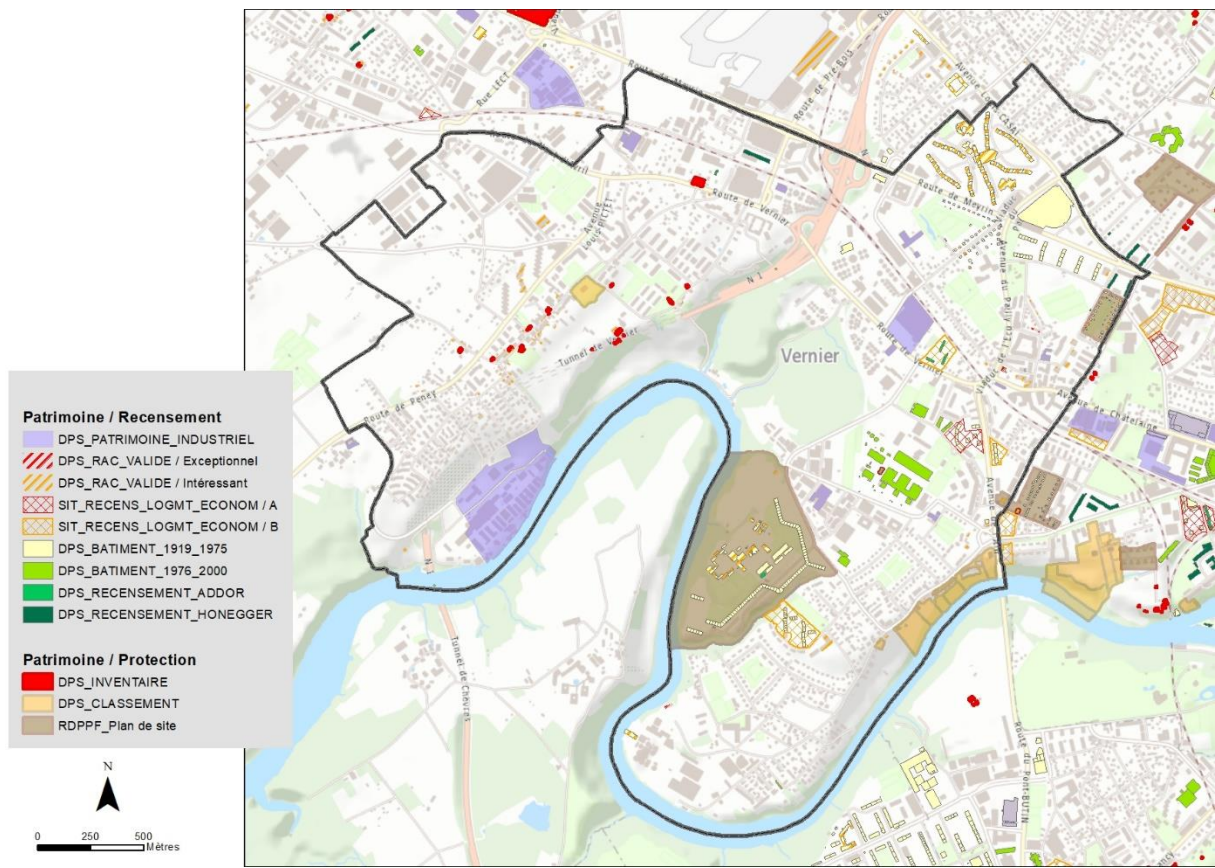


Figure 14 : mesures de protection et recensements du patrimoine

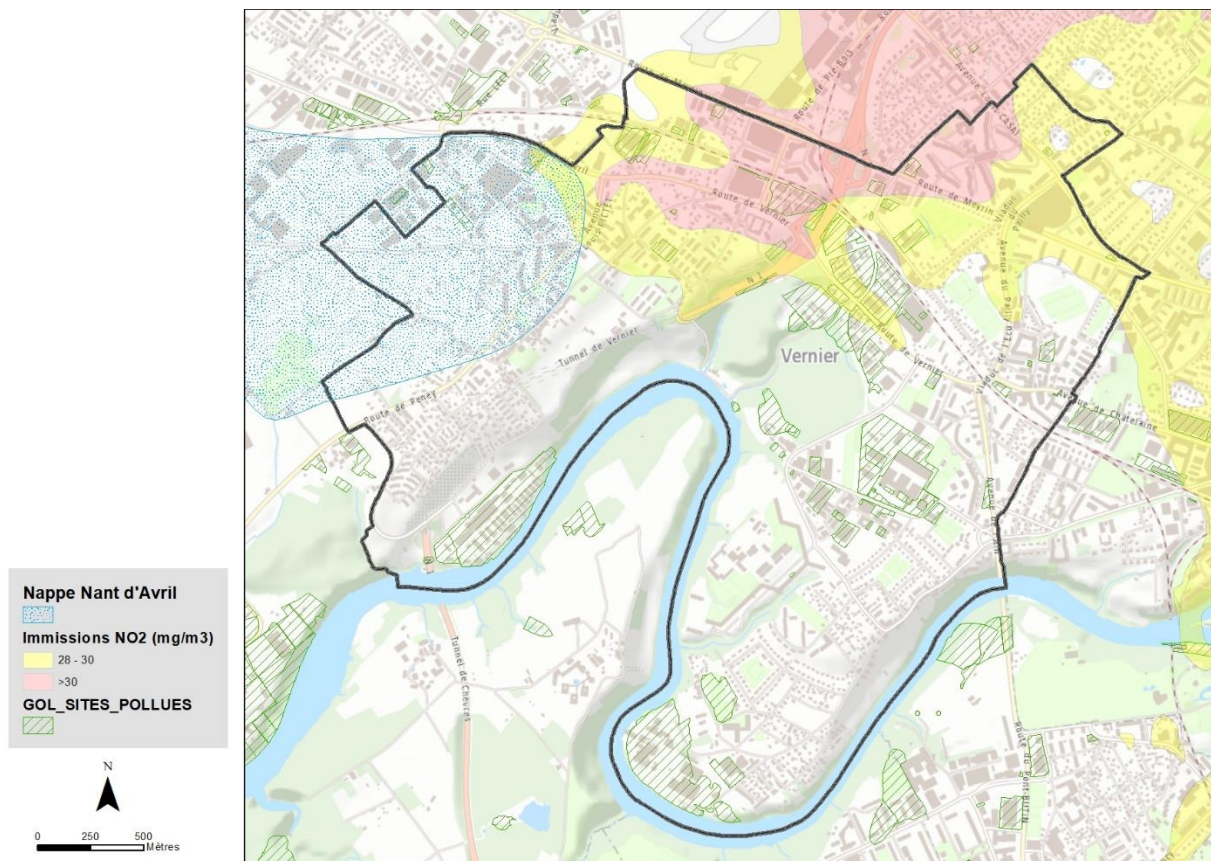


Figure 15 : contraintes environnementales (pollution du sol, de l'air, nappe du Nant d'Avril se superposant à celle de Montfleury)

4.6 Synthèse des enjeux territoriaux

Opportunités :

- La Ville de Vernier est très riche en gisements énergétiques locaux qu'ils soient naturels (géothermie, solaire), mais aussi liés aux activités (rejets).
- Elle constitue un carrefour stratégique en matière de développement d'infrastructures énergétiques, ayant non seulement une portée locale au niveau communal mais aussi au-delà (ZIMEYSAVER).
- Etant Cité de l'Énergie Gold, elle mène une politique énergétique engagée et proactive, à travers des partenariats multiples avec les milieux privés.

Contraintes :

- La Ville étant structurée à travers plusieurs centralités urbaines, cela complexifie la mise en œuvre de sa politique énergétique.
- Des contraintes ont été relevées : relatives au patrimoine bâti, limitant ou complexifiant les interventions (rénovation, énergie solaire) ; et relatives à l'environnement (pollution du sous-sol, et de l'air). Cependant, ces contraintes ne constituent pas de freins majeurs pour la mise en œuvre d'une politique énergétique territoriale ambitieuse.

5 Bilan énergétique : consommations et besoins actuels

Nous présentons ici l'évaluation des consommations énergétiques actuelles sur la base d'un socle de géodonnées, constitué sous mandat de l'OCEN, et mis à disposition pour l'élaboration de plans directeurs communaux des énergies. Ce socle de données se fonde sur les données SITG (Bâtiments hors sol, chaudières, indices), complétées par les données SIG de consommation à l'adresse (gaz, électricité, CAD). La méthodologie d'élaboration du socle est consultable sur demande auprès de l'OCEN.

Le bilan n'est effectué que sur les bâtiments chauffés. Pour information, 1'485 des bâtiments sur le territoire communal ne sont pas chauffés, et 3'330 le sont. Les bâtiments de type hangar, garage privé, réservoirs, silos, locaux techniques, etc. ne sont en général peu ou pas chauffés.

Le bilan est donné d'abord au niveau global pour les différents postes de consommations – chaleur (chauffage et ECS), électricité (spécifique pour les équipements), froid – puis détaillé au niveau de la chaleur par agent énergétique, affectation et époque de construction.

5.1 Synthèse du bilan énergétique

Le profil énergétique de la commune est largement déterminé par les consommations de chaleur (311 GWh/an, 64%) et d'électricité spécifique (168 GWh/an, 34%). Sans être négligeables, les consommations électriques des groupes de froid sont bien en-dessous : 8 GWh en énergie finale, soit 2% des consommations totales, et 45 GWh en énergie utile, soit 8% des besoins totaux. Etant estimées sur des indices standards tirés de la norme SIA (2024) selon l'affectation des bâtiments, il s'agit d'interpréter ces consommations de froid avec prudence, les besoins étant spécifiques au cas par cas.

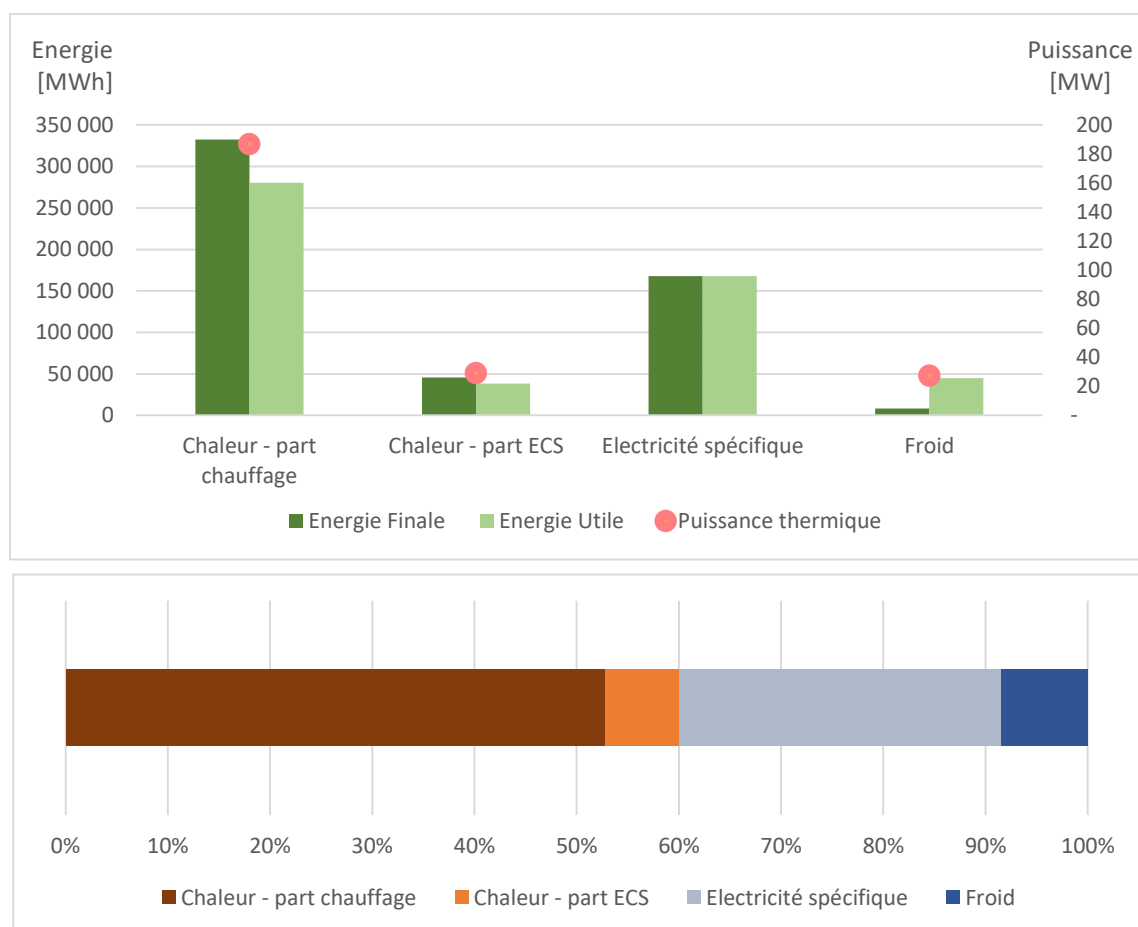


Figure 16 : synthèse des consommations par poste d'utilisation (état 2017), en valeurs absolues sur le graphe du haut et en proportions (énergie utile) sur le graphe du bas

	Energie finale		Energie utile	
	Energie	Puissance	Energie	Puissance
	MWh/an	MW	MWh/an	MW
Chaleur totale	378 162	216	318 716	185
<i>Chaleur - Part Chauffage</i>	332 598	187	280 465	160
<i>Chaleur - Part ECS</i>	45 564	29	38 251	24
Electricité totale	167 740	N.A	167 740	N.A
<i>Electricité spécifique</i>	167 740	N.A	167 740	N.A
<i>Eclairage public</i>		N.A	0	N.A
Froid	8 195	8.20	44 754	27.25
Total	545 902	N.A	486 456	N.A

Tableau 3 : détail numérique des consommations par poste (état 2017)

Les consommations décrites ci-dessus incluent celles des industries (en particulier Givaudan), telles que fournies par les SIG à l'adresse.

Les besoins de froid utiles intègrent ceux estimés pour refroidir les installations de Givaudan (puissance moyenne d'environ 3.5 MW, à intégrer sur environ 6'000 heures pour convertir en énergie). Il est admis que ces besoins de rafraîchissement avec l'eau du Rhône n'entraînent pas de consommation électrique (si ce n'est pour les pompes de circulation), et donc que l'énergie finale (électricité) est négligeable pour cet usage.

Les deux cartes ci-dessous représentent la répartition spatiale des consommations thermiques sur le territoire à l'échelle des sous-secteurs GIREC et de la maille hectométrique (densité thermique, superposition des réseaux thermiques existants). Ces cartes n'incluent pas les consommations du sous-secteur Canada qui correspond à Givaudan, pour des raisons de confidentialité.

Observations :

- Les secteurs les plus denses du point de vue de la consommation thermique sont logiquement liés aux grands ensembles de logements et aux principales zones d'activités.
- Il est communément admis qu'une densité de 500 MWh/m²/an constitue un seuil intéressant du point de vue économique pour développer des réseaux thermiques. Les secteurs avec une telle densité minimale sont en grande partie déjà desservis par le réseau CAD SIG ; cependant, on voit qu'une extension du CAD dans le quartier de Châtelaine (où bâti ancien) pourrait être opportune. De même, il y a un grand potentiel dans les secteurs de Vernier Village et Poussy Champ Claude, autour du réseau CAD Ranches ou d'autres réseaux à prévoir.

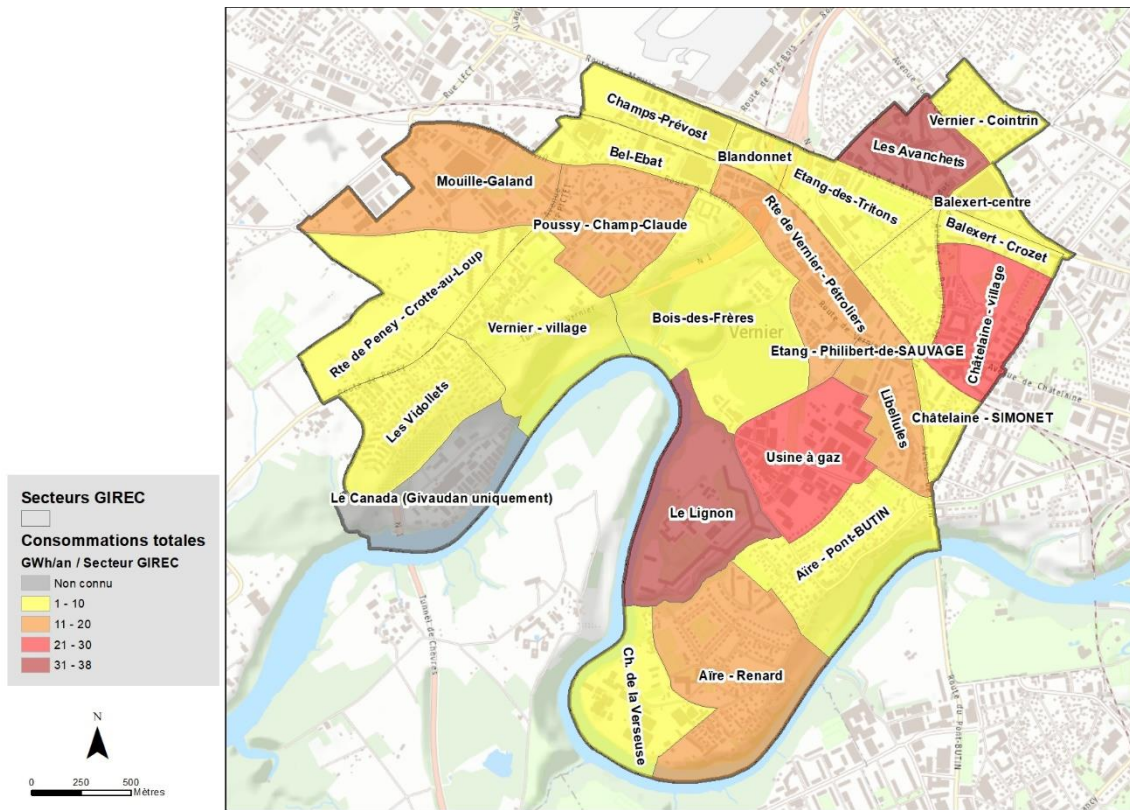


Figure 17 : répartition spatiale des consommations thermiques par sous-secteur statistiques GIREC

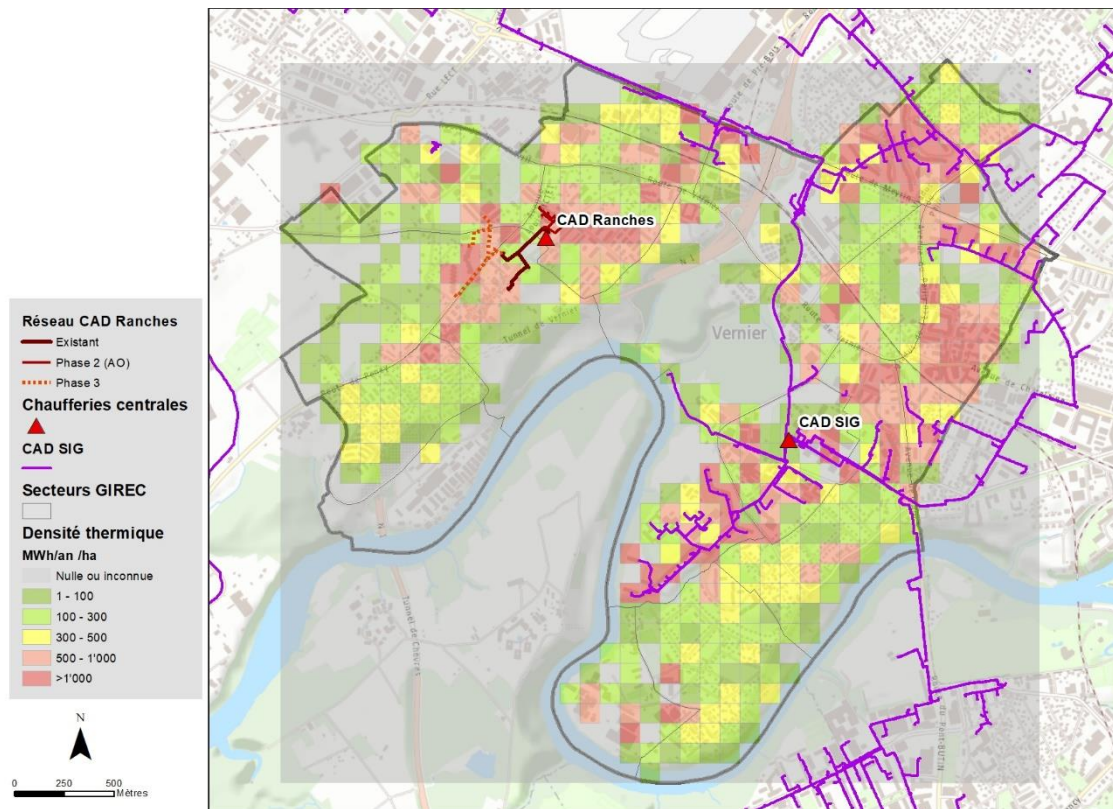


Figure 18 : densité de consommation thermique à l'hectare

La section suivante aborde la comparaison des données 2012 (précédent PDCEn) et de 2017. Les sections suivantes détaillent certains éléments du bilan énergétique, selon l'indice de dépense de chaleur (IDC) et la répartition des consommations par agent énergétique, affectation et époque de construction. L'Annexe 2 fournit des analyses statistiques plus détaillées.

5.2 Evolution des consommations entre 2012 et 2017

La consommation thermique totale était estimée à 395 GWh/an en 2012 contre 378 GWh/an en 2017, ce qui correspond en absolu à une légère baisse (-4.3%). Cependant, les bases de calcul ne sont pas les mêmes. En effet, en 2012, nous ne disposons pas de consommations SIG de gaz à l'adresse ; les besoins des bâtiments non référencés à l'IDC étaient alors estimés sur une base statistique, donc nettement moins fiable.

Dans l'optique de pouvoir spatialiser cette évolution, la carte ci-dessous illustre l'évolution des consommations par sous-secteur (tons bleus : réduction des consommations, tons rouges : augmentation, jaune : pas ou peu d'évolution). La comparaison peut être considérée comme plus fiable pour les sous-secteurs où la part des bâtiments mesurés à l'IDC (état 2017) est élevée. Nous observons ainsi une réduction des consommations dans plusieurs de ces sous-secteurs composés d'ensembles de logements collectifs (en particulier Lignon, Avanchets, Crozet), et des augmentations dans d'autres comme Châtelaine, les Libellules, Champ-Poussy, Blandonnet et Balexert-centre. Il est toutefois difficile d'expliquer les raisons de ces augmentations, une des explications pouvant aussi être l'augmentation constante des bâtiments mesurés à l'IDC depuis 2012.

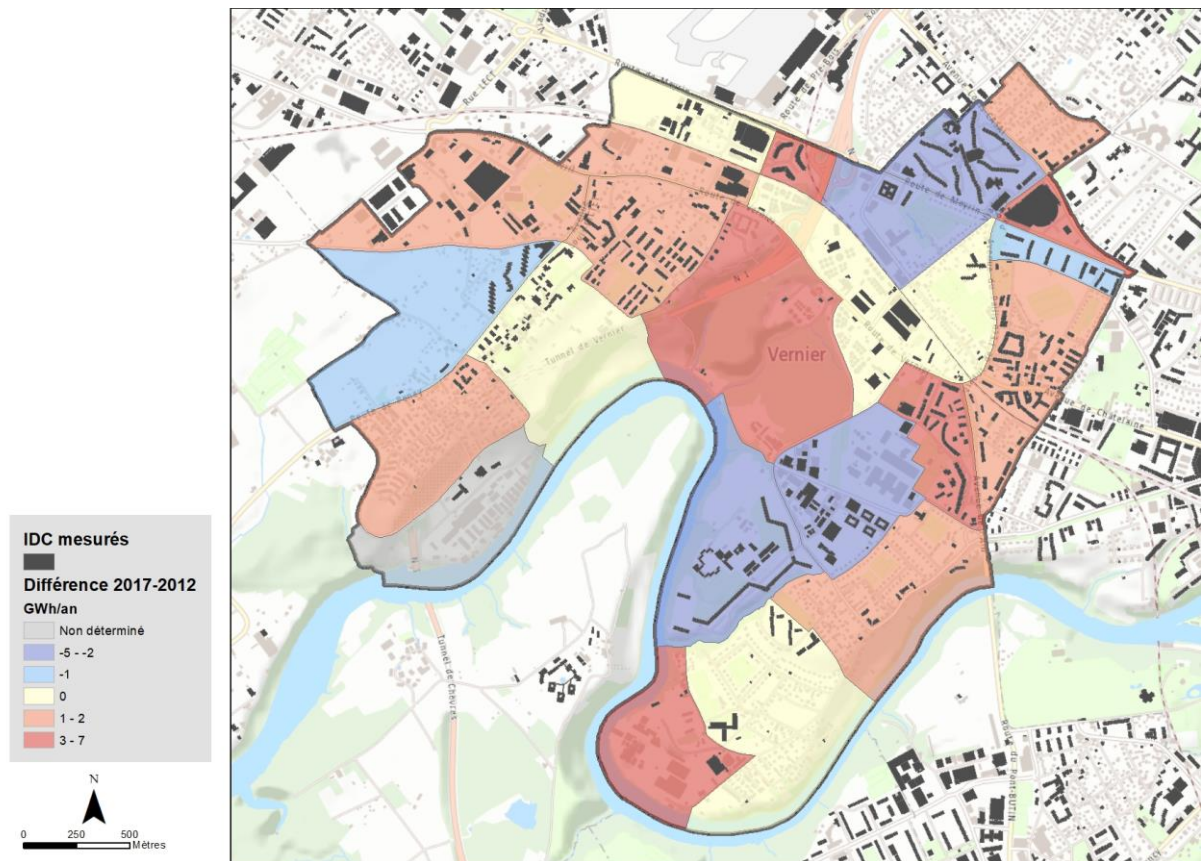


Figure 19 : comparaison des consommations par sous-secteur entre 2012 et 2017

Pour compléter l'analyse, si l'on considère l'évolution des consommations de gaz et d'électricité à l'adresse entre 2011 et 2017 (d'après les relevés des SIG), nous obtenons une réduction de près de 16% en électricité et 3.3% en gaz (malgré un transfert continu d'une partie du mazout vers le gaz), ce qui est encourageant.

5.3 IDC

Sur 3'330 bâtiments chauffés, 988 bâtiments (30%) sont référencés dans la base de données des IDC. L'indice de dépense de chaleur moyen des bâtiments référencés est de 487 MJ/m²/an, ce qui est très proche de la moyenne cantonale (492 MJ/m²/an). Une telle moyenne est élevée et met en évidence la nécessité de rénover ces bâtiments à moyen ou long terme.

Le graphe suivant représente la répartition des surfaces de référence énergétique par tranche de 100 MJ/m²/an d'IDC.

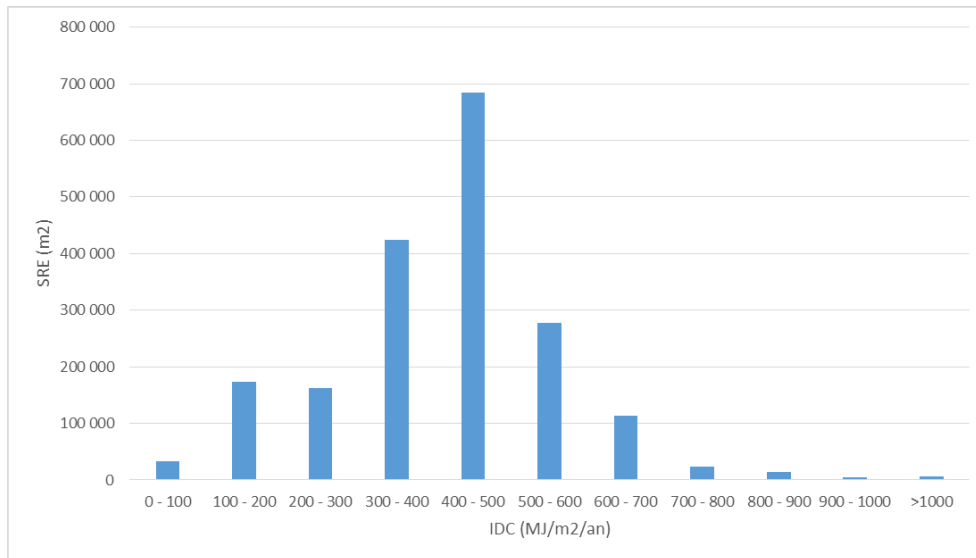


Figure 20 : répartition des SRE par classe d'IDC

La moitié de ces bâtiments se situent dans la tranche 400 - 600 MJ/m²/an. Environ 8% de ces bâtiments ont une IDC supérieure à 600 MJ/m²/an et nécessiteraient des mesures prioritaires de rénovation.

La carte ci-dessus donne la répartition spatiale des bâtiments référencés à l'IDC.

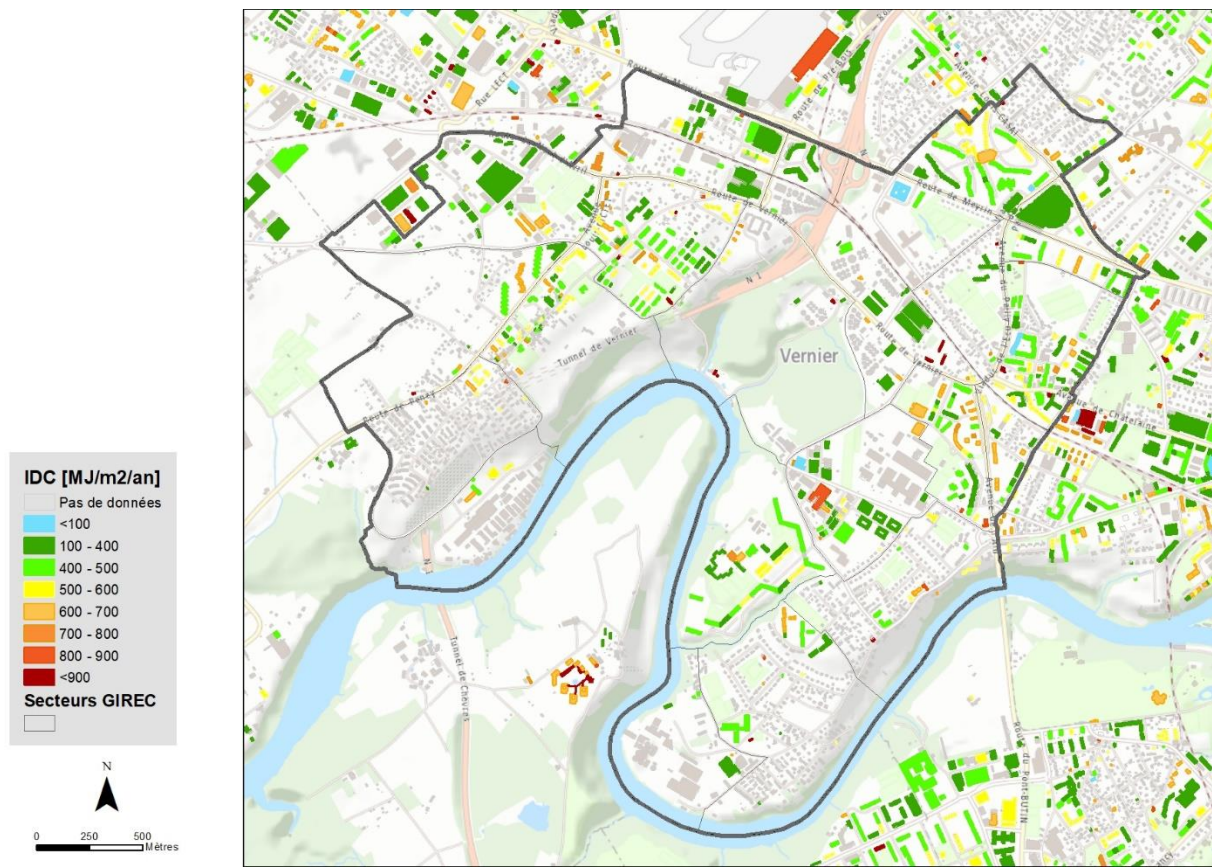


Figure 21 : répartition spatiale des IDC par bâtiment (source : SITG)

Plusieurs bâtiments situés dans les secteurs de Châtelaine-Concorde ainsi que Vernier-Village nécessitaient des mesures prioritaires de rénovation.

5.4 Age des chaudières

La carte ci-dessous représente une planification indicative du remplacement des installations de chauffage. L'année de remplacement est basée sur l'année d'installation (selon la couche SCANE_CHAUDIERE), à laquelle est ajoutée 20 ans, selon le cycle habituel de renouvellement. La carte met ainsi en évidence les installations qu'il faudrait remplacer à brève échéance, avant 2025 notamment. Ces installations anciennes sont particulièrement nombreuses dans les zones de villas. Ce serait ainsi l'opportunité de remplacer les systèmes fonctionnant avec les énergies fossiles par ceux valorisant les ressources renouvelables.

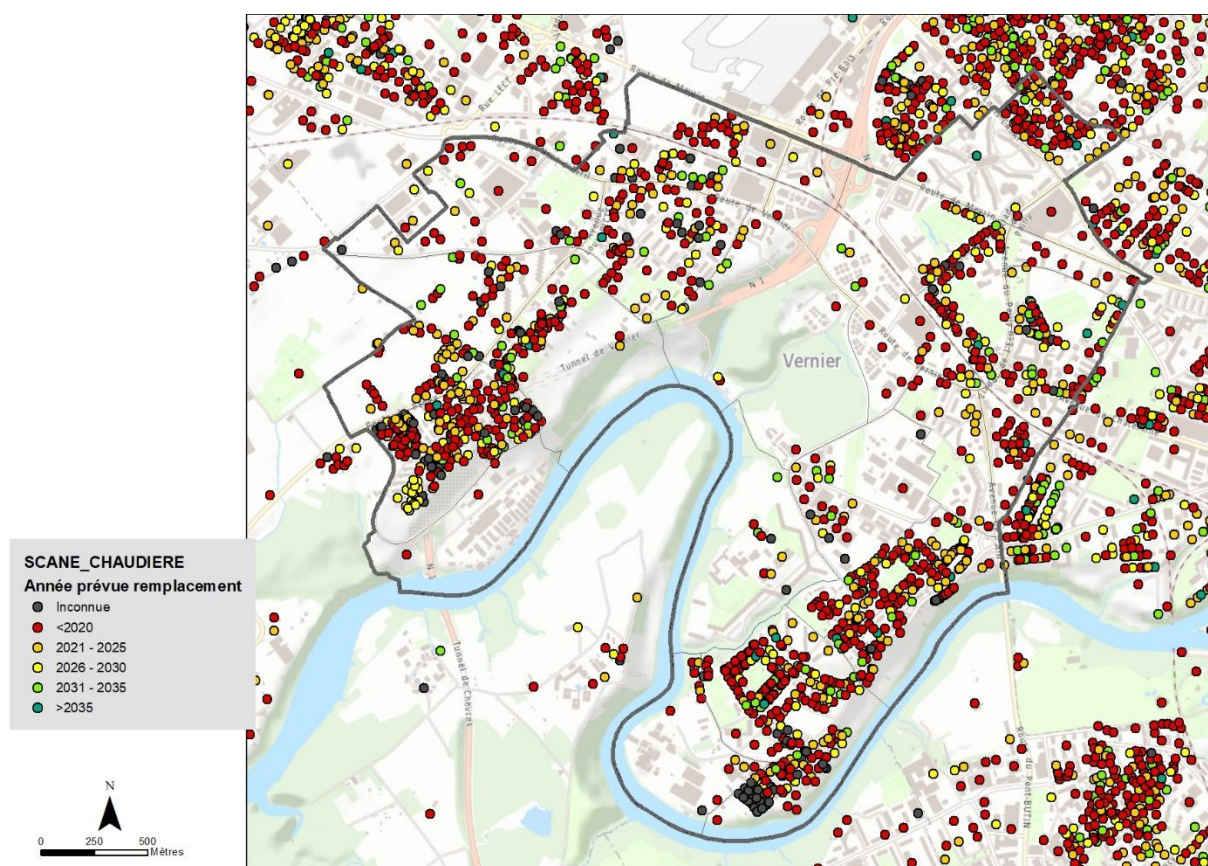


Figure 22 : année estimée de remplacement des installations de chauffage (source : SCANE_CHAUDIERE / SITG)

5.5 Bilan détaillé par agent énergétique

La carte ci-après représente les agents énergétiques utilisés pour le chauffage des bâtiments. Le graphique à la Figure 24 décrit la répartition bâtiments, SRE et consommations par agent énergétique au niveau global pour la Ville.

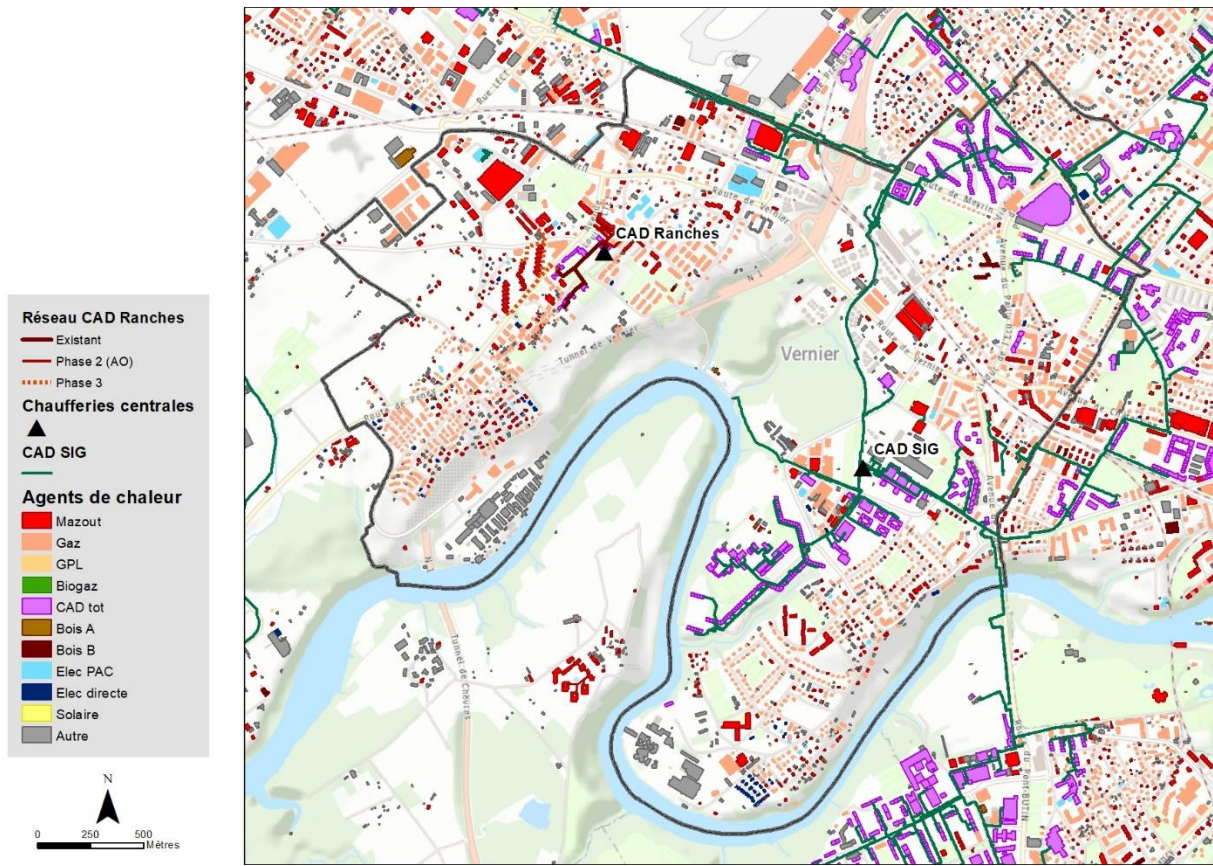


Figure 23 : répartition spatiale des agents énergétiques par bâtiment (source : SITG)

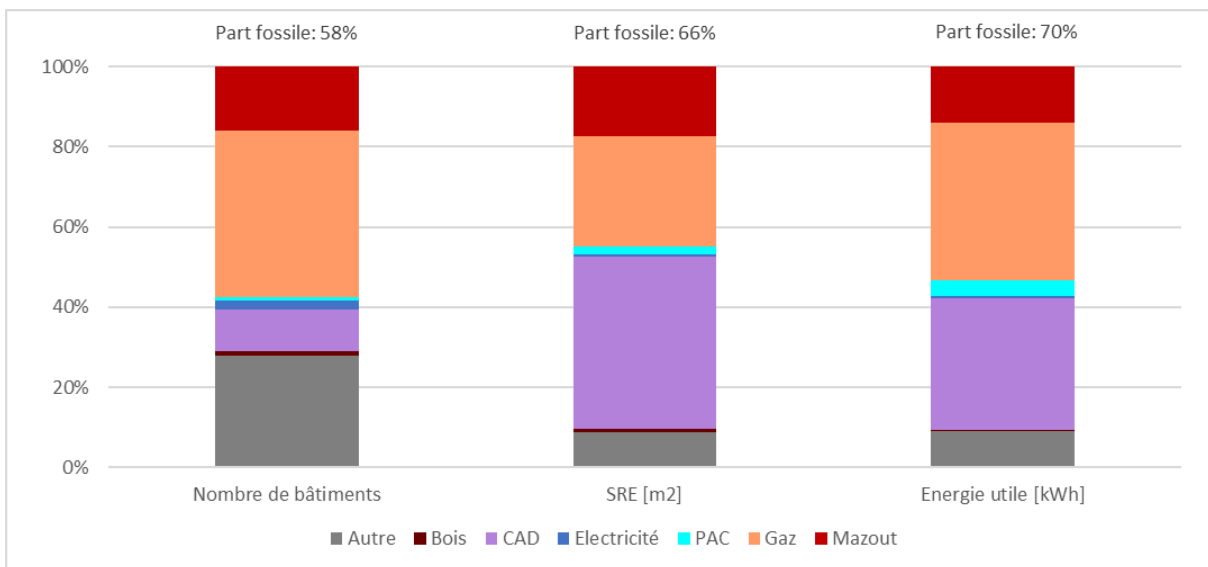


Figure 24 : répartition des bâtiments, SRE et besoins utiles de chaleur par agent énergétique (état 2017)

Observations :

- L'on remarque sur la carte et le graphique une part importante des réseaux thermiques (34% des besoins utiles de chaleur de la Ville), en particulier le CAD SIG (mix gaz et déchets à part

équilibrée) et dans une moindre mesure le CAD Ranches (1% des besoins utiles) qui est appelé à se développer.

- Les proportions sont équivalentes entre la répartition par la SRE et les besoins. Par contre, la catégorie 'Autre' est davantage prépondérante en nombre de bâtiments (il s'agit souvent de bâtiments techniques – télécommunication, chaufferies, transformateurs, etc. – qui sont nombreux mais de petite surface).
- La tendance se poursuit avec un transfert constant du mazout vers le gaz, comme partout ailleurs dans le canton.
- En totalisant la part fossile du CAD SIG (env. 50%), le mazout et le gaz, **la part fossile globale revient à 70 % en énergie utile**, ce qui est relativement peu par rapport à la moyenne genevoise qui est supérieure à 90% ; néanmoins, la part des 30% « non fossile » inclut 10% non déterminés dont une partie pourrait comprendre du fossile additionnel.
- La part des petites installations renouvelables hors CAD SIG revient à 1.9% du mix global thermique (1.2% pour les PAC, 0.7% bois lié en particulier au CAD Ranches). Le chauffage électrique représente 1%, mais probablement, la catégorie 'Autre' (13%) inclut une part importante de chauffage électrique, mais aussi les PAC (qui sont peu souvent référencées).

5.6 Bilan détaillé par époque de construction

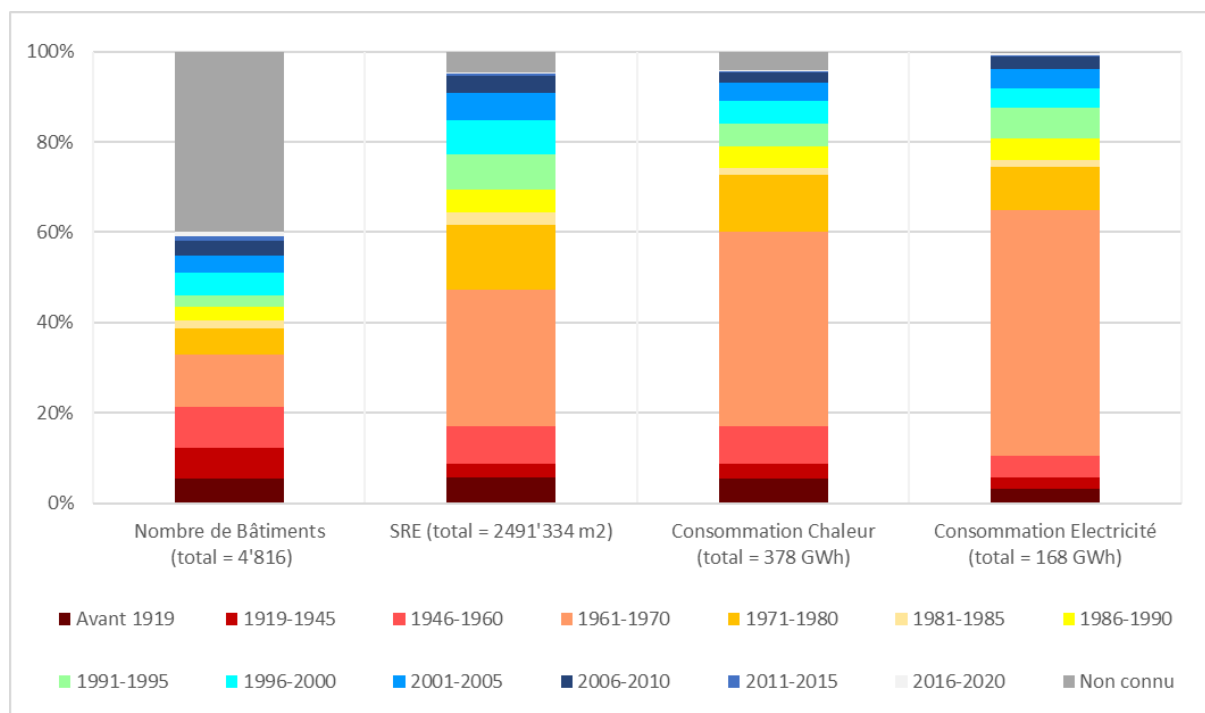


Figure 25 : répartition des bâtiments, SRE et consommations de chaleur (énergie finale) et électricité par agent énergétique (état 2017)

Observations :

- La catégorie « Non connu » correspond à un grand nombre de bâtiments, mais dont les surfaces (SRE) sont petites, d'où une surreprésentation de cette catégorie en nombre de bâtiments.
- Les proportions sont similaires entre répartition par SRE et consommation thermique ; c'est la période de construction des années 60 et 70 qui pèse le plus dans les consommations (plus de 40%), liée à la réalisation des grands ensembles.

- On note toutefois une représentation beaucoup plus élevée de la période 1961-1970 dans les consommations de chaleur et d'électricité. Cela est dû à deux sites industriels (STEP d'Aïre et Givaudan), construits durant cette période, qui expliquent en grande partie ces consommations.

5.7 Évaluation des besoins énergétiques du bâti futur

Cette section a pour objectif l'évaluation des besoins énergétiques thermiques (chauffage, ECS et rafraîchissement) et électriques d'une part des projets de construction qui seront réalisés sur la Ville d'ici 2030, d'autre part du tissu bâti existant qui pourra être partiellement rénové sur le plan énergétique.

5.7.1 Besoins des bâtiments à construire

Les besoins futurs liés aux nouvelles constructions se basent sur les projets d'aménagement en cours synthétisés à la Section 4.2.

5.7.1.1 Hypothèses de calcul

La répartition des SBP par zone de densification a été présentée à la Section 4.2.

Il est fait l'hypothèse que la SRE est égale à la SBP à ce stade de la planification.

Deux scénarios de standard énergétique pour le chauffage sont considérés en conformité avec la loi genevoise sur l'énergie : Haute Performance Energétique (HPE, minimum légal) et Très Haute Performance Energétique (THPE). Ces standards sont tous deux basés sur la norme SIA 380/1. En ce qui concerne les besoins électriques évalués dans cette section, ils couvrent l'éclairage, les équipements (ordinateurs, électroménager, appareils de télévision,...), la ventilation et les autres techniques associées aux bâtiments (selon la norme SIA 380/4 et le cahier technique 2024).

Les besoins énergétiques liés aux nouveaux bâtiments sont donnés pour les deux scénarios pour chaque secteur de la Ville dans les sections suivantes, distinguant les différents types d'affectation.

5.7.1.2 Surfaces brutes de plancher des bâtiments à construire

Les données de Synthurba (état à novembre 2018) indiquent, par périmètre d'aménagement, le solde des SBP à construire, en distinguant trois types d'affectation : logements (considérés comme majoritairement collectifs), activités (considérées majoritairement comme du tertiaire), activités secondaires (considérées comme de l'industrie). Ces projets de développement prévus correspondent aux SRE suivantes (en faisant l'hypothèse SRE = SBP) :

Type affectation	Classe SIA	SRE
Logements collectifs	I	697 547
Bureaux et services	III	756 746
Industrie	IX	17 551
Total		1 471 844

Tableau 4 : SRE des constructions à venir par type d'affectation dans le cadre du processus de développements urbains

5.7.1.3 Besoins énergétiques relatifs aux constructions à venir

Sur la base des SRE données ci-dessus pour les constructions à venir, les besoins futurs totaux selon les deux scénarios (HPE et THPE) sont les suivants :

Standard: HPE	Chaleur			Froid		Electricité
	Chauffage	ECS	Puissance	Rafrâichissement	Puissance	Equipements
	[MWh/an]	[MWh/an]	[kW]	[MWh/an]	[kW]	[MWh/an]
Logements collectifs	21 624	14 532	22 674	0	0	32 552
Bureaux et services	22 366	5 255	19 575	23 123	33 033	29 660
Industrie, Ateliers	725	122	343	0	0	1 458
TOTAL	44 715	19 909	42 591	23 123	33 033	63 670

Standard: THPE	Chaleur			Froid		Electricité
	Chauffage	ECS	Puissance	Rafrâichissement	Puissance	Equipements
	[MWh/an]	[MWh/an]	[kW]	[MWh/an]	[kW]	[MWh/an]
Logements collectifs	16 218	14 532	19 494	0	0	29 297
Bureaux et services	16 775	5 255	15 581	23 123	33 033	26 694
Industrie, Ateliers	544	122	278	0	0	1 312
TOTAL	33 537	19 909	35 353	23 123	33 033	57 303

Tableau 5 : besoins relatifs aux constructions futures à l'horizon 2035 selon les standards HPE et THPE

A noter que nous considérons une amélioration approximative de 10% de l'efficacité électrique des appareils et équipements dans le scénario THPE par rapport au scénario HPE.

Les besoins additionnels de chaleur (scénario HPE) représentent une augmentation d'environ 20% par rapport aux besoins actuels sur la Commune, pour une augmentation de 36% de la SRE, tous types de bâtiments confondus. Tant que les standards HPE ou THPE sont respectés pour toute nouvelle construction, les enjeux énergétiques resteront dans la transition du bâti existant vers des niveaux de températures plus bas (assainissement de l'enveloppe) ou des nouveaux systèmes de production de chaleur (énergie renouvelable).

Le détail des besoins des constructions futures par sous-secteur statistiques est donné à l'Annexe 2 (Tableau 18 et Tableau 19).

5.7.2 Besoins futurs du tissu bâti existant (maintenu)

Les besoins du tissu bâti existant sont amenés à évoluer dans l'optique d'une meilleure efficacité énergétique, qui passe notamment par une meilleure isolation des bâtiments.

Selon une estimation sommaire, les économies possibles seraient les suivantes sur les bâtiments dont on connaît l'IDC ou la consommation à l'adresse, en considérant une réduction d'un facteur de 2 des consommations :

Seuil de rénovation (MJ/m ² /an)	Consommations économisées (GWh/an)
>400	124 GWh/an (47% des consommations de chaleur)
>500	40 GWh/an (15% des consommations de chaleur)
>600	23 GWh/an (9% des consommations de chaleur)

Tableau 6 : gisements d'économie potentiels sur les consommations thermiques

Une autre approche plus globale, consiste à considérer l'évolution des besoins selon un taux de rénovation énergétique plus ou moins ambitieux. Actuellement, le taux est d'environ de 0.5% en Suisse. Mais le Canton de Genève ambitionne de monter ce taux à 2%.

Sur cette base, les scénarios et hypothèses suivants sont considérés :

- Scénario conservateur : rénovation énergétique de 0.5%/an de l'enveloppe des bâtiments (SRE) selon un taux moyen couramment admis à Genève⁵.
- Scénario ambitieux : rénovation énergétique de 2%/an de l'enveloppe des bâtiments (SRE) selon les objectifs fixés par le Canton⁶.
- Réduction de 50% des besoins énergétiques de chauffage lors d'une intervention sur l'enveloppe.
- Besoins en ECS maintenus à des niveaux constants par rapport à la situation actuelle.
- La rénovation est envisagée seulement pour les bâtiments construits avant l'année 2000. L'évaluation des gains énergétiques de la rénovation ne tient donc pas compte des bâtiments qui ne seront pas rénovés avant 2035.
- Réduction des besoins électriques (appareils et équipements) de 10% dans le cas ambitieux.
- A noter que la rénovation des bâtiments inventoriés au patrimoine est possible, mais elle doit être faite avec précaution de sorte à préserver la qualité architecturale.
- Les bâtiments actuels situés sur l'emprise de périmètres de demande définitive (DD) de nouveaux bâtiments à construire sont considérés comme à détruire. Ainsi les besoins actuels de ces bâtiments (près de 5 GWh/an de chaleur) ne sont pas pris en compte dans la projection.

L'horizon temporel est fixé à 18 ans, ce qui implique une rénovation de 9% du parc bâti dans le cadre du scénario conservateur, et de 36% du parc bâti dans le cadre du scénario ambitieux (en se fondant sur les valeurs de besoins et de consommations de 2017).

Le détail des besoins futurs par sous-secteur statistiques est donné selon les deux scénarios dans les tableaux (Tableau 20 et Tableau 21) à l'Annexe 2. Dans chaque tableau, il est également mis en évidence l'évolution des besoins de chaleur entre les situations existantes et futures. Ces tableaux mettent en évidence les réductions plus ou moins fortes en besoin de chaleur. Il convient de noter que cette réduction concerne uniquement le chauffage et l'isolation de l'enveloppe des bâtiments administratifs de Givaudan (secteur Canada) et non pas le process industriel.

Le Tableau 7 ci-dessous synthétise les gains énergétiques liés à la rénovation et la destruction des bâtiments (situés sur les périmètres de construction) entre les scénarios et la situation actuelle et entre les deux scénarios :

Gains énergétiques du renouvellement (rénovation + destruction)		
	Ratio	Gains (GWh/an)
Rénovation faible / actuel	4.0%	12.8
Rénovation forte / actuel	11.5%	36.8
Rénovation forte / faible	7.8%	24.0

Tableau 7 : gains énergétiques liés à la rénovation

⁵ Ce taux serait même de l'ordre de 1% en moyenne entre 2011 et 2012 suite à l'entrée en vigueur de la LEn, tel qu'exposé dans la thèse de Jad Khoury (p. 125), en considérant la rénovation d'au moins deux éléments de l'enveloppe.

KHOURY, Jad. Rénovation énergétique des bâtiments résidentiels collectifs : état des lieux, retours d'expérience et potentiels du parc genevois. Université de Genève. Thèse, 2014.

⁶ Loi Genevoise sur l'Energie (L 2 30) et directive d'application de cette loi (L 2 30.01), Etat de Genève, https://www.ge.ch/legislation/rsg/f/s/rsg_l2_30.html et https://www.ge.ch/legislation/rsg/f/s/rsg_L2_30P01.html

Un scénario de rénovation forte (2%/an) permet ainsi en 18 ans une économie substantielle d'énergie de 11.5%, soit relativement similaire à une rénovation des bâtiments dont l'IDC est supérieur à 600 MJ/m²/an (-9%), tel que présenté au Tableau 8. Les gains énergétiques correspondants sont ainsi importants : -36.8 GWh en chaleur et environ -18 GWh en électricité. Toutefois, pour la chaleur, il pourrait être envisagé d'atteindre sur 18 ans davantage d'économies non seulement en isolant mieux l'enveloppe des bâtiments, mais aussi en optimisant les systèmes de chauffage.

Les surfaces correspondantes à rénover sont données dans le tableau suivant :

SRE à rénover	Scénarios	
	Conservateur	Ambitieux
Total sur 18 ans	221 196	884 784
SRE à rénover / année	14 746	58 986

Tableau 8: Résumé des surfaces à rénover selon les deux scénarios de rénovation

5.7.3 Besoins futurs totaux de la Commune

En cumulant les valeurs de besoins futurs sur le tissu bâti existant en transformation et les constructions neuves, les besoins totaux futurs sont calculés par sous-secteur statistique.

Les deux scénarios sont caractérisés de la façon suivante :

- Scénario conservateur : taux de rénovation de 0.5%/an sur le tissu bâti existant (non protégé par le patrimoine) et HPE pour les nouvelles constructions.
- Scénario ambitieux : taux de rénovation de 2%/an sur le tissu bâti existant (non protégé par le patrimoine et hors ZI), THPE pour les nouvelles constructions, amélioration de l'efficacité électrique (appareils et technique du bâtiment) de 10% sur le neuf et l'existant.

Le détail des besoins futurs et l'évolution par rapport aux besoins actuels (chaleur) est donné en Annexe 2 (Tableau 22 et Tableau 23).

La carte ci-dessous illustre l'évolution des besoins totaux (chaleur + froid + électricité) par sous-secteur statistique.

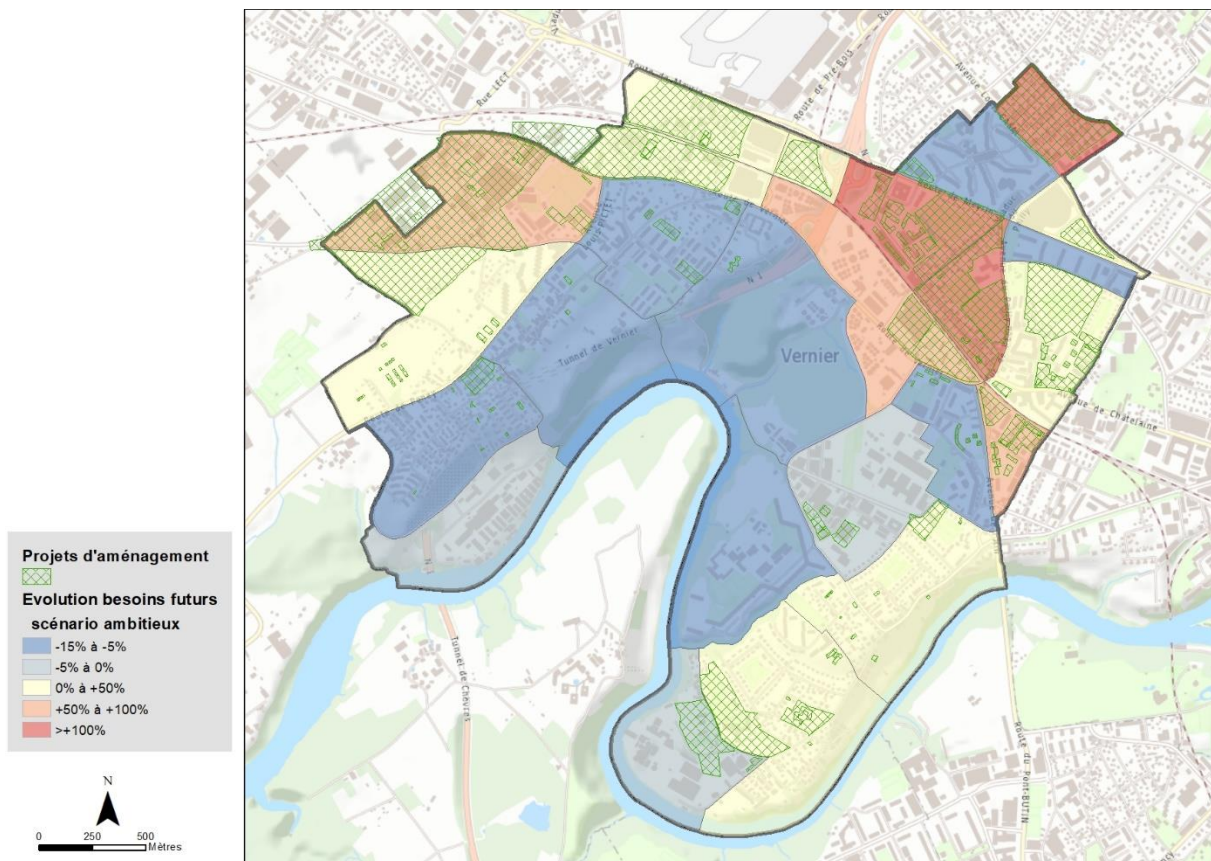


Figure 26 : évolution des besoins totaux (thermie + électricité) à l'horizon 15 ans selon le scénario ambitieux (incluant économies d'énergie sur le bâti existant et constructions neuves)

L'augmentation des besoins est logiquement significative dans les sous-secteurs où des projets d'aménagement d'envergure sont prévus, en particulier en lien avec les projets de Concorde et route de Vernier/CFF, Etang, densification de la zone villa à Cointrin, dans une moindre mesure dans la ZIMEYSAVER. L'évolution tend à la baisse au contraire dans les secteurs de grands ensembles bâtis sans perspective de développement, étant donné le fort potentiel de rénovation : Le Lignon (rénovation en cours), Les Avanchets, Balexert-Crozet en particulier.

Le graphique suivant donne une vision agrégée des besoins futurs par poste de consommation (chaleur, électricité, froid) selon la situation actuelle et les 2 scénarios.

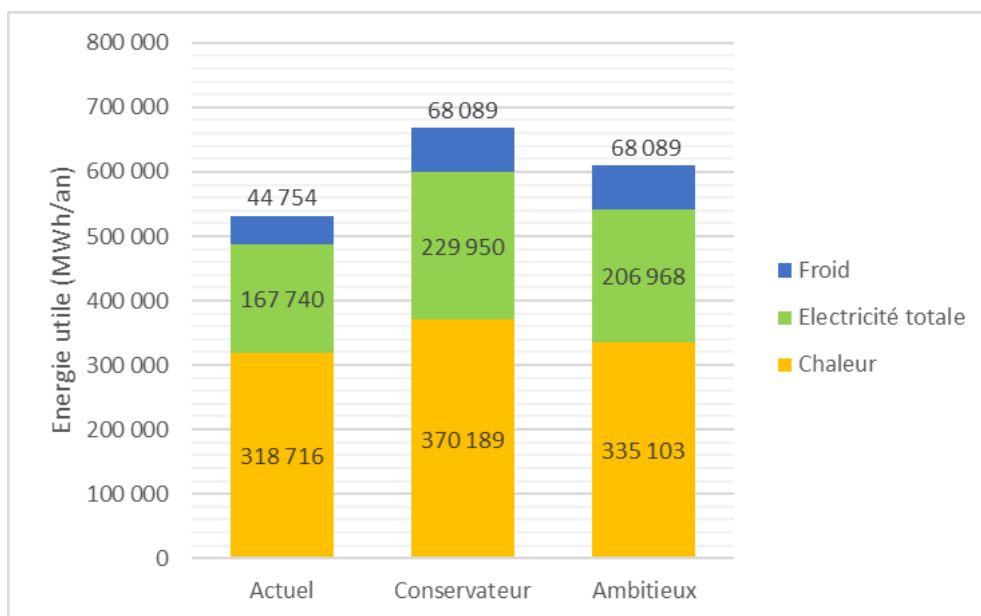


Figure 27 : synthèse des besoins futurs totaux par poste de consommation, selon la situation actuelle et les deux scénarios

Globalement, les besoins énergétiques vont sensiblement augmenter quel que soit le scénario étant donné les projets de développement importants prévus à terme : +16% en chaleur pour le scénario conservateur, +5% pour le scénario ambitieux ; +26%, respectivement +15% en considérant les besoins énergétiques totaux.

Ces besoins additionnels ne pourront pas être compensés par une amélioration de l'efficacité énergétique sur l'enveloppe et sur les appareils électriques. Néanmoins, le scénario ambitieux permet d'atténuer cette augmentation des besoins.

5.8 Synthèse et conclusion

Le bilan énergétique montre globalement que le parc bâti sur le territoire de la Ville est moyennement performant (indice de consommation thermique moyen de 423 MJ/m²/an en divisant toutes les consommations connues – IDC et consommations de gaz à l'adresse / SIG – par la SRE), et donc un gisement d'économie d'énergie important existe. En planifiant une rénovation de 2% de la SRE /an de l'enveloppe du parc bâti actuel (construit avant 2000) sur 18 ans (selon les objectifs ambitieux du Canton) entre 2017 (année de référence) et 2035, des économies d'énergie pourraient atteindre 11.5% (soit 36 GWh/an au total) ce qui est significatif ; mais en optimisant les installations de chauffage, on pourrait s'attendre à davantage. De même, prévoyant l'augmentation des PAC et de la mobilité électrique, il s'agira aussi d'améliorer l'efficacité énergétique des appareils électriques, pour stabiliser la consommation électrique, voire la diminuer.

A travers les nombreux projets de développement prévus, les besoins et consommations vont augmenter en absolu. Des standards ambitieux appliqués aux constructions neuves, et les mesures d'économie d'énergie décrites ci-dessus permettront toutefois de limiter cette augmentation.

Par ailleurs, grâce à la forte pénétration des réseaux CAD (en particulier le CAD SIG), la part en énergie fossile est relativement limitée par rapport à la moyenne genevoise, même si elle reste importante. Les projets énergétiques décrits à la Section 4.4 permettront d'augmenter à termes sensiblement la part renouvelable. Cela sera approfondi au chapitre suivant.

Cette transition énergétique, que ce soit à travers l'efficacité ou l'approvisionnement avec des énergies renouvelables, est non seulement du ressort des contracteurs énergétiques des réseaux, mais aussi des privés et particuliers qui doivent faire le choix de cette transition pour leur propre bien immobilier, soutenu par les aides et subventions qui existent (Chaleur renouvelables des SIG, Programme bâtiments du Canton et de la Confédération).

6 Analyse du potentiel des ressources énergétiques locales

Les sections ci-dessous présentent une analyse systématique des filières présentant un potentiel, même incertain, pour le territoire de Vernier.

6.1 Géothermie basse profondeur

6.1.1 Contexte et contraintes actuelles

La géothermie basse profondeur peut être valorisée de deux manières : à travers des sondes géothermiques dans la roche souterraine, ou le puisage dans la nappe phréatique si celle-ci est présente dans la commune étudiée, offre des capacités de pompage suffisantes, et n'est pas protégée (captage d'eau potable).

La géothermie basse profondeur est particulièrement adaptée dans les secteurs d'activités, permettant d'alimenter à la fois les besoins de chaleur et de froid.

La Ville ne se situe pas sur la zone d'interdiction des sondes, autrement dit sur la nappe profonde du Genevois utilisée pour l'approvisionnement en eau potable (seulement des faibles parties en bordure communale).

En revanche, le rapport du CET ZIMEYSAVER [CET 2014-15] relève que, sur une partie de ce secteur industriel, se superposent deux nappes : la nappe superficielle du Nant d'Avril et la nappe principale du Montfleury. Ainsi, l'implantation de sondes géothermiques dans cette zone de superposition risque de conduire à des interconnexions entre les deux nappes (ainsi une pollution de la nappe du Nant d'Avril conduirait à la pollution de la nappe de Montfleury). Ce phénomène est en effet observé sur les sondes déjà installées dans cette zone. Cela ne conduit pas nécessairement à annuler le potentiel de sondes géothermiques, mais à le contraindre fortement, nécessitant des études plus approfondies pour toute demande d'implantation. Ainsi sur la carte de synthèse concernant le potentiel géothermique du CET 2014-15 (Figure 28), cette zone de superposition avec peu ou pas de potentiel géothermique (sonde et nappe) est désignée en blanc. Cela concerne à Vernier particulièrement le secteur ZIMEYSA – Moulrières.

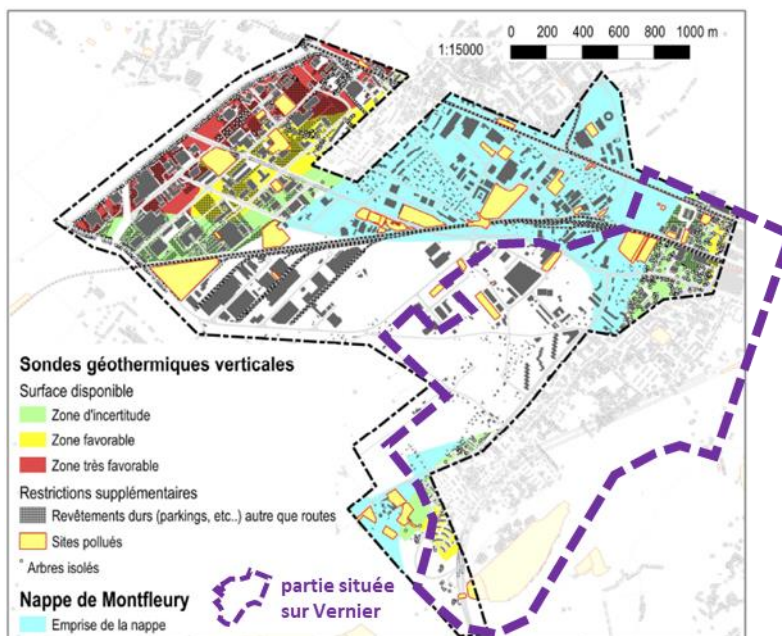


Figure 28 : Zones d'exploitation de la géothermie et de la nappe de Montfleury dans le secteur (source : CET-2014-15, BG)

La carte ci-dessous superpose différentes informations pouvant être utiles en vue d'identifier les zones potentielles d'installation de sondes géothermiques :

- Les zones non obstruées en surface (absence de constructions et routes) et en sous-sol (absence de canalisations souterraines) pouvant accueillir en l'état actuel des champs de sondes.
- Les projets d'aménagement (rendant le terrain à nouveau disponible pour des champs de sondes).
- Les bâtiments récents construits après 1995 et rendus adéquats au chauffage basse ou moyenne température.
- Les sites pollués pouvant avoir un effet limitatif selon la nature et le niveau de pollution.
- La zone de superposition entre les nappes de Montfleury et de Nant d'Avril, ayant un effet contraignant comme discuté ci-dessus.
- Les zones villas (Zone 5) privilégiant des sondes individuelles par bâtiment.
- Les sondes déjà installées actuellement.

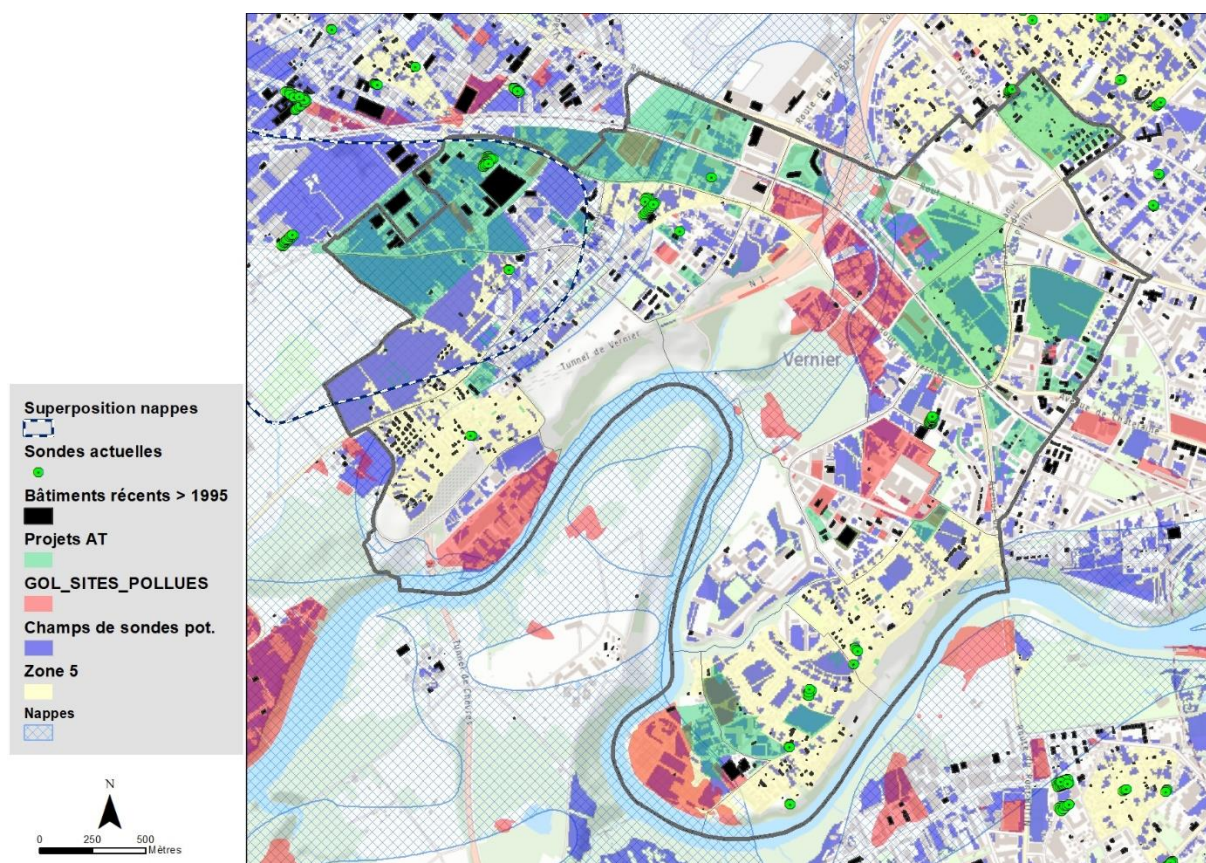


Figure 29 : carte de synthèse de la filière géothermique (sondes et nappe).

6.1.2 Evaluation du potentiel géothermique faible profondeur (sondes)

Comme développé plus haut, la Ville de Vernier connaîtra à moyen et long terme un développement important de son territoire. Dans certains cas, des périmètres d'aménagement permettront aux terrains d'être à nouveau disponibles pour des champs de sondes géothermiques, à travers des opérations de démolition/reconstruction ou d'assainissement de sols pollués. Il est difficile à un niveau global d'évaluer les surfaces de terrain supplémentaires disponibles, cela pouvant être évalué de cas en cas localement.

La carte ci-dessus indique les zones (en bleu foncé) où des champs de sondes pourraient être installés potentiellement.

Un potentiel théorique énergétique pourrait être déduit à ce stade à partir de ces zones, en excluant toutefois les zones situées sur les sites pollués (en rouge) et la zone de superposition des deux nappes (Monfleury et Nant d'Avril) ; la solution de puisage sur la nappe est à privilégier dans ce secteur.

Le potentiel théorique global est le suivant :

- Chaleur : 101 GWh/an Couverture de 27% des besoins futurs – 2035
- Froid : 47 GWh/an Couverture de 69% des besoins futurs – 2035

Le détail du potentiel par sous-secteur statistique est donné en Annexe 3 (Tableau 24).

Conclusions

La géothermie, à travers des champs de sondes pour les secteurs d'activités et de logements collectifs, ou des sondes individuelles par villa, constitue l'un des leviers importants pour augmenter sensiblement la part d'énergie renouvelable dans la production de chaleur, en particulier dans le cadre des nouvelles constructions, du changement de systèmes des bâtiments récents et rénovés. Cette filière est particulièrement intéressante pour les bâtiments nécessitant également des besoins de froid confort. En cas de besoins de chaud uniquement, des systèmes de recharge du terrain doivent être prévus, à travers le geocooling⁷ des appartements et l'énergie solaire notamment.

Comme indiqué dans le tableau ci-dessus, il en résulte un potentiel globalement pouvant couvrir 28% des besoins de puissance totaux de chaleur sur la Ville, ce qui est significatif, et 47% des besoins de puissance de froid.

Il convient de noter enfin que les PAC air-eau peuvent constituer une alternative possible aux PAC sur sonde, surtout dans le cas de parc de logements, lorsqu'il n'est pas possible de recharger suffisamment le sous-sol.

6.1.3 Puisage dans la nappe phréatique

Les nappes phréatiques constituent des vecteurs énergétiques très intéressants, permettant d'approvisionner les besoins de chaleur (basse température) par l'intermédiaire de PAC avec des bons coefficients de performance (COP) et de froid, les températures étant constantes toute l'année (environ 12-15 °C). L'infrastructure est relativement simple, par rapport aux sondes géothermiques, ne nécessitant qu'un nombre limité de puisages (généralement à basse profondeur < 50 m). La ressource peut être ensuite distribuée via un réseau alimentant les PAC individuelles et échangeurs pour les besoins de froid.

La Ville de Vernier est traversée par plusieurs nappes : Monfleury, Nant d'Avril et Rhône ; celle de Monfleury en particulier offre le potentiel le plus important.

Afin d'évaluer le potentiel thermique des nappes, celles-ci ont été découpées par sous-secteur statistique. La puissance totale pour la chaleur (au condenseur des PAC) et le froid peut ensuite être calculée par sous-secteur en multipliant le potentiel unitaire par la surface totale de la nappe dans le sous-secteur.

⁷ La recharge du terrain peut s'avérer nécessaire pour un champ de sondes afin d'éviter que le soutirage de chaleur par les sondes ne refroidisse le sol. En hiver, lorsqu'un bâtiment est chauffé avec des sondes géothermiques, la chaleur du sous-sol est transférée à l'intérieur du bâtiment. La température du sous-sol chute donc localement autour des sondes géothermiques, ce qui peut diminuer le rendement de ce type d'installation sur le long terme. Pour éviter ceci, l'on peut « recharger » le sous-sol – ce qui équivaut à le réchauffer. A cet effet, l'on utilise par exemple la chaleur accumulée par le bâtiment, en été, ou l'énergie du soleil (grâce à des panneaux solaires). Cette chaleur est donc transférée via les sondes dans le sous-sol, qui joue le rôle de stockage thermique.

Le potentiel théorique global est le suivant :

- Chaleur : 6 GWh/an Couverture de 2.7% des besoins futurs – 2035
- Froid : 4.7 GWh/an Couverture de 7% des besoins futurs – 2035

Le détail du potentiel par sous-secteur statistique est donné en Annexe 3 (Tableau 25).

Conclusions

Cette filière offre localement un potentiel significatif, en particulier pour satisfaire les besoins de froid, et dans le secteur industriel de la ZIMEYSAVER où se situe la nappe du Monfleury. Des études sont en cours, dans le cadre du programme Géothermie2020 pour exploiter au mieux cette nappe dans le secteur.

L'augmentation de la température de l'eau d'un aquifère avec des PAC, bien qu'elle engendre des consommations d'électricité, reste une solution dont le bilan environnemental est avantageux comparé aux énergies fossiles, d'autant plus que le couplage des PAC avec des productions d'électricité photovoltaïques locales sont réalisées et que le solde de l'électricité achetée est d'origine renouvelable certifiée.

6.2 Géothermie moyenne et grande profondeur

Comme discuté à la Section 4.4.8, la géothermie moyenne profondeur pourrait desservir une partie de la zone industrielle située sur Vernier (sous-secteur statistique de Mouille-Galand en particulier).

Sur la base du forage test à Satigny, il pourrait ainsi être attendu qu'un autre forage de ce type desserve ce sous-secteur, pour potentiel estimé à 15 GWh/an. Les conclusions à venir des études menées dans Géothermie2020 permettront d'apporter plus de précision.

6.3 Energie solaire

6.3.1 Installations actuelles

L'évolution de installations solaires PV est donnée dans le tableau ci-dessous pour Vernier au niveau global et détaillée pour les principaux secteurs (source : SIG, février 2019).

Commune et Secteurs	Puissance totale des installations PV [kWc]							
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Vernier global	1 613	2 228	2 353	2 378	3 271	3 318	3 454	3 625
Aïre	34	38	51	71	98	111	115	115
Châtelaine	275	278	278	278	368	368	379	379
Les Avanchets	49	49	49	49	49	389	389	389
Le lignon	944	1 433	1 453	1 453	1 456	1 456	1 456	1 688

Tableau 9: Evolution des installations solaires PV entre 2011 et 2018

Nous voyons ainsi qu'entre 2011 et 2018 la puissance totale installée a plus que doublé.

6.3.2 Potentiel actuel

L'énergie solaire peut être valorisée de deux manières différentes : pour générer de la chaleur (panneaux solaires thermiques), ou pour générer de l'électricité (panneaux photovoltaïques). L'émergence des **panneaux solaires hybrides** offre une solution permettant de s'affranchir du problème de concurrence entre solaire thermique et PV. Ils produisent simultanément les deux types d'énergie, même si le rendement thermique est moindre que celui d'un système séparé (baisse du rendement d'un facteur 1.5 à 2 par rapport à un capteur solaire thermique standard selon le fabricant Dualsun), limitant la technologie au préchauffage seul de l'ECS. Le rendement électrique est en revanche meilleur, car le circuit d'eau permet d'abaisser la température du capteur (rendement augmenté de 2 à 3%, selon les constructeurs, par rapport à un capteur PV conventionnel). De même, la partie thermique peut très bien se combiner aux pompes à chaleur.

L'analyse du potentiel solaire sur les sections de toiture est issue du cadastre solaire réalisé sur le territoire du Canton de Genève (mis à jour fin 2016) et disponible sur le portail Energie du SITG. Elle prend en compte la pente et l'orientation des toits ainsi que les ombrages dus à l'environnement des toits (superstructures, végétation).

Le potentiel PV tient compte d'une valorisation maximale des toitures. En outre, il peut être attendu que, sur les bâtiments de logement, une partie de toiture soit valorisée par le solaire thermique (ECS) et la partie restante par le solaire PV. Il est également analysé la part de potentiel affectée à des bâtiments protégés par le patrimoine (classés ou à l'inventaire). Cette part est faible : 15% de la production solaire thermique et 3 % de la production solaire PV.

En résumé, le potentiel solaire actuel sur le bâti existant permettrait de couvrir au total plus de 45% des besoins en eau chaude sanitaire ; ainsi que presque 30% des besoins électriques des bâtiments, ce qui est significatif :

- Chaleur : 17.2 GWh/an Couverture de 46% des besoins actuels ECS - 2016
- Electricité : 47.4 GWh/an Couverture de 28% des besoins actuels – 2016

Le détail du potentiel actuel par sous-secteur statistique est donné en Annexe 3 (Tableau 26), spécifiant la part de potentiel situé sur des bâtiments protégés au patrimoine. En se basant sur le Tableau 9, environ 8% potentiel solaire PV a été mobilisé jusqu'à présent.

La carte ci-dessous (Figure 30) synthétise le potentiel solaire sur la Ville au niveau du solaire PV : les niveaux de potentiel des toitures (mettant en évidence en bleu foncé les hauts potentiels > 100 kW), le taux de couverture des besoins par sous-secteur (selon la dernière colonne du Tableau 17). A titre d'information, les parcelles communales bâties sont indiquées (où des installations pourraient être privilégiées à titre d'exemplarité), ainsi que les bâtiments protégés au patrimoine.

Nous voyons ainsi que les toitures à haut potentiel concernent essentiellement les bâtiments d'activités dans les secteurs industriels, et dans une moindre mesure les équipements publics comme les écoles. La protection patrimoniale concerne surtout les bâtiments historiques dans Vernier-Village. A noter que le Lignon fait l'objet d'un plan de site, ce qui ne s'oppose pas à des installations solaires, mais celles-ci doivent faire l'objet de précaution particulière.

Cette analyse de potentiel ne tient pas compte des toitures déjà mobilisées par les installations solaires existantes dont l'emplacement n'est pas connu précisément.

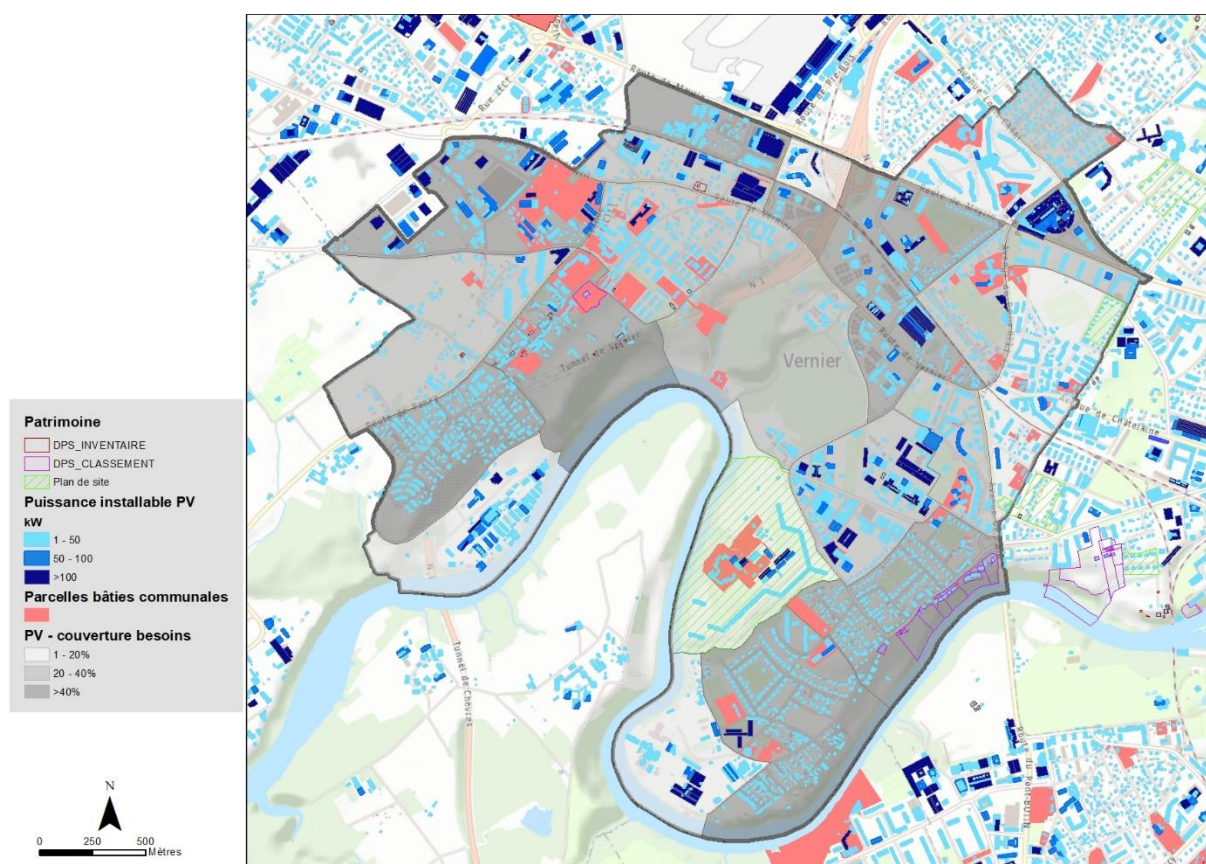


Figure 30 : potentiel solaire sur le tissu bâti actuel, taux de couverture des besoins par sous-secteur statistique

6.3.3 Potentiel solaire – situation future

Le potentiel solaire futur est principalement déterminé par l'évolution du tissu bâti à travers les projets de développement.

Les potentiels solaires thermiques et PV sont calculés selon les hypothèses :

1. Solaire thermique : Couverture de 30% des besoins estimés d'ECS au sens de la loi sur l'énergie, ou de 60%, selon une approche plus ambitieuse.
2. Solaire PV : évaluation des surfaces installables de panneau à partir d'une estimation des surfaces des futures toitures (SBP / 5 en prenant comme hypothèse un nombre de moyen de 5 niveaux), incluant une déduction des toitures déjà mobilisées par le solaire thermique.
3. Solaire hybride : valorisation de la totalité des toitures utiles, rendement de 250 kWh/m²/an pour la partie thermique (couplage avec PAC ou chaudière pour l'ECS et le chauffage).

Les valeurs de potentiel solaire sur les constructions futures sont présentées dans le tableau ci-dessous. Nous voyons ainsi que les surfaces estimées de toiture à construire pourraient couvrir jusqu'à 42% des besoins électriques et 60% des besoins de chaleur avec des panneaux solaires hybrides combinés à des pompes à chaleur.

	Chaleur	Electricité		Couverture	Couverture	Panneaux	Toiture
	[MWh/an]	[MWh/an]	[kW]	électricité	chaleur HPE	[m ²]	[m ²]
Photovoltaïque (total)	-	21 305	20 676	34%	-	121 626	173 751
Solaire thermique (30% ECS)	11 322	-	-	-	18%	20 481	45 512
Solaire thermique (60% ECS)	15 096	-	-	-	23%	40 961	91 024
Solaire hybride	38 371	26 886	26 092	42%	60%	153 484	219 264

Tableau 10 : potentiel solaire thermique, PV et hybride sur les futures constructions

Potentiel solaire futur global

Approche classique : solaire thermique et PV

Le tableau suivant détaille le solaire futur total par sous-secteur, tenant compte des nouvelles constructions. Le potentiel de couverture de 30% des besoins d'ECS par le solaire thermique sur les nouvelles constructions est pris en compte.

Les taux globaux de couverture des besoins sont similaires à ceux de la situation actuelle à savoir : près de 50% des besoins en ECS et 30% des besoins électriques :

- Chaleur : 28.6 GWh/an Couverture de 50% des besoins futurs ECS - 2035
- Electricité : 69 GWh/an Couverture de 30% des besoins actuels – 2035

Le détail du potentiel actuel par sous-secteur statistique est donné en Annexe 3 (Tableau 27), spécifiant la part de potentiel situé sur des bâtiments protégés au patrimoine.

Solaire hybride

La solution hybride est très prometteuse. Si sur le plan thermique, le rendement est certes moindre qu'un panneau vitré normal, la surface d'une installation hybride est dimensionnée pour l'approvisionnement électrique et donc plus grande que celle d'une installation thermique normale (limitée à la couverture des besoins d'ECS). Ainsi au final, la production thermique, sur des surfaces plus grandes, est plus importante. Généralement la part thermique se combine soit avec une pompe à chaleur (dans le cas de planchers chauffants et donc de bâtiments bien isolés) ou avec une chaudière (gaz ou pellets).

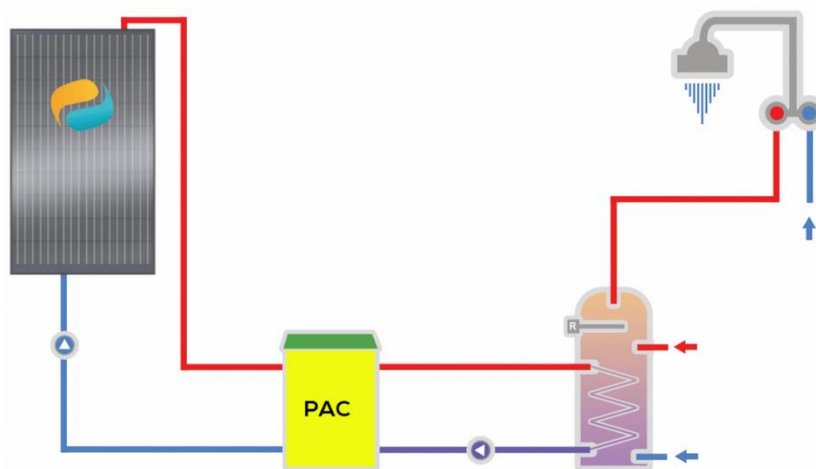


Figure 31 : schéma de principe d'une combinaison solaire hybride et PAC pour alimenter le boiler⁸

Le Tableau 27 à l'Annexe 4 donne le potentiel solaire combiné thermique et PV à travers l'installation de la totalité des surfaces de toiture bien irradiées par le solaire hybride. La production thermique se base sur une hypothèse de rendement de 200 kWh/an par m² de panneau (nécessitant en principe un complément par les PAC ou chaudières comme discuté ci-dessus permettant d'augmenter le rendement, le cas échéant à près de 1'000 kWh/m²/an). La couverture des besoins est confrontée cette fois-ci aux besoins de chaleur totaux (et non pas uniquement d'ECS).

⁸ Source : <https://dualsun.com/fr/produit/performances-solaires/>

Etant donné qu'il n'y a plus de surface de toiture uniquement dédiée à la production solaire d'ECS, la production électrique est augmentée par rapport à la situation classique (couverture potentielle de 34% des besoins). La part thermique permettrait de produire jusqu'à 120 GWh/an soit environ 30% des besoins totaux de la Ville.

- Chaleur : 96.6 GWh/an Couverture de 26% des besoins futurs - 2035
- Electricité : 79 GWh/an Couverture de 34% des besoins actuels – 2035

Le détail du potentiel actuel par sous-secteur statistique est donné en Annexe 3 (Tableau 28), spécifiant la part de potentiel situé sur des bâtiments protégés au patrimoine.

Conclusions

L'énergie solaire est une ressource renouvelable locale offrant un potentiel important dans la commune et permettant de couvrir une part non négligeable des besoins (jusqu'à 50% des besoins d'ECS et 30% des besoins électriques). Mais il s'agira dans l'avenir de dépasser le clivage solaire thermique et PV en promouvant le solaire hybride produisant à la fois de l'électricité et fournissant une source relativement chaude aux pompes à chaleur pour le chauffage et l'ECS. Le couplage solaire PV et pompe à chaleur (la part thermique des panneaux hybrides constituant la source froide des PAC) est à favoriser pour optimiser notamment l'autoconsommation de l'électricité produite. Les potentiels solaires indiqués dans ce chapitre sont certes peu réalistes, impliquant l'installation de la totalité des toitures bien irradiées. Si la solution hybride est prometteuse, elle reste aussi encore onéreuse. Mais les valeurs indiquées (comme les autres potentiels dans ce chapitre sur les gisements) indiquent les marges de manœuvre possibles.

6.4 Hydrothermie (eaux de surface)

Cette filière concerne sur Vernier deux types de ressource : l'eau du lac qui est transportée par le réseau GeniLac® et l'eau du Rhône qui refroidit notamment les installations de Givaudan.

6.4.1 GeniLac®

Comme discuté à la Section 4.4.3, il est planifié de desservir avec GeniLac® trois secteurs de Vernier :

- Projet de construction au chemin de l'Etang : selon le CET 2014-05⁹, GeniLac® constitue l'une des variantes pour alimenter les besoins de froid du site (évalués à 4 GWh/an).
- Blandonnet : secteur d'activités tertiaires et centre commercial.
- Balexert : centre commercial.

Il s'agira de préciser ultérieurement si GeniLac® viendra approvisionner uniquement les besoins de froid de ces ensembles, ou également les besoins de chaleur via des PAC.

6.4.2 Rhône

Le Rhône permet de refroidir les installations de Givaudan pour une puissance d'environ 3.5 MW (cf. Section 4.4.2), correspondant à environ 21 GWh/an de froid (estimation basée sur un fonctionnement durant 6'000 heures). D'autres valorisations de l'eau du Rhône ne sont pas prévues pour le moment.

6.4.3 Evaluation du potentiel

L'évaluation du potentiel est présentée ci-dessous par sous-secteur statistique. Elle est faite d'une part en se basant sur les trois projets de connexion à GeniLac® décrites ci-dessus, avec pour hypothèse, à

⁹ PLQ Quartier de l'Etang. CET, 15.11.2013, EDMS.

ce stade, de valoriser la ressource aussi bien pour les besoins de chaleur que froid (à préciser ultérieurement). Le potentiel est déterminé en fonction des besoins actuels de Blandonnet (bureaux et centre commercial), Balexert et des besoins prévus pour le projet Etang (en y ajoutant la chaleur avec un COP de 4). D'autre part, le potentiel de la ressource Rhône correspondant à son utilisation effective pour le refroidissement de Givaudan.

	Ressource	Chaleur		Couverture besoins		Froid		Couverture besoins	
		Energie	Puissance	Energie	Puissance	Energie	Puissance	Energie	Puissance
		[MWh/an]	[kW]	%	%	[MWh/an]	[kW]	%	%
Champs-Prévoist	GeniLac®	594	496	7.3%	8.4%	1 100	1 100	27.9%	22.9%
Etang-des-Tritons	GeniLac®	5 333	3 137	32.6%	29.5%	4 000	4 000	81.2%	58.8%
Le Canada	Rhône	0	0	0.0%	0.0%	21 000	3 500	100.0%	100.0%
Balexert-centre	GeniLac®	6 400	5 300	72.3%	74.3%	3 900	3 900	66.0%	59.0%
Blandonnet	GeniLac®	5 400	3 800	82.2%	85.8%	4 100	4 100	82.5%	77.1%
Total		17 727	12 733	4.8%	5.8%	34 100	16 600	50.1%	27.4%

Tableau 11 : potentiel relatif à la valorisation des eaux de surface (Rhône et Lac)

Conclusions

Le potentiel de l'eau du Rhône est déjà exploité pour refroidir les installations de Givaudan. Il n'y a pas de perspectives en cours pour utiliser cette ressource ailleurs ; cependant, étant quasi illimitée, il ne s'agit pas de l'exclure. GeniLac® constitue une perspective très intéressante pour substituer à termes les groupes de froid très importants sur les principaux tertiaires et commerciaux de la Ville, voire de contribuer à leur chauffage (attention toutefois à la concurrence avec le CAD SIG qui dessert actuellement une bonne partie de ces bâtiments).

6.5 Rejets

Les différents types de rejet thermique peuvent être considérés :

- **Rejets industriels** : en particulier ceux de Givaudan.
- **Rejets liés aux groupes de froid** : en considérant la couche spatiale des climatisations, fournie par l'OCEN, les principaux groupes de froid concernent les complexes commerciaux et tertiaires de Blandonnet et Balexert. Dans la ZIMEYSAVER, les groupes de froid se situent surtout dans les communes de Meyrin et Satigny, mais très peu à Vernier.
- **Eaux usées** : Vernier est traversée par la conduite primaire acheminant les eaux usées jusqu'à la station d'épuration (STEP) d'Aire dont la capacité de traitement est de 600'000 équivalent habitants. Cette ressource peut être valorisée d'une part en amont de la STEP à travers des échangeurs sur les conduites ; ainsi le CET du projet de l'Etang (CET 2014-05) prévoyait d'approvisionner une partie des besoins de chaleur (1.1 GWh) avec cette ressource. D'autre part, la valorisation peut avoir lieu sur les effluents de la STEP. C'est ce qui est prévu en principe par les SIG, pour alimenter le futur CAD Rive Gauche en direction de Bernex. Le site de Givaudan possède également une STEP.

Le tableau ci-dessous fait la synthèse du potentiel des rejets, en ne considérant que les rejets de Givaudan (industrie + STEP) selon le potentiel évalué à la Section 4.4.2, et ceux de la STEP d'Aire. Les principaux groupes de froid actuels seront en principe remplacés par GeniLac® et ne sont donc pas considérés dans le potentiel.

	Rejets			
	Chaleur		Couverture besoins	
	Energie	Puissance	Energie	Puissance
	[MWh/an]	[kW]	%	%
Ch. de la Verseuse	37 156	18 578	551%	312%
Le Canada	10 000	5 000	17%	52%
Total	47 156	23 578	12%	11%

Tableau 12: Potentiel thermique des rejets de chaleur

Conclusions

Les rejets sont très importants sur la Ville. Ceux de Givaudan (incluant la STEP) permettront d'approvisionner les bâtiments situés à proximité, en particulier le secteur des villas, une partie des besoins des industries, la ZITUIL (Satigny) en particulier et au-delà (ZIMEYSAYER). Des mesures conservatoires devront être planifiées dans le cas des travaux prévus sur le réseau routier. Les rejets de la STEP d'Aire seront exportés hors de la Ville (CAD Rive Gauche), et ce potentiel ne concernera donc en principe pas la Ville.

6.6 Biomasse

La filière de la biomasse s'inscrit à un niveau cantonal voire régional (Grand Genève). En effet, en ce qui concerne le bois issu de l'entretien des forêts, celui-ci est acheminé et traité dans différents centres comme Nant-de-Châtillon, Versoix, Jussy. Quant à la valorisation par méthanisation ou gazéification, celle-ci n'est actuellement maîtrisée que dans des installations de grande échelle (actuellement à Nant-de-Châtillon) et doit être réfléchi à échelle du Canton de Genève dans son ensemble. Le potentiel énergétique de la biomasse à Genève et dans l'agglomération a été étudié dans le cadre de la thèse VIRAGE¹⁰. Il s'avère que le potentiel au niveau du bois est déjà largement exploité sur le canton de Genève, et que l'approvisionnement en bois-énergie sur le canton passe nécessairement par l'échelle du Grand Genève.

Malgré les limitations du potentiel sur le Canton, et sachant que l'organisation de la filière au niveau régional permet une proximité acceptable des gisements de bois aux lieux de consommation, cette ressource doit pouvoir être considérée sur la commune. Il s'agit notamment du réseau CAD communal des Ranches qui va s'étendre durant les prochaines années.

Si la filière traite d'une échelle extra-communale, il est intéressant d'évaluer la contribution de Vernier à cette filière en se basant sur sa surface forestière. Les données et résultats sont les suivants :

- Surface forestière de Vernier (selon l'Office fédérale de la statistique) : 75 ha.
- Bois énergie exploitable selon un accroissement annuel moyen de la forêt : 6 m³/ha/an.
- Quantité de bois récolté par an : 450 m³/an.
- Énergie annuelle potentiellement produite (pellets issus de feuillus) : 1'316 MWh/an.

Conclusions

La surface forestière est relativement importante à Vernier (se concentrant sur le Bois-des-Frères en particulier). Cependant, il en résulte un potentiel thermique de 1.3 GWh/an qui est certes significatif, mais ne peut couvrir qu'une partie des besoins actuels du CAD des Ranches (2.5 GWh/an). Le potentiel local de la filière est ainsi limité.

7 Synthèse de l'état des lieux et vision directrice

7.1 Potentiel global

Le tableau et les graphes suivants résument le potentiel global des gisements locaux analysés par sous-secteur statistique dans les chapitres précédents. Le bilan distingue les différents postes de consommation : chaleur, électricité et froid et évalue le niveau de couverture des besoins (selon les deux scénarios d'efficacité énergétique – conservateur et ambitieux pour la chaleur, et scénario ambitieux uniquement pour l'électricité).

Globalement, le potentiel total en ressources renouvelables locales est le suivant :

¹⁰ FAESSLER, Jérôme. Valorisation intensive des énergies renouvelables dans l'agglomération franco-valdo-genevoise (Virage) dans une perspective de société à 2000W. Université de Genève, thèse, 2011

- Chaleur :	250.7 GWh/an	Couverture de 68% des besoins futurs – 2035, selon le scénario <i>conservateur</i> et 75% selon le scénario <i>ambitieux</i>
- Froid :	85.6 GWh/an	Couverture de 126% des besoins futurs – 2035
- Electricité	77.2 GWh/an	Couverture de 37% des besoins futurs – 2035 selon le scénario <i>ambitieux</i>

Le détail du potentiel par sous-secteur statistique est donné en Annexe 3 (Tableau 29).

Observations :

- **Chaleur** : une très grande partie des besoins de chaleur pourrait potentiellement être couverte par les ressources renouvelables locales (jusqu'à 75% dans le cas du scénario ambitieux des besoins). Les sondes géothermiques (40%) et la partie thermique du solaire hybride (38%) constituent la très grande majorité de ces ressources, les autres ressources étant beaucoup plus localisées nettement moins prépondérantes. La carte à la Figure 33 montre même que dans beaucoup de sous-secteurs, l'offre dépasse potentiellement les besoins (généralement là où la densité bâtie est relativement faible).
- **Electricité** : le solaire PV constitue à priori l'unique source d'électricité à base locale et renouvelable. Localement des couplages chaleur-force peuvent être envisagés. Le solaire permettrait ainsi de couvrir près de 37% des besoins (scénario ambitieux, si une efficacité de 10% sur les besoins électriques était mise en œuvre). Certains sous-secteurs ayant des grandes toitures ou étant peu denses, ne seraient même pas loin d'être autonomes sur un bilan annuel.
- **Froid** : Globalement, la Ville pourrait être excédentaire dans la couverture des besoins de froid par l'offre locale, du fait de l'hydrothermie (Givaudan sur le Rhône) et les projets de connexions des grands consommateurs de froid à GeniLac®. La géothermie sur sondes, potentiellement omniprésente, explique une grande partie du potentiel. Dans une moindre mesure, la nappe de Montfleury pourrait être exploitée sur la zone industrielle.

Conclusions sur le bilan quantitatif des ressources locales

La Ville de Vernier offre sur son territoire une grande diversité de ressources locales (sous-sol, soleil, eaux de surface ou souterraines, rejets, biomasse, réseaux existants ou prévus) qui lui permettraient potentiellement d'être proche d'une autonomie au niveau énergétique, surtout en chaleur et en froid. Néanmoins, une très grande partie est expliquée par la possibilité de mettre, en admettant relativement peu de restrictions, des sondes géothermiques et des panneaux solaires hybrides sur une bonne partie du territoire. Il sera certes peu réaliste de mobiliser tout le potentiel identifié sur ces deux ressources. En effet, ces filières doivent recourir à des pompes à chaleur (PAC sur sondes ou combinaison solaire hybride thermique avec PAC ou gaz), ce qui implique d'abord une mise en conformité des bâtiments anciens à du chauffage basse ou moyenne température ; de plus, le solaire est relativement peu disponible en hiver (nécessitant le cas échéant des moyens de stockage estival, par le biais des sondes notamment). Cependant, ces potentiels indiquent une marge de manœuvre possible et un cap vers lequel tendre, en tentant de démultiplier les opérations locales de combinaison solaire – géothermie.

Hormis le solaire et la géothermie sur sondes, les autres filières identifiées, qui s'inscrivent dans des projets d'infrastructures relativement tangibles (GeniLac®, nappe Montfleury, géothermie moyenne profondeur, rejets de Givaudan), permettraient d'ajouter à la situation actuelle (part non fossile de 22% grâce notamment au CAD SIG, cf. 5.5) environ 20% d'énergie renouvelable, ce qui est significatif.

Le bilan énergétique des filières renouvelables locales n'a pas pris en compte la ressource de l'air (valorisée via des PAC air-eau) qui est en théorie illimitée, et pourra compléter l'offre, lorsque nécessaire.

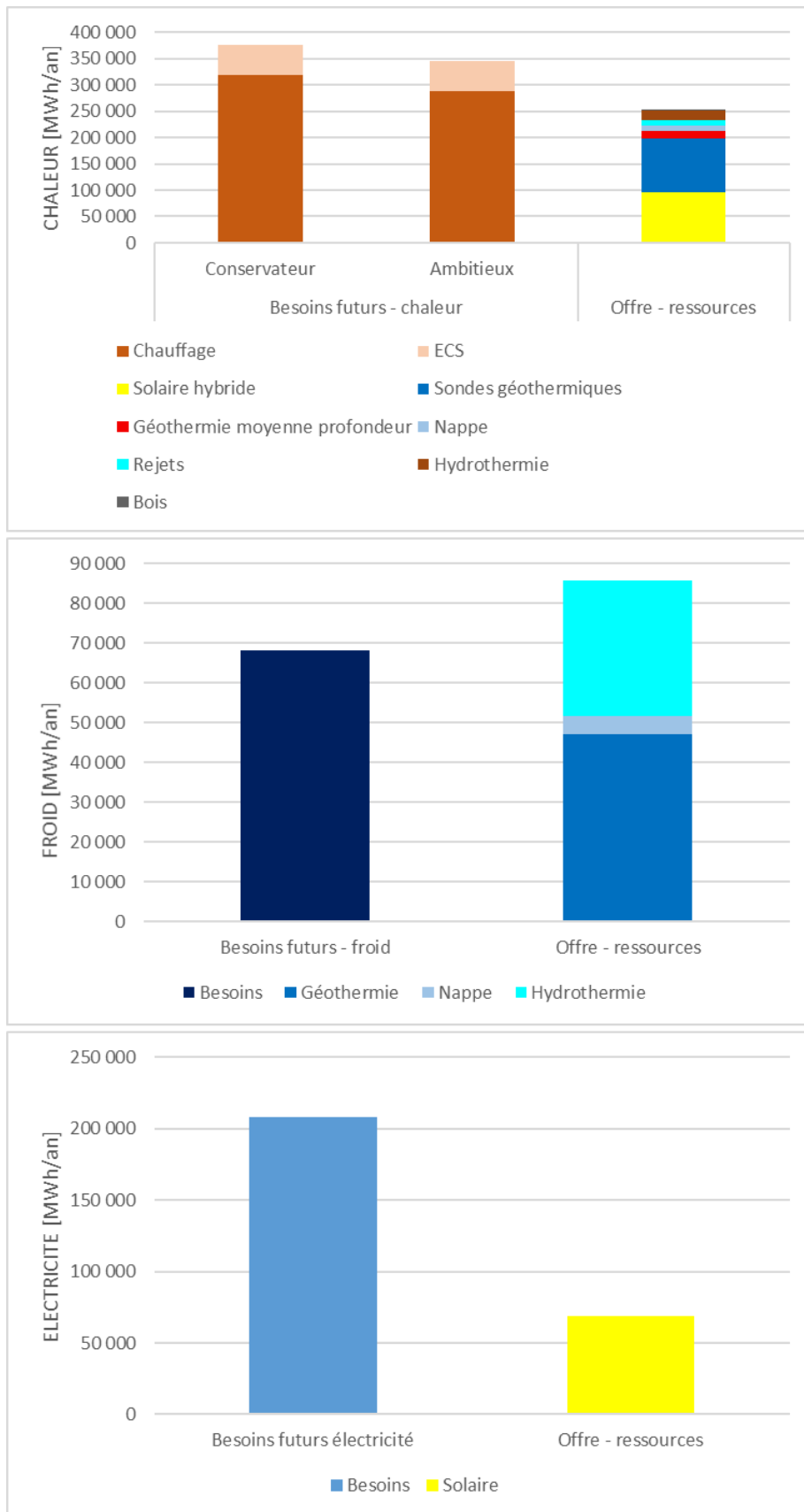


Figure 32 : confrontation des besoins et de l'offre en ressources par poste de consommation

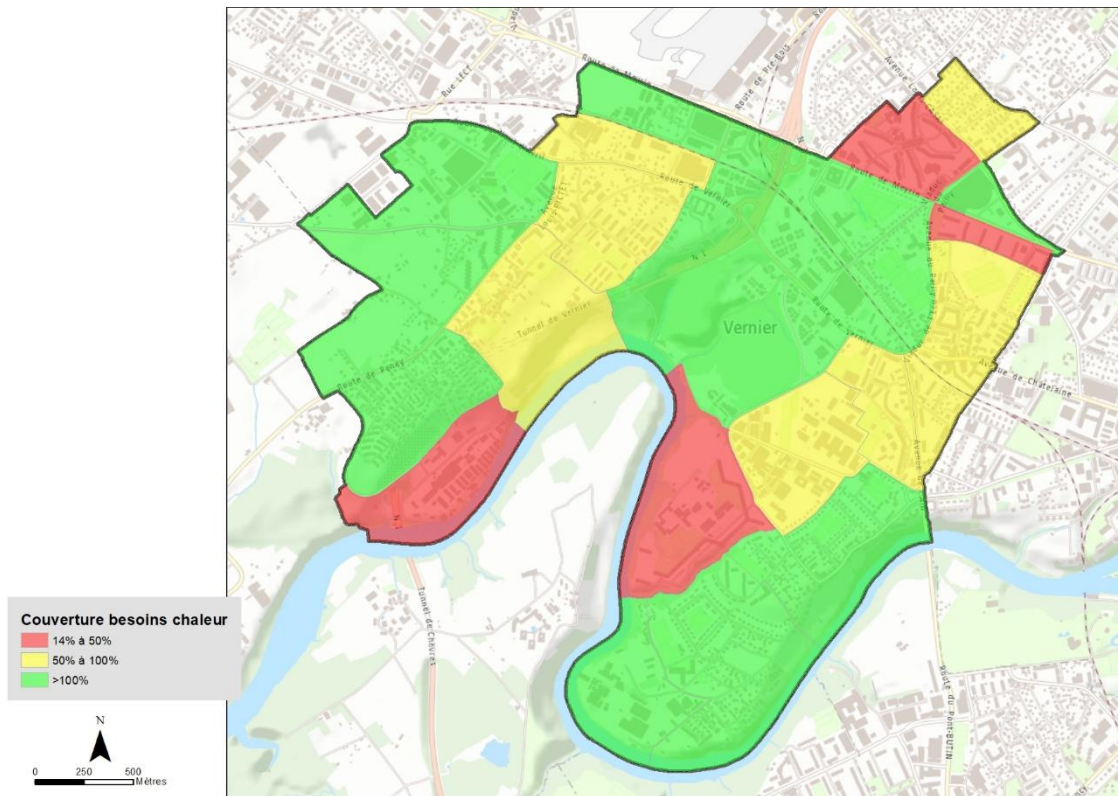


Figure 33 : taux de couverture potentiel par sous-secteur des besoins de chaleur par les ressources renouvelables locales

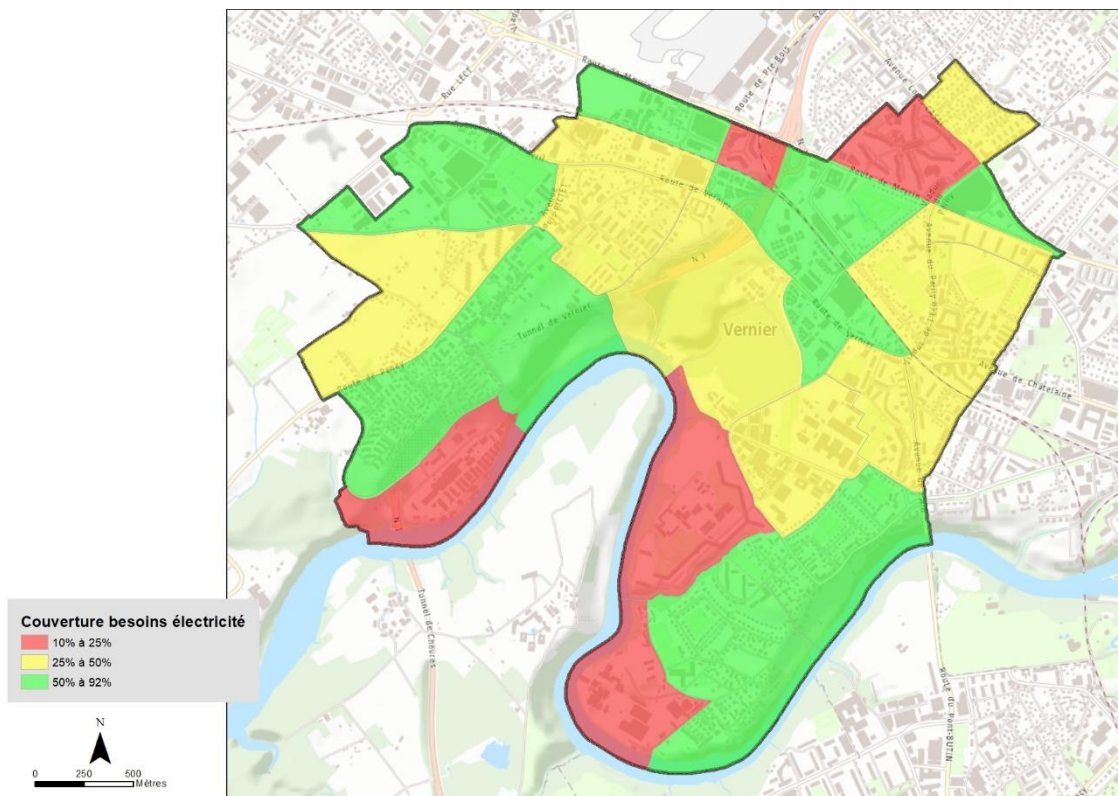














Figure 34 : taux de couverture potentiel par sous-secteur des besoins électriques par les ressources renouvelables locales

7.2 Appréciation qualitative

Dans le prolongement du bilan quantitatif précédent, le tableau ci-dessous récapitule les opportunités et contraintes relatives à la valorisation des principales ressources étudiées.

Ce tableau met bien en évidence la grande diversité des solutions de valorisation possibles sur la Ville.

Type	Remarque	Eval.
Mazout	A proscrire pour toute nouvelle construction ou rénovation. Encourager un transfert vers d'autres agents moins polluants : PAC (si rénovation), bois, solaire.	
Gaz	Disponible sur le territoire communal, à utiliser en phase transitoire, en combinaison avec les autres systèmes (PAC, solaire hybride) pour les besoins de pointe, promouvoir l'augmentation de la part de biogaz.	 
Biomasse	Dépend de la filière au niveau régional. A promouvoir lorsqu'absence de ressources locales (sol, air, solaire) adaptées, et favoriser les systèmes centralisés (plus efficaces pour le filtrage des particules). Différents documents permettent de cadrer l'utilisation de la biomasse comme ressource énergétique ¹¹ . Envisager la possibilité de densification et d'extension du réseau CAD-Ranches existant dans Vernier-Village (en lien avec les rénovations).	
Energie solaire	Potentiel sur tout bâtiment actuel (rénovation ou pas) et dans tous les cas, dans le cadre de rénovations et nouvelles constructions. Promouvoir le solaire hybride permettant une production simultanée électrique et thermique sur des plus grandes surfaces, en combinaison avec le gaz et/ou les PAC.	
Sondes géothermiques	Peu de restrictions hormis les sites pollués et la zone de superposition des nappes. Particulièrement adapté pour les nouvelles constructions. Intérêt de réseaux de sondes à l'échelle d'habitations groupées ou « mini-réseaux ».	
Nappe	La nappe de <u>Montfleury</u> , présente dans le secteur industriel, offre localement un bon potentiel et permet de desservir à la fois les besoins de chaleur et de froid ; solution plus facile à mettre en œuvre que les sondes géothermiques (un seul puisage, faible profondeur). La nappe du <u>Rhône</u> , au niveau du grand projet Concorde / secteur L, fait déjà l'objet d'un projet de réseau combinant PAC centralisée sur nappe et CAD SIG. A promouvoir son extension sur les autres secteurs de Concorde, et plus globalement dans le sud de la Commune (secteurs proches du Lignon).	
Eaux de surface (Rhône)	Rhône à proximité immédiate. Cette filière est déjà valorisée par Givaudan. Peut être valorisée soit directement par pompage, soit via les infiltrations dans la nappe du même nom. Contrainte d'un éloignement relatif des besoins et du dénivelé à franchir.	
GeniLac®	Projets de connexion sur la boucle de l'Aéroport en cours d'étude au niveau du complexe commercial et tertiaire de Blandonnet, le centre commercial de Balexert, et sur le projet de construction de l'Etang (besoins de froid à priori). Promouvoir l'approvisionnement des besoins aussi bien de chaleur que de froid, et une extension possible dans d'autres secteurs (en particulier le secteur en densification de Vernier-Cointrin, voire une partie de la ZIMEYSAVER).	
Aérothermie	Possible en tout lieu dans le cas de nouvelles constructions et rénovations afin de préserver un COP assez élevé. Contraintes de bruit, favoriser le déploiement de cette technologie dans les secteurs peu denses, hors zone d'influence des réseaux.	
Géothermie grande profondeur	Etudes en cours dans le cadre du programme GEothermie 2020. Encore peu d'informations à ce stade. Potentiel confirmé lors d'un forage test en 2018 à Satigny. Solution à promouvoir pour la ZIMEYSAVER.	
Rejets industriels	Rejets très importants de Givaudan + STEP. Etude en cours pour desservir les besoins des zones villas adjacentes et de la ZITUIL (commune de Satigny).	
Eaux usées	Vernier est traversée par le dernier tronçon de réseau primaire avec la STEP, avec donc un débit très élevé rendant possible la valorisation thermique. Solution donc ponctuellement possible, notamment envisagée sur le projet de l'Etang. Valorisation thermique des effluents pressentie, mais pour exporter l'énergie produite hors de la Ville (injection dans le CAD Rive Gauche).	


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

Tableau 13 : évaluation qualitative et synthétique du potentiel des ressources

¹¹. OLED, LDG, Plan de Gestion des Déchets GE, Aide à l'exécution : méthanisation dans l'agriculture (OFEV, 2016)

7.3 Carte de synthèse des filières

La carte à la Figure 35 représente une vue globale et détaillée des filières approvisionnements énergétiques possibles sur la Ville, sur la base des infrastructures en cours d'étude (telles que vu à la Section 4.4) et des ressources étudiées (Section 6). Les possibilités sont notamment riches et variées notamment dans les parties nord et nord-ouest de la Ville.

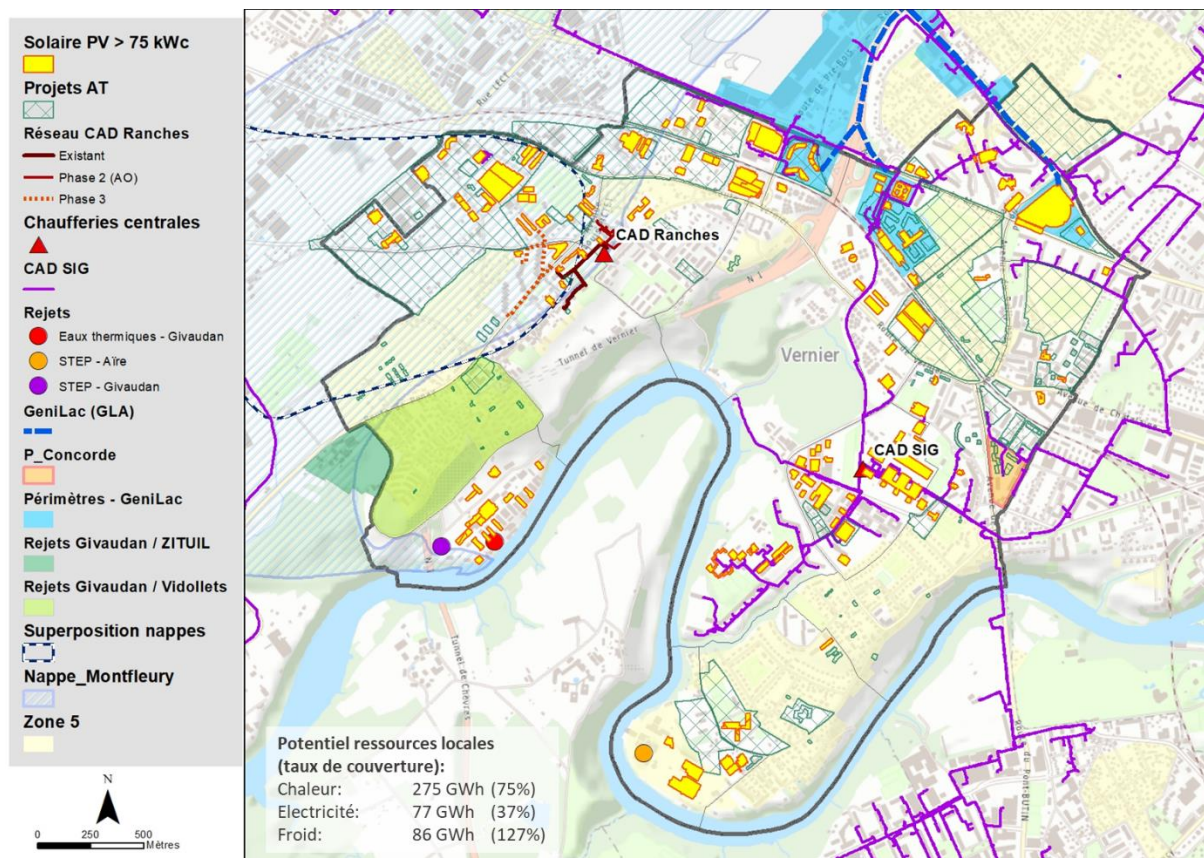


Figure 35 : carte de synthèse des filières d'approvisionnement possibles et rappel des potentiels quantitatifs identifiés

7.4 Vision directrice

Sur la base de l'analyse de l'évolution des besoins, ressources et filières présentes ou planifiées, la vision directrice consiste à identifier les principaux axes stratégiques sur la Ville. Pour ce faire, cette dernière est découpée en **secteurs énergétiques** où des solutions relativement homogènes, en matière d'approvisionnement surtout, peuvent être définies, tenant compte des informations et données analysées dans les chapitres précédents.

La Figure 36 présente cette vision directrice par secteur énergétique (17 secteurs au total). Certains secteurs, séparés géographiquement, ont des couleurs identiques, indiquant des mêmes principes d'approvisionnement. Cela revient à regrouper les secteurs en 10 types.

Les principales caractéristiques des axes stratégiques sont décrites dans l'encadré au bas de la carte pour chaque type de secteur.

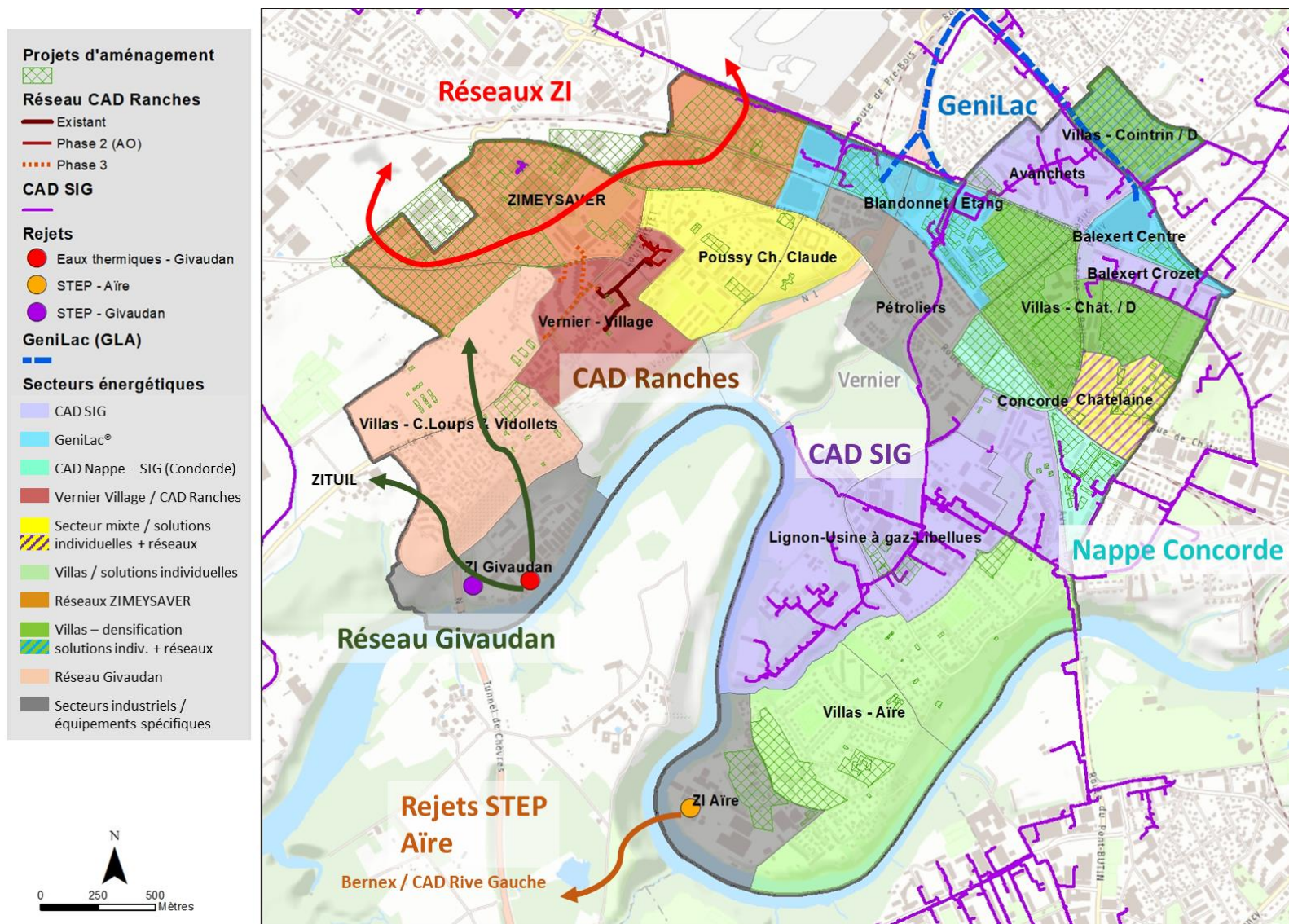


Figure 36 : vision directrice par secteur énergétique

Secteurs stratégiques d'approvisionnement en énergie (Figure 36)

Secteur ZIMEYSAVER, réseaux multiples (anergie)

Secteur énergétique concerné : ZIMEYSAVER

Secteur affecté à des activités industrielles (secondaires et tertiaires) qui va être progressivement densifié dans le cadre de la planification intercommunale (Satigny, Meyrin, Vernier) de ZIMEYSAVER.

Le secteur est riche en ressources énergétiques locales encore peu valorisées : nappe du Montfleury, sous-sol (sondes géothermiques), larges surfaces de toiture pour le solaire, rejets issus des process et groupes de froid (surtout du côté de Meyrin et Satigny), perspective de la géothermie moyenne profondeur, rejets de Givaudan. Des infrastructures plus ou moins centralisées sont en cours d'étude par les SIG et le Canton pour valoriser les différentes ressources. Une approche du type boucle d'anergie serait tout à fait appropriée pour mutualiser les ressources.

A noter aussi que le CAD SIG, bordant le secteur, pourra servir d'appoint. Le réseau GeniLac® pourrait aussi être étendu sur une partie du secteur.

Secteur GeniLac®

Secteurs énergétiques concernés : Blandonnet – Etang, Balexert-Centre

Perspective de développement du réseau GeniLac® depuis la zone aéroportuaire, du fait des opportunités de raccordement sur quelques complexes bâtis (Blandonnet, Balexert, projet ch. de l'Etang). Ces complexes sont avant tout des grands consommateurs de froid, qui pourraient ainsi être satisfaits par le biais de ce réseau.

Il conviendra d'évaluer si le réseau GeniLac® peut également satisfaire les besoins de chaleur via des PAC, et libérer ainsi de la puissance sur le CAD SIG sur lequel les bâtiments supplémentaires pourraient être raccordés.

Le projet du ch. de l'Etang est traversé par le collecteur primaire des eaux usées, dont la valorisation thermique présente un potentiel important (1 à 2 GWh/an). Etude approfondie nécessaire sur les débits minimaux et contraintes de température (proximité de la STEP d'Aire).

Secteur CAD SIG

Secteurs énergétiques concernés : Lignon – Usine à gaz – Libellules, Avanchets, Balexert-Crozet.

Il s'agit des périmètres actuellement desservis par le réseau CAD-SIG, caractérisé pour la plupart par des grands ensembles de logements collectifs et le secteur d'activités Usine à gaz / SIG.

Hormis quelques développements en cours sur le secteur Usine à gaz, ces secteurs vont peu évoluer et le système d'approvisionnement, bien adapté aux types de besoins, est appelé à perdurer.

Secteur Réseau CAD – Nappe / CAD SIG (Concorde)

Secteur énergétique concerné : Concorde.

Ce secteur concerne toute la zone en transformation et développement incluant la partie verniolane du grand projet Concorde, et les projets de développement de l'autre côté du Pont de l'Ecu (PLQ Voies CFF et autre projet potentiel en cours de réflexion).

Le secteur L de Concorde fait l'objet actuellement d'un projet pilote de valorisation de la nappe souterraine et du développement d'un réseau de chaleur alimenté en partie par la PAC sur nappe et le CAD SIG. Les SIG laissent ouverte la possibilité d'étendre un tel réseau sur les autres secteurs de Concorde et aussi sur le PLQ Voies CFF. Si cela n'était pas le cas, il est prévu d'alimenter ces autres secteurs par le CAD SIG.

Secteur « mixte », solutions individuelles et semi-groupées + CAD SIG



Secteurs énergétiques concernés : Poussy-Champ Claude, Châtelaine

Il s'agit de secteurs qui ont comme point commun d'intégrer une certaine mixité au niveau du bâti (époques, affectation), des périmètres de développement, et de ne pas se situer sur des zones d'influence d'infrastructures énergétiques (réseaux) actuelles ou prévues.

Des solutions individuelles ou semi centralisées (par îlot) peuvent être prévues pour opérer une transition vers des sources renouvelables, tenant compte de l'époque de construction, des perspectives de rénovation, et des synergies possibles avec les projets de construction. Le secteur de Châtelaine est hachuré en violet indiquant la possibilité d'y étendre le réseau CAD-SIG passant à proximité.

Secteur de densification de zones villas, solutions individuelles + GeniLac®



Secteurs énergétiques concernés : Villas – Châtelaine et Etang, Vernier - Cointrin

Il s'agit de périmètres occupés actuellement par des villas ou jardins familiaux (Etang, Châtelaine) sur lesquels des projets importants de densification sont prévus, à travers la construction de petits logements collectifs.

Des solutions individuelles ou partiellement centralisées (par groupe de bâtiments) basées sur les énergies renouvelables à basse température devraient être prévues sur les nouvelles constructions.

Sur Châtelaine, le CAD SIG à proximité pourrait servir d'appoint. Enfin, le secteur à Cointrin est hachuré en bleu, étant donné qu'il sera longé par la future boucle de GeniLac®, laissant entrevoir un raccordement possible.

Secteur Villas à faible potentiel de densification, solutions individuelles



Secteur énergétique concerné : Villas - Aïre.

Ce secteur de villas dans la zone d'Aïre, ne fait pas l'objet d'une perspective de densification importante, si ce n'est quelques projets en cours localement, notamment autour du cycle de Renard et un projet de construction situé à proximité.

Ainsi il s'agira de promouvoir, auprès des propriétaires, des solutions d'économie d'énergie et de changement vers des systèmes de chauffage utilisant des sources renouvelables. La plateforme www.genergie2050.ch offre toutes les informations concernant les soutiens disponibles à Genève pour la rénovation et l'optimisation énergétique.

Secteur Vernier-Village, CAD-Ranches



Secteur énergétique concerné : Vernier-Village

Ce secteur est caractérisé par des bâtiments plutôt anciens, dont certains protégés au patrimoine. Le réseau CAD basé à l'école des Ranches est le système énergétique le plus structurant du secteur. Des projets d'extension en deux phases sont en cours d'étude et concernent des logements collectifs privés.

A évaluer : la possibilité d'autres extensions notamment en direction du sud-ouest. Sinon prévoir des mesures individuelles par bâtiment d'efficacité énergétique et de transition vers les sources renouvelables.

Secteur de valorisation des rejets de Givaudan



Secteur énergétique concerné : villas Crotte au Loup et Vidollets

Ce secteur est caractérisé par des zones villas et quelques projets de développement en cours. Les perspectives de densification sont limitées et donc la structure de la demande énergétique devrait peu évoluer.

L'étude en cours, menée par le bureau CGSE, montre que les rejets de Givaudan et de la STEP suffiraient largement à satisfaire les besoins de ce secteur, par l'intermédiaire de PAC. Cependant, le développement d'un réseau dans un secteur de villas paraît peu réaliste, et étant donné la faible densité et la dispersion des besoins. Ainsi, une partie de rejets de Givaudan pourrait également être valorisée plus loin, dans la ZITUILE et ZIMEYSAVER notamment, profitant des travaux prévus sur le réseau routier (mesures conservatoires à prévoir).

Secteur d'activités industrielles et d'équipements spécifiques

Secteurs énergétiques concernés : Givaudan, STEP d'Aire, pétroliers

Des stratégies spécifiques doivent être développées selon les activités, impliquant des mesures d'optimisation énergétique des procédés industriels et des valorisations des larges toitures par les capteurs solaires. Le secteur des dépôts de carburant implique par ailleurs une très faible demande en énergie. Dans le présent PDCEn, les systèmes énergétiques actuellement en place sur ces secteurs ne seront pas remis en cause pour les scénarios futurs.

Ce découpage en secteurs principaux et secondaires met particulièrement en évidence les possibilités de développer et étendre des systèmes centralisés (réseaux), qui sont du ressort de la Ville, du Canton et des opérateurs énergétiques (SIG). Elles peuvent être complétées en tout lieu par des solutions locales réparties sur tout le territoire (solaire thermique et PV, air, géothermie basse profondeur).

8 Scénarios d'utilisation rationnelle de l'énergie et d'approvisionnement

Après avoir dressé le panorama du contexte, des besoins actuels et futurs et des ressources locales et proposé une vision directrice, il s'agit de tester et explorer quantitativement cette vision en considérant différents scénarios d'efficacité énergétique et d'approvisionnement.

8.1 Description des scénarios et hypothèses

Nous considérons deux scénarios, à l'horizon 2035, en vue de donner les principales tendances et orientations possibles : scénario conservateur – suivant les tendances actuelles en matière de développement du renouvelable et de rénovation et s'inscrivant dans les projets d'infrastructures actuellement planifiés, scénario ambitieux – marquant une politique plus volontariste par rapport à ces éléments.

Le tableau suivant synthétise les hypothèses prises pour chacun des deux scénarios. Ceux-ci se caractérisent par des principes généraux en matière d'efficacité énergétique. Ils sont notamment conformes à l'analyse des besoins futurs (cf. Section 5.7). Concernant l'approvisionnement, nous distinguons des caractéristiques et hypothèses spécifiques à des projets plus ou moins tangibles qui vont se développer sur la Ville ; il s'agit de réseaux dans la plupart des cas. Pour le reste des secteurs hors influence des réseaux, nous donnons des principes généraux qui s'appliquent de façon plus ou moins systématique, tenant compte des contextes spécifiques.

		Scénario conservateur	Scénario ambitieux																																																																																							
Efficacité énergétique		<ul style="list-style-type: none"> - Conformité aux tendances actuelles en matière de taux de rénovation (~0.5% des surfaces bâties/an) ; - Conformité au minimum légal concernant les constructions neuves (HPE) ; - Pas de mesure d'efficacité énergétique sur les appareils électriques. 	<ul style="list-style-type: none"> - Taux de rénovation ambitieux sur le bâti existant conforme aux objectifs du Canton (~2% des surfaces bâties/an) ; - Application du standard THPE pour les constructions neuves ; - Efficacité de 10% sur les appareils électriques. 																																																																																							
Approvisionnement	Réseaux et projets tangibles	<ul style="list-style-type: none"> - ZIMEYSAVER: pas de réseau, ni mutualisation, valorisation décentralisée de la nappe et de la géothermie basse profondeur pour les besoins de chaleur et de froid. - GeniLac® / projet Etang: substitution des groupes froid actuels (Blandonnet et Balaxert) par GeniLac. Projet Etang: froid satisfait par GeniLac à 100% en ECS et froid et 90% en chauffage (le solde des 10% par le CAD SIG) selon concept énergétique final. Une seule installation PV sur le bâtiment public (flot G). - CAD Concorde: réseau de chaleur sur le secteur L uniquement alimenté par une PAC centralisée sur la nappe et le CAD-SIG. Le reste de Concorde et Voies CFF alimenté par CAD SIG: - CAD Ranches: projet ferme d'extension du réseau CAD selon appel d'offres contracting (tracé vert). - Rejets Givaudan: pas de valorisation des rejets. - CAD SIG: extension limitée du CAD, notamment à Châtelaïne (satisfaction de 30% des besoins des bâtiments existants maintenus ~13 GWh/an), et dans les périmètres de densification. 	<ul style="list-style-type: none"> - ZIMEYSAVER: mutualisation des ressources via une boucle d'anergie, un ou plusieurs forages de moyenne profondeur. - GeniLac® / projet Etang: substitution des groupes froid actuels (Blandonnet et Balaxert) par GeniLac. Projet Etang: identique au scénario conservateur. Une partie des besoins de chaleur du périmètre de densification Vernier-Cointrin couverte par GeniLac. - CAD Concorde: extension du réseau CAD nappe + CAD SIG sur tout Concorde et Voies CFF. - CAD Ranches: projet ferme d'extension du réseau CAD selon appel d'offre (tracé vert) + extension possible en phase 2 (tracé jaune). - Rejets Givaudan: valorisation des rejets permettant de satisfaire 50% des besoins de chaleur des secteurs de Vidollets et Crotte au Loup. - CAD SIG: extension importante du CAD, notamment à Châtelaïne (satisfaction de 70% des besoins des bâtiments existants maintenus ~13 GWh/an), et dans les périmètres de densification. 																																																																																							
	Systèmes décentralisés (règles systématiques)	<p>Principes généraux:</p> <ul style="list-style-type: none"> - sortie du mazout et du chauffage électrique, remplacement au minimum par le gaz - projets neufs partiellement renouvelables (appoint au gaz) - substitution limitée des chaudières -> PAC dans le cas de rénovation - combinaison partielle solaire thermique (hybride) et PAC - substitution très limitée pour les bâtiments existants non rénovés - geocooling correspondant aux besoins des PAC (recharge des sondes) - solaire PV: développement limité + valorisation des toitures à haut potentiel (>75 kW, total de 21 MW sur Vernier) => 40% du potentiel <p>Mix énergétique par usage de l'énergie et statut du bâti:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="5">Chaleur</th> <th colspan="2">Froid</th> <th>Electricité</th> </tr> <tr> <th>Mazout</th> <th>Gaz</th> <th>PAC géo. ou air</th> <th>PAC solaire</th> <th>Solaire thermique</th> <th>Groupe froid</th> <th>Géocooling</th> <th>Solaire PV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Neuf</td> <td>0%</td> <td>25%</td> <td>55%</td> <td>16%</td> <td>4%</td> <td>45%</td> <td>55%</td> <td>10%</td> </tr> <tr> <td>Rénovation</td> <td>0%</td> <td>55%</td> <td>35%</td> <td>8%</td> <td>2%</td> <td>40%</td> <td>5%</td> <td>2%</td> </tr> <tr> <td>Existant</td> <td>0%</td> <td>88%</td> <td>10%</td> <td>0%</td> <td>2%</td> <td>95%</td> <td>5%</td> <td>2%</td> </tr> </tbody> </table>		Chaleur					Froid		Electricité	Mazout	Gaz	PAC géo. ou air	PAC solaire	Solaire thermique	Groupe froid	Géocooling	Solaire PV	Neuf	0%	25%	55%	16%	4%	45%	55%	10%	Rénovation	0%	55%	35%	8%	2%	40%	5%	2%	Existant	0%	88%	10%	0%	2%	95%	5%	2%	<p>Principes généraux:</p> <ul style="list-style-type: none"> - sortie du mazout et du chauf. électrique, remplacement par le gaz, voire PAC - projets neufs totalement renouvelables - substitution élevée des chaudières -> PAC dans le cas de rénovation - combinaison partielle solaire thermique (hybride) et PAC - substitution limitée pour les bâtiments existants non rénovés - geocooling correspondant aux besoins des PAC (recharge des sondes) - solaire PV: développement fort + valorisation des toitures à haut potentiel (>75 kW, total de 21 MW sur Vernier) => 80% du potentiel <p>Mix énergétique par usage de l'énergie et statut du bâti:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="5">Chaleur</th> <th colspan="2">Froid</th> <th>Electricité</th> </tr> <tr> <th>Mazout</th> <th>Gaz</th> <th>PAC géo. ou air</th> <th>PAC solaire</th> <th>Solaire thermique</th> <th>Groupe froid</th> <th>Géocooling</th> <th>Solaire PV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Neuf</td> <td>0%</td> <td>0%</td> <td>75%</td> <td>20%</td> <td>5%</td> <td>25%</td> <td>75%</td> <td>25%</td> </tr> <tr> <td>Rénovation</td> <td>0%</td> <td>25%</td> <td>55%</td> <td>16%</td> <td>4%</td> <td>20%</td> <td>0%</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Existant</td> <td>0%</td> <td>70%</td> <td>26%</td> <td>0%</td> <td>4%</td> <td>87%</td> <td>13%</td> <td>10%</td> </tr> </tbody> </table>		Chaleur					Froid		Electricité	Mazout	Gaz	PAC géo. ou air	PAC solaire	Solaire thermique	Groupe froid	Géocooling	Solaire PV	Neuf	0%	0%	75%	20%	5%	25%	75%	25%	Rénovation	0%	25%	55%	16%	4%	20%	0%	0%	Existant	0%	70%	26%	0%	4%	87%	13%
	Chaleur					Froid		Electricité																																																																																		
	Mazout	Gaz	PAC géo. ou air	PAC solaire	Solaire thermique	Groupe froid	Géocooling	Solaire PV																																																																																		
Neuf	0%	25%	55%	16%	4%	45%	55%	10%																																																																																		
Rénovation	0%	55%	35%	8%	2%	40%	5%	2%																																																																																		
Existant	0%	88%	10%	0%	2%	95%	5%	2%																																																																																		
	Chaleur					Froid		Electricité																																																																																		
	Mazout	Gaz	PAC géo. ou air	PAC solaire	Solaire thermique	Groupe froid	Géocooling	Solaire PV																																																																																		
Neuf	0%	0%	75%	20%	5%	25%	75%	25%																																																																																		
Rénovation	0%	25%	55%	16%	4%	20%	0%	0%																																																																																		
Existant	0%	70%	26%	0%	4%	87%	13%	10%																																																																																		

Tableau 14 : synthèse des caractéristiques et hypothèses des deux scénarios conservateur et ambitieux

8.2 Analyse quantitative des scénarios et comparaison

8.2.1 Estimation des besoins et du mix énergétique en énergie utile

Sur la base des caractéristiques et hypothèses décrites ci-dessus, par scénario, les besoins sont calculés et un mix énergétique d'approvisionnement est défini. Ce travail est fait pour chacun des 10 secteurs énergétiques, puis les valeurs sont agrégées pour toute la Ville, telles que présentées dans le tableau ci-dessus. Il est vérifié que l'énergie mobilisée par filière n'outrepasse pas le potentiel des gisements identifié à la Section 6.

BESOINS [MWh/an]						
	Situation actuelle		Scénario Cons		Scénario Amb	
Besoin de chaleur EXISTANT [MWh/an]	319 651		293 148.2		246 121.3	
Besoin de chaleur RENOVE [MWh/an]			12 784		36 765	
Besoin de chaleur NEUF [MWh/an]			64 765		55 539	
Electricité (hors chauffage) EXISTANT [MWh/an]	167 740		166 540		149 886	
Electricité (hors chauffage) NEUF [MWh/an]			70 740		63 666	
Froid EXISTANT [MWh/an]	44 754		44 738		44 738	
Froid NEUF [MWh/an]			23 279		23 279	
APPROVISIONNEMENT						
CHALEUR (MWh/an)						
Solaire thermique	952	0%	6 086	2%	10 242	3%
PAC air/eau	1 560	0%	15 074	4%	19 700	6%
PAC sondes géothermiques	10 749	3%	27 626	7%	37 598	11%
PAC nappe	0	0%	8 639	2%	18 393	5%
PAC GeniLac	0	0%	10 550	3%	19 283	6%
PAC rejets	0	0%	0	0%	8 588	3%
PAC solaire	0	0%	5 780	2%	12 951	4%
PAC géothermie moyenne profondeur	0	0%	0	0%	8 753	3%
CAD-bois	2 115	1%	4 315	1%	9 015	3%
Bois	1 321	0%	0	0%	0	0%
CAD SIG	102 454	32%	134 160	36%	107 735	32%
Import gaz	129 064	40%	158 893	43%	87 077	26%
Import mazout	44 700	14%	0	0%	0	0%
Chauffage électrique direct	1 581	0%	0	0%	0	0%
Non connu	25 155	8%	0	0%	0	0%
TOTAL	319 651	100%	371 124	100%	339 336	100%
FROID (MWh/an)						
GeniLac	0	0%	5 394	8%	6 742	10%
Eau de surface	21 000	47%	21 000	31%	21 000	31%
Groupe de froid	15 328	34%	25 976	38%	17 912	26%
Géothermie	7 588	17%	11 422	17%	13 398	20%
Nappe	839	2%	4 231	6%	8 970	13%
TOTAL	44 754	100%	68 022	100%	68 022	100%
ELECTRICITE (énergie finale) (MWh/an)						
Solaire PV	3 625	2%	19 081	7%	49 545	20%
CCF	0	0%	0	0%	0	0%
Importation électricité	173 938	98%	244 942	93%	201 562	80%
TOTAL	177 563	100%	264 023	100%	251 106	100%

Tableau 15 : tableau de synthèse des besoins et du mix énergétique pour la situation actuelle et les deux scénarios (énergie utile)

La répartition des vecteurs énergétiques en énergie utile par situation est illustrée par les graphes ci-dessous.

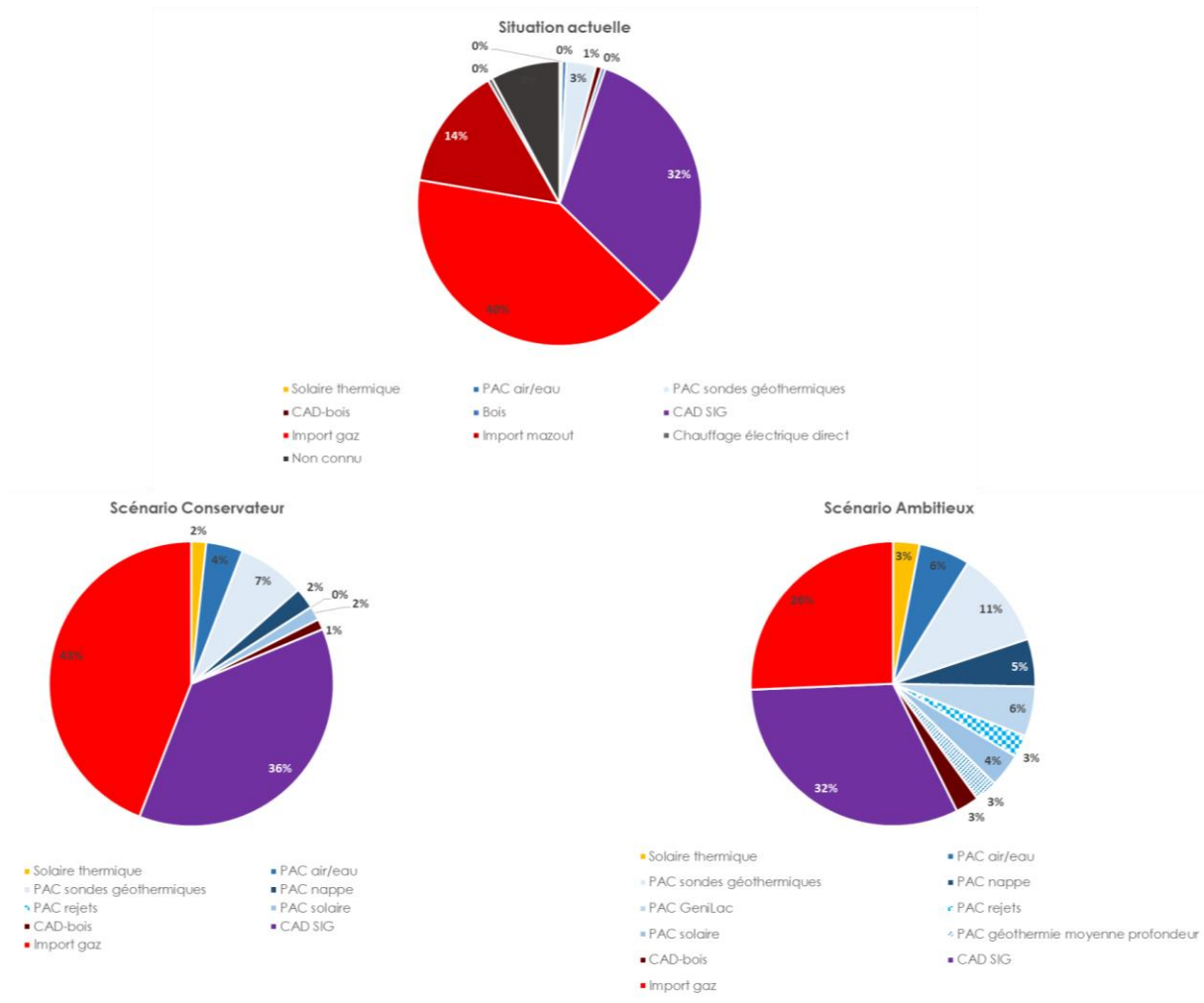


Figure 37 : synthèse du mix énergétique (chaleur utile) pour la situation actuelle et les deux scénarios

Les graphes à la figure suivante complètent la Figure 32 (Section 7.1) en mettant en perspective pour chaque poste de consommation (chaleur, froid, électricité) : l'évolution des besoins selon les deux scénarios, l'offre brute en gisement des ressources renouvelables locales et les ressources mobilisées de façon effective par les deux scénarios (en gris sont représentées les autres filières permettant de compléter le bilan global).

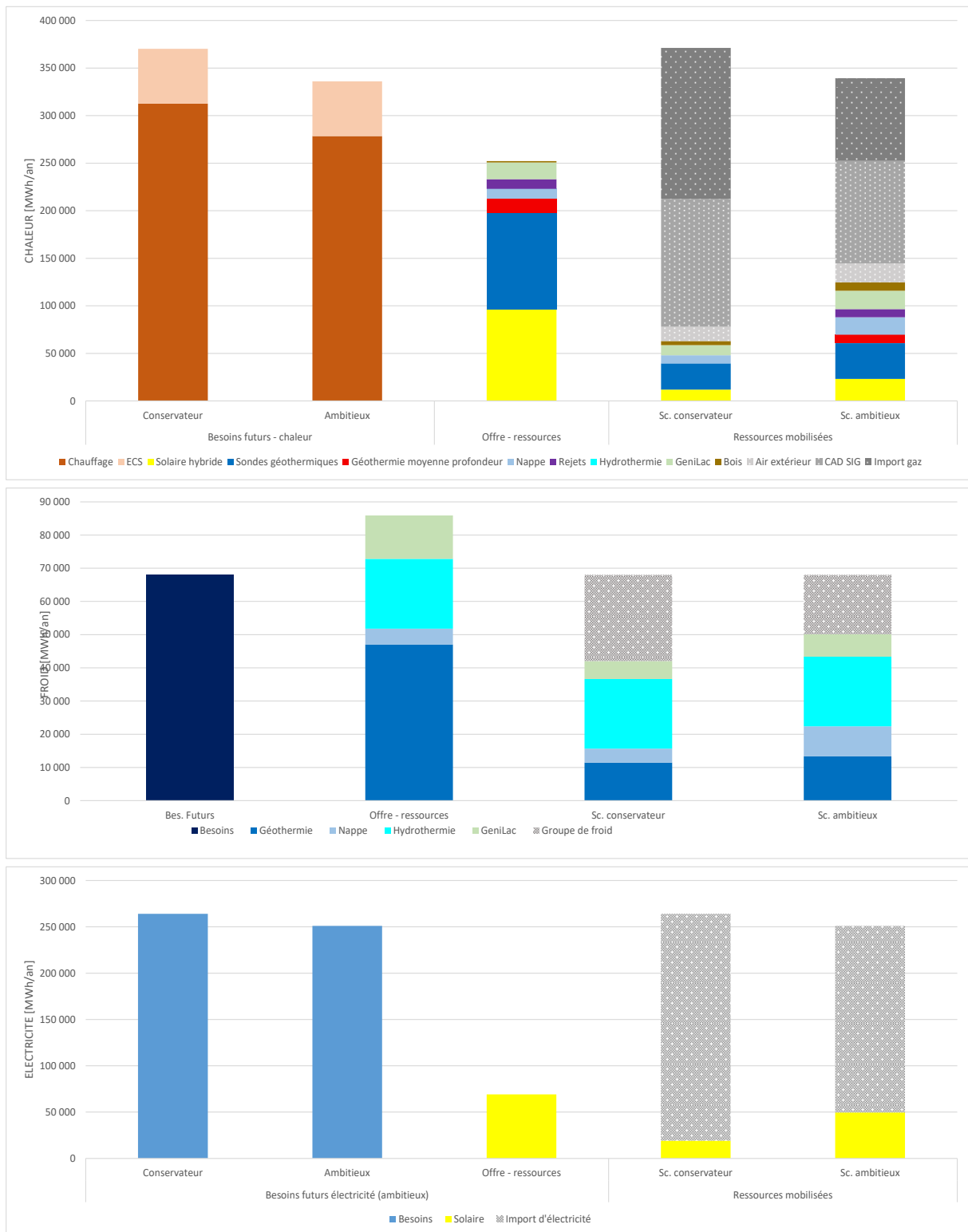


Figure 38 : confrontation par poste de consommation des besoins, de l'offre brute en ressources locales renouvelables et des ressources global mobilisées par les scénarios d'approvisionnement (en gris les autres filières utilisées pour compléter le bilan global)

Observations :

- Chaleur : le scénario conservateur consiste à substituer le mazout et le chauffage électrique en grande partie par le gaz (qui passe de 40% à 43% de l'approvisionnement par rapport à la situation actuelle) et le CAD SIG (de 32% à 37%). Les énergies renouvelables locales (solaire thermique, chaleur de l'environnement via les PAC), surtout déterminées par les nouvelles constructions et rénovations, représentent un total de 20% (contre 5% en 2017). Dans le scénario ambitieux, l'énergie fossile est fortement diminuée (gaz + mazout passant de 54% en 2017 à 25% en 2035). La part du CAD SIG augmente légèrement en absolu mais est stable en proportion par rapport à 2017. Ce sont surtout les énergies renouvelables locales qui augmentent sensiblement, représentant une part de 41% sur un gisement brut représentant environ 70% des besoins futurs. Le solaire thermique et la géothermie ne sont que faiblement mobilisés par rapport au fort gisement brut identifiés (l'adéquation entre les gisements et les besoins n'étant que partielle).
- Froid : l'hydrothermie renvoie au potentiel effectif lié au refroidissement des installations de Givaudan par le Rhône qui reste constant quel que soit le scénario. Globalement le sous-sol offre le potentiel de couvrir 70% à 80%, respectivement selon les scénarios conservateur et ambitieux, des besoins de froid par du géocooling (à travers des sondes ou le puisage dans la nappe).
- Electricité : les toitures de la Ville offrent un potentiel de production électrique pouvant couvrir jusqu'à près de 35% les besoins électriques (hors thermie). Le scénario ambitieux explore la possibilité de couvrir jusqu'à près de 20% les besoins par le solaire (contre 8% pour le scénario conservateur), en travaillant en priorité sur les toitures à haut potentiel (>75 kW).

8.2.2 Bilan énergétique et Stratégie fédérale 2050

La Stratégie fédérale 2050, adoptée par votation populaire en Suisse en mai 2017, se traduit notamment par les deux objectifs suivants à l'horizon 2035 par rapport à 2000 :

- - 43% la consommation moyenne d'énergie finale par personne et par an ;
- -13% la consommation d'électricité moyenne par personne et par an.

Par interpolation linéaire, les efforts de réduction entre 2017 et 2035 peuvent être déduits et comparés avec les valeurs de réductions obtenues à Vernier pour les deux scénarios :

	Energie finale	Electricité	déduction PV
Suisse	-23%	-7%	
Vernier			
- Conservateur	-10%	16%	7%
- Ambitieux	-27%	10%	-4%

Tableau 16 : réduction de la consommation en énergie finale et électricité par habitant selon la Stratégie fédérale 2050

Nous voyons ainsi que les objectifs sont atteints uniquement à Vernier dans le cas du scénario ambitieux en matière d'énergie finale totale. Par contre, en électricité, les objectifs ne sont pas atteints (+5% de consommations en électricité), étant donné la part importante des PAC, sans compter la probable augmentation de l'électromobilité. Mais si l'on déduisait l'électricité apportée « gratuitement » par le solaire PV, on pourrait s'approcher des objectifs (-4% par rapport aux -7% attendus).

8.2.3 Bilan climatique et Société à 2000 watts

L'énergie utile est convertie en énergie finale puis en énergie primaire, et émissions de GES, permettant de mettre en perspective le bilan énergétique de la situation en 2017 et des deux scénarios à l'horizon

2035 avec les objectifs intermédiaires de la **Société à 2000 watts**. Les facteurs d'énergie primaire totale, part renouvelable et émissions de GES, sont tirés du KBOB (Conférence de coordination des services de la construction et des immeubles des maîtres d'ouvrage publics).

Le graphe ci-dessous compare, pour la chaleur et l'électricité, les parts en énergie renouvelable (part définie par rapport à l'énergie primaire) et les émissions de GES.

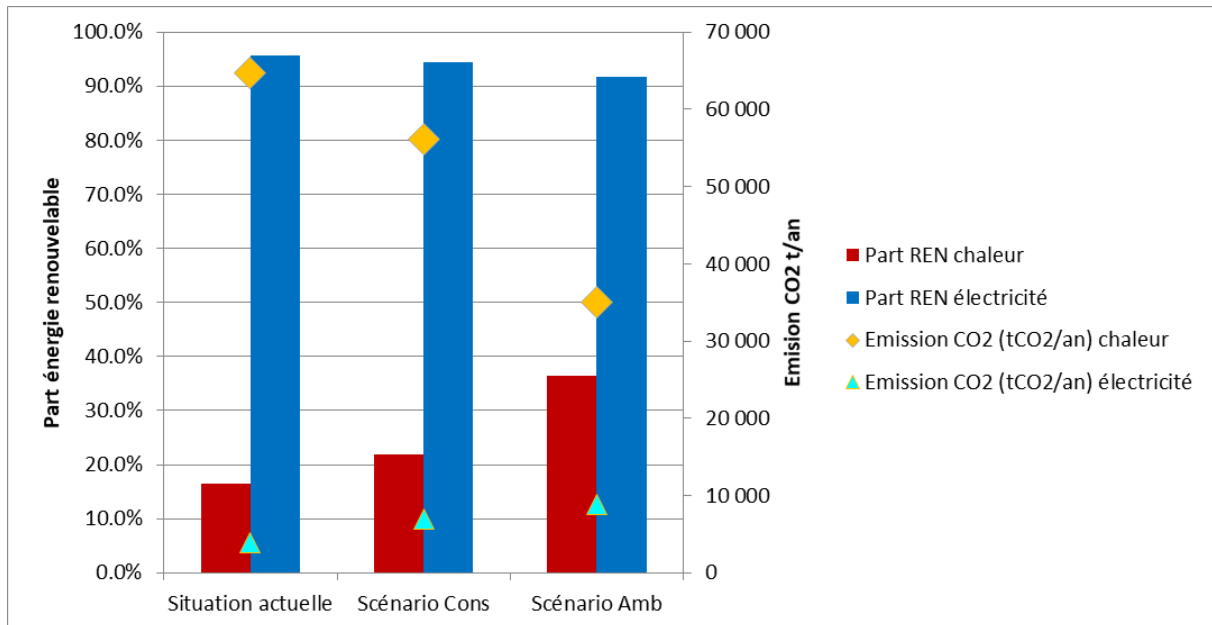


Figure 39 : évolution de la part renouvelable de l'énergie primaire et des émissions de GES pour le chauffage et l'électricité

Observations :

- Electricité : en introduisant davantage de production locale avec le solaire PV, le bilan est moins bon, car les facteurs d'énergie primaire et de GES sont globalement moins favorables comparé au mix électrique genevois (essentiellement de source hydroélectrique).
- La part renouvelable en chaleur (en fonction de l'énergie primaire) augmente légèrement avec le scénario conservateur (24% contre 19%) et plus significativement avec le scénario ambitieux (36%).

Les deux graphes suivants mettent en perspective l'évolution de la consommation d'énergie primaire totale et renouvelable, ainsi que les émissions de GES par habitant¹². Sur le graphique du haut, Vernier est comparé à Genève et à la Suisse en valeurs absolues d'émissions et d'énergie primaire. Le graphique du bas se concentre sur Vernier : l'évolution relative (pourcentage de réduction) dérivée des scénarios conservateurs et ambitieux est mise en perspective avec les objectifs intermédiaires de la société à 2000 Watts aux deux horizons : 2017 (interpolation linéaire entre 2005 et 2020) et 2035.

Les valeurs en absolu incluent la dimension de la mobilité pour avoir un bilan complet et les mettre en perspective avec les objectifs suisses de la Société à 2000 watts. L'énergie primaire et les émissions GES de la mobilité sont estimées selon des valeurs moyennes suisses et tenant compte d'un transfert

¹² Le PDCOM en cours de révision estime le nombre supplémentaire d'habitants à 7'700 en 2030 et 4'800 au-delà de 2030. Ainsi, il est estimé que la population supplémentaire sera de 2'400 habitants entre 2030 et 2035, soit un total de 10'100 habitants supplémentaires entre 2017 et 2035.

partiel vers la mobilité électrique d'ici 2035. Les valeurs relatives portent uniquement sur l'évolution entre 2017 et 2035 des consommations de chaleur et d'électricité.

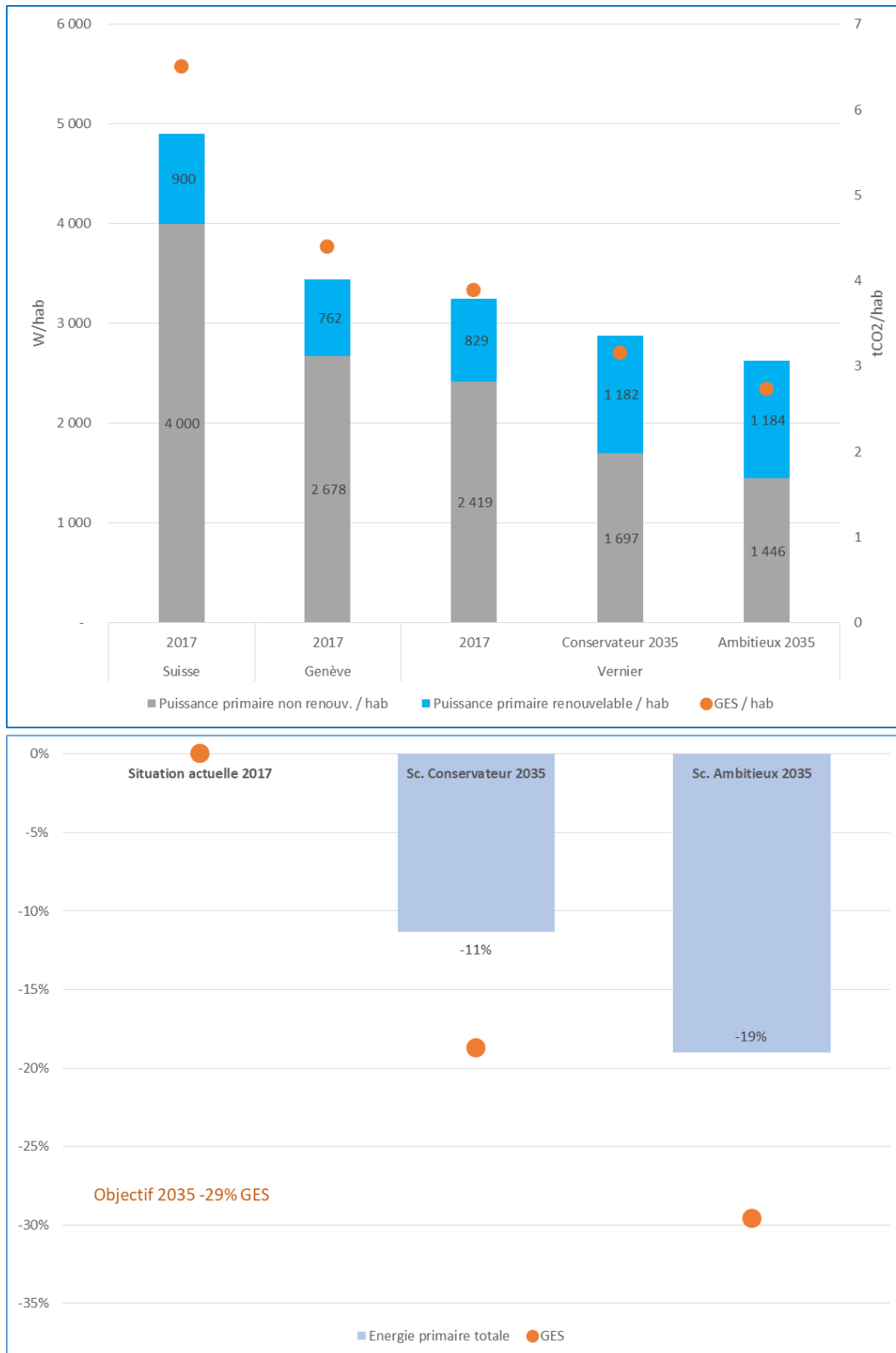


Figure 40 : évolution de l'énergie primaire et des émissions de GES entre 2017 et 2035 en valeurs absolues et relatives et comparaison avec les objectifs de la Société à 2000 watts

Le tableau ci-dessous donne le détail des valeurs pour la situation actuelle et les deux scénarios, avec une mise en perspective avec la Société à 2'000 watts aux différentes étapes jusqu'à 2100.

	UNITE	CHALEUR	ELECTRICITE	MOBILITE	GLOBALE
Ville de Vernier - SITUATION ACTUELLE					
Indice de consommation	[kWh/m2/an]	152	67		220
Part renouvelable	[%]	13%	100%		44%
Emission GES	[tCO2/an]	64 786	3 914		68 699
Emission GES / hab	[tCO2/hab/an]	1.8	0.1	1.9	3.9
Puissance/hab total	[W/hab]	1 148	650	1 450	3 248
Puissance/hab non-renouvelable	[W/hab]	943	27	1 449	2 419
Ville de Vernier 2035 - SCENARIO CONSERVATEUR					
Part renouvelable	[%]				
Emission GES	[tCO2/an]	56 143	6 888		63 030
Emission GES / hab	[tCO2/hab/an]	1.2	0.2	1.8	3.2
Puissance/hab total	[W/hab]	876	728	1 275	2 880
Puissance/hab non-renouvelable	[W/hab]	665	32	1 000	1 697
Ville de Vernier 2035 - SCENARIO AMBITIEUX					
Part renouvelable	[%]				
Emission GES	[tCO2/an]	34 986	8 907		43 893
Emission GES / hab	[tCO2/hab/an]	0.8	0.2	1.8	2.7
Puissance/hab total	[W/hab]	670	685	1 275	2 630
Puissance/hab non-renouvelable	[W/hab]	415	31	1 000	1 446
		2017	2035	2050	2100
SOCIETE 2000 WATTS - OBJECTIFS INTERMEDIAIRES (par rapport à 2005)					
Emission GES / hab	[tCO2/hab/an]	7	5	2	1
Puissance/hab total	[W/hab]	5 555	4 435	3 500	2 000
Puissance/hab non-renouvelable	[W/hab]	4 785	3 265	2 000	500

Tableau 17 : détail du bilan énergétique aux différents horizons et scénarios

Observations :

- En absolu, les valeurs d'énergie primaire et d'émission de GES par habitant à Vernier sont légèrement inférieures à celles du Canton de Genève, et plus nettement inférieures à celles de la Suisse en moyenne. En effet, à Vernier, le secteur industriel lourd (fortement énergivore et émetteur en GES) est relativement limité et la densité de population importante (les valeurs étant ramenées à la population). Cela montre ainsi que pour atteindre une société à 2'000 watts par habitant en moyenne en Suisse d'ici 2100, des communes comme Vernier devront se situer bien en dessous de cette valeur.
- Ainsi, il importe, en relatif, de vérifier que les scénarios permettent d'atteindre un taux de réduction conforme aux objectifs intermédiaires de la Société à 2'000 watts (par rapport à la situation de 2005). Sur le graphe du bas (Figure 40), nous voyons que seul le scénario ambitieux est tout proche de respecter les objectifs de réduction au niveau suisse : -20% de réduction sur l'énergie primaire totale et -30% sur les émissions de GES. Le scénario conservateur implique une réduction de -12% en énergie primaire et -19% en émissions de GES.
- La réduction est ainsi plus importante, dans les deux scénarios, en émission de GES qu'en énergie primaire globale, car premièrement le mix énergétique reste fortement déterminé par le CAD SIG, dont le facteur d'émission GES est très faible par rapport au facteur d'énergie primaire ; deuxièmement, la part des PAC augmente sensiblement dans les deux scénarios, or le facteur d'énergie primaire du mix électrique genevois (1.2) est supérieur à celle du gaz (1.06).

8.3 Conclusions

Afin d'explorer dans quelle direction Vernier pouvait évoluer et quelle marge de manœuvre était possible, l'étude a analysé deux scénarios : scénario conservateur qui suit la tendance actuelle en matière de rénovation du parc bâti et qui tient compte des projets énergétiques dont la mise en œuvre est relativement certaine. Ce scénario ambitieux explore la possibilité d'une rénovation plus intensive du parc bâti et propose une large mobilisation des ressources renouvelables locales avec des infrastructures dont la mise en œuvre est encore incertaine actuellement.

Le scénario ambitieux satisfait les objectifs relatifs aux critères énergétiques et environnementaux de la Stratégie énergétique 2050 et de la Société à 2'000 watts. Cependant, sa concrétisation nécessitera de surmonter des difficultés possibles, notamment la mise en œuvre des réseaux thermiques qui exige des efforts particuliers de coordination entre les acteurs concernés. Cela indique que l'une des premières actions à entreprendre, afin d'améliorer les chances de réussite de ce scénario, consistera à consolider l'intérêt des acteurs aux perspectives qu'il offre, et d'apporter les garanties nécessaires (au niveau technico-économique notamment).

Dans tous les cas, l'étude a mis en évidence que la planification énergétique de Vernier doit s'orienter vers des solutions renouvelables ambitieuses. La perspective du scénario ambitieux basé sur la centralisation des infrastructures peut être retenue, sous réserve des incertitudes quant à sa mise en œuvre, d'une analyse plus détaillée qui devra être faite sur les contraintes, et des mesures spécifiques à adopter en fonction de cette analyse. La réalisation de ce scénario dépendra beaucoup du choix des infrastructures à développer et de leur planification (échéances). Des mesures complémentaires, basées localement sur une approche plus décentralisée (lorsque le développement d'infrastructures est rendu difficile), devront sans doute être entreprises selon les secteurs.

9 Synthèse et recommandations

Rappel des enjeux

Les principaux enjeux suivants ont été soulevés dans le PDCEn :

- Le territoire de la Ville de Vernier est caractérisé par une grande hétérogénéité que ce soit en matière de paysage, de tissu bâti, d'activités.
- Le tissu bâti inclut majoritairement des grands ensembles collectifs, anciens (années 60 à 80), peu performants au niveau énergétique et encore fortement dépendants des énergies fossiles. Il existe donc une grande marge de manœuvre en matière d'économies d'énergie et de développement de filières renouvelables.
- Le territoire va connaître un développement important en matière d'urbanisation (+12'000 habitants et +14'000 emplois environ d'ici ces 20 prochaines années) et de projets énergétiques (GeniLac®, géothermie basse et moyenne profondeur, valorisation des rejets de la STEP d'Aïre, de Givaudan, extension des réseaux CAD Ranches et SIG) et constitue ainsi un secteur stratégique du Canton.
- Les principales contraintes identifiées en lien avec le développement de projets énergétiques concernent la pollution de l'air dans certains secteurs (NO₂ et PM10) les plus urbanisés, les sols pollués dans les secteurs industriels et les degrés divers de protection du patrimoine naturel et bâti.
- Le territoire offre une grande quantité et diversité en ressources énergétiques locales et renouvelables (solaire, air, eau, bois, rejets, sous-sol) encore peu mobilisées.
- La Ville de Vernier a mis en place depuis plusieurs années une politique énergétique ambitieuse (Cité de l'énergie Gold depuis 2014) ; il s'agit dès lors d'intensifier la transposition de cette politique dans le secteur privé (au-delà du patrimoine communal) en développant et renforçant les partenariats multiples.
- Le développement de la ZIMEYSAVER constitue un enjeu important. Il s'agira de préciser à brève échéance la nature des activités qui vont y être développées, le profil des besoins énergétiques (et les rejets potentiels en particulier), et les filières d'approvisionnement à prioriser parmi la richesse des solutions possibles.

Recommandations globales

Le diagnostic territorial et l'analyse des scénarios ont démontré qu'il était possible, à long terme, de faire transiter la Ville de Vernier d'une situation majoritairement fossile et peu efficiente au niveau énergétique vers un usage élargi de filières énergétiques renouvelables à faible émission.

Un tel défi implique de travailler sur trois fronts :

- Inciter une forte rénovation du parc bâti existant, en commençant par les bâtiments les plus énergivores (IDC élevés), et en travaillant sur les grands ensembles (économies d'échelle). Ceci permettra d'une part, de diminuer les déperditions thermiques et donc les besoins en énergie, et d'autre part, de favoriser la mise en place de systèmes de chauffage à basse ou moyenne température dans ces bâtiments rénovés. En effet, une valorisation efficace des énergies renouvelables s'effectue à des températures largement inférieures à la valorisation – par combustion – des énergies fossiles.
- Améliorer l'efficacité des appareils électriques pour faire face notamment à la demande croissante en électricité relative aux PAC et à la mobilité, et élaborer une stratégie de l'utilisation rationnelle de l'électricité sur le long terme.

- Mobiliser le plus possible les filières énergétiques renouvelables qui peuvent être très localisées (solaires, géothermie basse et moyenne profondeur, eau, air) ou distribuées à travers des réseaux d'échange et des réseaux CAD, étudier les possibilités de synergies entre les utilisateurs ayant des types de besoins différents.

Une vision directrice spatiale a été proposée. Elle identifie les axes prioritaires à mettre en œuvre par secteur de la Ville (Figure 36).

Rappel des objectifs 2035 au niveau Suisse

La finalité de ce PDCEn est de mettre en œuvre des actions permettant d'une part d'atteindre les objectifs de la **Société à 2'000 Watts**, en particulier les objectifs de réduction à l'horizon 2035 par rapport à la situation de 2017¹³ :

- Réduire de 20% la consommation en énergie primaire *totale* par habitant.
- Réduire de 32% la consommation en énergie primaire *non renouvelable* par habitant.
- Réduire de 29% les émissions de CO₂ par habitant.

D'autre part de contribuer au minimum aux objectifs de la **Stratégie énergétique 2050** à l'horizon intermédiaire de 2035 qui sont, par rapport à 2017¹⁴, de :

- Réduire de 23% la consommation moyenne d'énergie finale par personne et par an.
- Réduire de 7% la consommation d'électricité moyenne par personne et par an.

En se basant sur le scénario ambitieux étudié dans ce PDCEn tout en veillant à respecter au minimum les valeurs cibles données au niveau fédéral telles que rappelées ci-dessus, les objectifs spécifiques suivants à l'horizon 2035 sont recommandés pour la Ville de Vernier :

¹³ Les objectifs de réduction de la Société à 2'000 watts sont donnés à l'horizon 2035 par rapport à 2005. Nous déduisons les objectifs entre 2017 et 2035 par interpolation linéaire.

¹⁴ Les objectifs fédéraux de réduction sont définis par rapport à 2000. Nous déduisons les objectifs entre 2017 et 2035 par interpolation linéaire.

Domaine d'intervention	Objectif 2035
<p>Efficacité énergétique</p> <p>Chaleur</p> <p>Electricité</p>	<p>Diminution de 12% des besoins de chauffage sur le parc bâti existant</p> <p>Réalisation de 25% des nouveaux bâtiments construits selon le niveau THPE</p> <p>Stabilisation de la demande totale en chaleur (incluant les nouvelles constructions)</p> <p>Diminution générale de 10% des besoins électriques (efficacité des appareils, optimisation des processus industriels)</p>
<p>Approvisionnement</p> <p>Chaleur</p> <p>Electricité</p> <p>Froid</p>	<p>40% du mix énergétique utile valorisant les énergies renouvelables locales : solaire et chaleur de l'environnement (rejets, air, eau, sous-sol) à travers des PAC</p> <p>Couverture de 20% des besoins par le solaire PV</p> <p>Couverture de 80% des besoins de froid de confort par du free/géocooling</p>
<p>Bilan énergétique – Stratégie fédérale 2050</p> <p>Energie finale totale</p> <p>Electricité</p>	<p>Réduction de 29% de la consommation en énergie finale par habitant (au minimum -23% selon la Stratégie énergétique 2050)</p> <p>Réduction de la consommation en électricité de 7% par habitant (déduction faite de la production solaire PV)</p>
<p>Bilan Société à 2'000 watts et climatique</p> <p>GES</p> <p>Energie primaire totale</p> <p>Energie primaire non renouvelable</p>	<p>Réduction des émissions de 30% par habitant.</p> <p>Réduction de l'énergie primaire totale de 20% par habitant</p> <p>Réduction de l'énergie primaire non renouvelable de 40% par habitant</p>

10 Feuille de route

Le tableau à la page suivante vise à constituer un outil concret de mise en œuvre pour la politique énergétique de la commune.

Dans ce cadre, le rôle de la Ville peut être vu sous trois aspects :

- Informateur : rôle visant à relayer, auprès des citoyens, les informations provenant de la Confédération et du Canton en matière de dispositifs légaux à respecter et de subventions, à travers des campagnes d'information et sensibilisation.
- Facilitateur : faciliter le déclenchement de projets particuliers, mettre en contact les acteurs concernés dans le cadre de projets énergétiques mutualisés, créer des partenariats publics-privés.
- Incitateur : rôle actif (soutien et accompagnement), déclencher et financer des études d'opportunité, émettre des prescriptions sur le plan énergétique lors des examens des dossiers de préavis, proposer des subventions additionnelles éventuelles.

Plan Directeur Communal des Energies
Feuille de Route
Commune: VERNIER

Prestations

	Internes (Commune)
	Externes
	Internes et externes

Partenaire externe	Délais					
	2019	2020	2021	2022	2023	2024

Action 1									
Mobiliser et informer les acteurs privés									
Tâches									
Créer une page web énergie sur le site de la commune et intégrer un volet énergie dans le journal communal: informations sur les subventions, activités de la commune, etc. Alimenter le site en continu.									
Créer une plaquette d'information présentant et vulgarisant les résultats du PDCOm-Energie									
Grands et moyens consommateurs: identifier les consommateurs d'énergie les plus importants de la commune (base de données, questionnaire) et contacter les propriétaires concernés pour promouvoir les économies d'énergie et les énergies renouvelables		Propriétaires, SIG (Négawatt)							
Petits consommateurs / particuliers: Identifier les bâtiments nécessitant des interventions prioritaires, selon âge du bâtiment, agent de chauffage, IDC, âge de l'installation de chauffage, favoriser la pénétration d'appareils électriques A+++.... Contacter et informer les propriétaires concernés.		Propriétaires, SIG (Eco-21)							
Suivre et valoriser les actions entreprises par les privés des grands aux petits consommateurs (remplacements de chaudière, systèmes renouvelables) via des questionnaires ou enquêtes ciblées. Bilan annuel des actions entreprises mettant à jour des indicateurs.		Propriétaire							
Organiser des séances d'information / séminaires / manifestations autour de l'énergie (fréquence annuelle)									
Action 2									
Lancer une opération du type "sortir du mazout"									
Tâches									
Inventaire des bâtiments chauffés au mazout et élaboration d'un plan de route/stratégie		SIG (Eco21)							
Assistance à la commune sur les démarches de sensibilisation des propriétaires : élaboration d'un publipostage et animation d'une séance d'information collective.		SIG (Eco21)							
Bilan et suivi des opérations									
Action 3									
Intensifier la production d'énergie locale d'origine solaire									
Tâches									
Lancer une étude planification solaire de la Ville: analyse affinée de potentiel, vision directrice, plan d'actions									
Contacter les propriétaires de toitures à haut potentiel identifiées dans le présent PDCEn		Propriétaires, Promoteurs							
Informers sur les modes de financement et les prestataires existants		OCEN, SIG (Eco-21)							
Action 4									
Suivre et accompagner la mise en œuvre des grandes infrastructures énergétiques									
Tâches									
Actions de suivi et d'accompagnement à mener sur les développements suivants:									
Extension du CAD-Ranches / attribution du marché de contracting, promouvoir son extension sur Vernier-Village		SIG (contracteur)							
Valorisation des rejets de Givaudan / concertation avec l'entreprise		Givaudan, OCEN							
Réseau CAD-Concorde / promouvoir son extension sur l'ensemble du grand projet		SIG / Géothermie2020							
GeniLac® / promouvoir son extension sur les projets d'aménagement et grands consommateurs de froid		SIG, promoteurs							
Approvisionnement de la ZIMEYSAVER / promouvoir la valorisation des nombreuses ressources locales (rejets, nappe, géothermie moyenne prof., etc.)		ZI, SIG							
CAD-SIG / promouvoir son extension sur Châtelaine-Village		SIG							
Favoriser une démarche de contracting sur ces réseaux, permettant une prise en charge financière par des tiers investisseurs		Contracteurs							

Annexe 1. Détail des réalisations sur le patrimoine communal

- Rénovation Ferme Golay rénover + chaudière bois (pellets) (maison de quartier). Bâtiment en face : en attente pour bois lorsqu'il y aura rénovation => connexion entre les 2 bâtiments à venir.
- Ecole Avanchets-Salève : rénovation partielle au niveau technique (cuisine et chauffage).
- Ranches 2 : rénovation + surélévation (en cours).
- Salle des fêtes du Lignon + salle sportive : rénovation de la façade en cours (réseau CAD SIG)
- Ecole de Châtelaine : système de chauffage changé (avant 100% gaz) remplacé par 70% de PAC air-eau, le reste par une chaudière à gaz à condensation.
- Chauvet-Lullin (rue Village 54) – centre culturel (jardin enfants, biblio, service de la culture) : travaux de cours pour changer le système de chauffage, passage au bois (pellets).
- Rue Coudrier 21 (villa association) : passage à la PAC géothermie + rénovation (isolation toiture et remplacement des fenêtres).
- En 2019 : Etang 4 et 6, remplacer les 2 chaudières gaz par une seule PAC géothermie (mutualisation) (services sociaux).
- Maison du Vieux Lignon (bâtiment associatif et culturel) : rénové en toiture et enveloppe et il est prévu de changer le système de chauffage et de passer aux pellets en 2019 (été au mazout).
- Bassin de la piscine de l'école Avanchets-Jura : système de ventilation changé et récupération de chaleur sur l'eau du bassin.
- Quartier Balexert (maison de quartier) : démolition et reconstruction de la maison de quartier, bâtiment Minergie, système CAD aux pellets (chaufferie dans le nouveau bâtiment) reliant la maison de quartier et le centre de quartier (réfectoire) et le jardin Robinson => 3 bâtiments connectés.
- Jardin Robinson du Lignon démolit et reconstruit : Minergie, passage du mazout à la connexion au CAD SIG (via école du Lignon).
- Nouvelle école Emilie de Morsier sur le périmètre du grand projet de Concorde, réalisée selon le standard HPE et connectée au réseau CAD Concorde (PAC sur nappe + CAD SIG).
- Dans les écoles de Aire, Avanchet-Salève, Libellules, et Châtelaine remplacement des luminaires par des luminaires crépusculaires et de mouvement ; prévu également dans les écoles de Lignon, Avanchet-Jura et Balexert entre 2019 et 2021.
- Remplacement de vitrages entre autres : Mairie, école de Châtelaine, ancienne mairie et ch. Etang 4-6.

Opérations nouvelles lumières :

Remplacer les luminaires par du LED en cours (SIG) + mesures (smart meter) des consommations et conseil pour baisser factures énergétiques (sur des bâtiments ciblés) :

- Libellules
- Châtelaine
- Mouille – Galland
- Lignon
- Avanchets

Résultats : gain de 14% en consommation électrique selon étude UNIGE. L'action inclut également des prestations de conseil aux particuliers, suivi, reporting, chèques frigo A+++ etc.

Suivi des bâtiments communaux avec Energo.

Annexe 2 - Evolution des besoins énergétiques

Besoins énergétiques des bâtiments à construire

	HPE					
	Chaleur		ECS	Electricité	Froid	
	Energie [MWh/an]	Puissance [kW]	Energie [MWh/an]	Energie [MWh/an]	Energie [MWh/an]	Puissance [kW]
Mouille-Galand	6 236	4 419	1 186	6 696	5 220	7 457
Bel-Ebat	2 285	1 619	435	2 453	1 912	2 732
Champs-Prévost	2 402	1 702	457	2 579	2 011	2 873
Etang-des-Tritons	13 873	9 126	4 470	13 397	4 375	6 250
Etang - Philibert-de-SAUVAGE	5 435	3 471	2 023	5 026	641	915
Les Avanchets	854	605	163	917	715	1 021
Vernier - Cointrin	8 409	5 299	3 313	7 625	263	375
Balexert - Crozet	0	0	0	0	0	0
Châtelaine - SIMONET	3 346	2 120	1 289	3 058	220	314
Châtelaine - village	4 515	2 893	1 653	4 197	639	912
Rte de Vernier - Pétroliers	5 617	3 804	1 528	5 655	2 886	4 123
Usine à gaz	2 124	1 379	732	2 012	481	687
Libellules	762	484	288	700	70	100
Aire - Renard	1 139	714	458	1 025	0	0
Aire - Pont-BUTIN	1 082	678	435	974	0	0
Ch. de la Verseuse	1 285	911	245	1 380	1 076	1 537
Le Lignon	0	0	0	0	0	0
Bois-des-Frères	192	121	77	173	0	0
Vernier - village	46	29	19	42	0	0
Poussy - Champ-Claude	488	307	193	442	12	16
Le Canada	0	0	0	0	0	0
Les Vidollets	193	121	77	174	0	0
Rte de Peney - Crotte-au-Loup	853	573	244	848	390	557
Balexert-centre	1 936	1 372	368	2 079	1 621	2 315
Blandonnet	1 187	583	186	1 822	821	1 172
Total	64 257	42 330	19 839	63 275	23 351	33 358

Tableau 18 : besoins futurs des constructions neuves par sous-secteur selon le standard HPE

	THPE					
	Chaleur		ECS	Electricité	Froid	
	Energie [MWh/an]	Puissance [kW]	Energie [MWh/an]	Energie [MWh/an]	Energie [MWh/an]	Puissance [kW]
Mouille-Galand	4 973	3 518	1 186	6 026	5 220	7 457
Bel-Ebat	1 822	1 289	435	2 208	1 912	2 732
Champs-Prévost	1 916	1 355	457	2 322	2 011	2 873
Etang-des-Tritons	11 522	7 610	4 470	12 057	4 375	6 250
Etang - Philibert-de-SAUVAGE	4 582	2 949	2 023	4 523	641	915
Les Avanchets	681	482	163	825	715	1 021
Vernier - Cointrin	7 135	4 541	3 313	6 862	263	375
Balexert - Crozet	0	0	0	0	0	0
Châtelaine - SIMONET	2 832	1 811	1 289	2 752	220	314
Châtelaine - village	3 799	2 453	1 653	3 777	639	912
Rte de Vernier - Pétroliers	4 595	3 114	1 528	5 090	2 886	4 123
Usine à gaz	1 776	1 159	732	1 811	481	687
Libellules	643	413	288	630	70	100
Aire - Renard	969	614	458	923	0	0
Aire - Pont-BUTIN	920	583	435	876	0	0
Ch. de la Verseuse	1 025	725	245	1 242	1 076	1 537
Le Lignon	0	0	0	0	0	0
Bois-des-Frères	164	104	77	156	0	0
Vernier - village	39	25	19	37	0	0
Poussy - Champ-Claude	414	263	193	397	12	16
Le Canada	0	0	0	0	0	0
Les Vidollets	164	104	77	156	0	0
Rte de Peney - Crotte-au-Loup	701	471	244	764	390	557
Balexert-centre	1 544	1 092	368	1 871	1 621	2 315
Blandonnet	937	469	186	1 640	821	1 172
Total	53 152	35 145	19 839	56 947	23 351	33 358

Tableau 19 : besoins futurs des constructions neuves par sous-secteur selon le standard THPE

Evolution des besoins énergétiques sur les bâtiments existants

	Scénario conservateur (0.5%/an)							
	Chaleur		ECS	Electricité	Froid		Evolution besoins chaleur	
	Energie	Puissance	Energie	Energie	Energie	Puissance	Energie	%
	[MWh/an]	[kW]	[MWh/an]	[MWh/an]	[MWh/an]	[kW]	[MWh/an]	
Mouille-Galand	10 868	9 792	636	7 796	706	706	-377	-3%
Bel-Ebat	12 134	10 337	476	6 537	2 095	2 095	-415	-3%
Champs-Prévoist	5 722	4 171	796	3 887	1 929	1 929	-227	-4%
Etang-des-Tritons	2 484	1 509	494	1 467	550	550	-78	-3%
Etang - Philibert-de-SAUVAGE	2 662	1 613	299	1 324	19	19	-119	-4%
Les Avanchets	30 125	18 283	5 663	9 498	317	317	-1 137	-4%
Vernier - Cointrin	4 520	2 757	748	2 112	335	335	-72	-2%
Balexert - Crozet	8 809	5 221	1 606	2 362	0	0	-339	-4%
Châtelaine - SIMONET	4 673	2 760	887	1 573	0	0	-628	-12%
Châtelaine - village	17 801	11 131	3 491	7 874	1 336	1 336	-1 768	-9%
Rte de Vernier - Pétroliers	8 961	7 832	653	3 852	585	585	-322	-3%
Usine à gaz	18 387	14 505	2 541	23 210	5 330	5 330	-789	-4%
Libellules	11 559	6 890	2 514	4 420	53	53	-2 142	-16%
Aïre - Renard	9 654	5 846	1 200	3 813	11	11	-388	-4%
Aïre - Pont-BUTIN	7 469	4 599	916	2 090	28	28	-328	-4%
Ch. de la Verseuse	4 752	4 594	168	27 083	141	141	-616	-11%
Le Lignon	31 393	18 869	6 291	10 776	619	619	-1 183	-4%
Bois-des-Frères	4 387	2 667	554	1 754	72	72	-181	-4%
Vernier - village	6 602	4 235	1 018	2 210	294	294	-239	-3%
Poussy - Champ-Claude	17 096	10 361	2 894	5 735	76	76	-411	-2%
Le Canada	58 899	9 585	307	23 703	21 000	3 500	-90	0%
Les Vidollets	7 304	4 343	1 012	2 747	0	0	-346	-5%
Rte de Peney - Crotte-au-Loup	7 374	4 636	1 268	3 548	803	803	-290	-4%
Balexert-centre	6 913	5 761	575	3 240	4 292	4 292	-299	-4%
Blandonnet	5 384	3 847	730	3 929	4 147	4 147	-1	0%
Total	305 932	176 143	37 740	166 540	44 738	27 239	-12 784	-4.0%

Tableau 20 : besoins futurs sur le tissu bâti existant par sous-secteur selon le scénario conservateur

	Scénario ambitieux (2%/an)							
	Chaleur		ECS	Electricité	Froid		Evolution besoins chaleur	
	Energie	Puissance	Energie	Energie	Energie	Puissance	Energie	%
	[MWh/an]	[kW]	[MWh/an]	[MWh/an]	[MWh/an]	[kW]	[MWh/an]	
Mouille-Galand	10 236	9 222	636	7 017	706	706	-1 009	-9%
Bel-Ebat	11 648	9 923	476	5 884	2 095	2 095	-901	-7%
Champs-Prévoist	5 042	3 675	796	3 498	1 929	1 929	-906	-15%
Etang-des-Tritons	2 250	1 366	494	1 320	550	550	-313	-12%
Etang - Philibert-de-SAUVAGE	2 340	1 418	299	1 192	19	19	-440	-16%
Les Avanchets	26 713	16 212	5 663	8 549	317	317	-4 549	-15%
Vernier - Cointrin	4 303	2 625	748	1 901	335	335	-289	-6%
Balexert - Crozet	7 790	4 617	1 606	2 125	0	0	-1 358	-15%
Châtelaine - SIMONET	4 123	2 435	887	1 416	0	0	-1 178	-22%
Châtelaine - village	16 143	10 094	3 491	7 086	1 336	1 336	-3 426	-18%
Rte de Vernier - Pétroliers	7 996	6 988	653	3 467	585	585	-1 287	-14%
Usine à gaz	16 587	13 085	2 541	20 889	5 330	5 330	-2 588	-13%
Libellules	10 481	6 247	2 514	3 978	53	53	-3 221	-24%
Aïre - Renard	8 562	5 185	1 200	3 432	11	11	-1 481	-15%
Aïre - Pont-BUTIN	6 750	4 156	916	1 881	28	28	-1 047	-13%
Ch. de la Verseuse	4 190	4 051	168	24 375	141	141	-1 178	-22%
Le Lignon	27 844	16 736	6 291	9 699	619	619	-4 731	-15%
Bois-des-Frères	3 845	2 337	554	1 579	72	72	-722	-16%
Vernier - village	5 884	3 775	1 018	1 989	294	294	-958	-14%
Poussy - Champ-Claude	15 864	9 614	2 894	5 161	76	76	-1 643	-9%
Le Canada	58 628	9 541	307	21 332	21 000	3 500	-360	-1%
Les Vidollets	6 680	3 971	1 012	2 473	0	0	-970	-13%
Rte de Peney - Crotte-au-Loup	6 654	4 184	1 268	3 194	803	803	-1 010	-13%
Balexert-centre	6 017	5 015	575	2 916	4 292	4 292	-1 195	-17%
Blandonnet	5 382	3 846	730	3 536	4 147	4 147	-3	0%
Total	281 951	160 318	37 740	149 886	44 738	27 239	-36 765	-11.5%

Tableau 21 : besoins futurs sur le tissu bâti existant par sous-secteur selon le scénario conservateur

Besoins énergétiques futurs (2'035) totaux (existant + neuf)

	Scénario conservateur (0.5%/an + HPE)									
	Chaleur		ECS	Electricité	Froid		Evolution besoins chaleur		Evolution besoins totaux	
	Energie	Puissance	Energie	Energie	Energie	Puissance	Energie	%	Energie	%
	[MWh/an]	[kW]	[MWh/an]	[MWh/an]	[MWh/an]	[kW]	[MWh/an]		[MWh/an]	
Mouille-Galand	17 104	14 211	1 823	14 492	5 926	8 163	5 859	52%	17 621	89%
Bel-Ebat	14 419	11 956	911	8 991	4 007	4 827	1 870	15%	6 235	29%
Champs-Prévoist	8 124	5 873	1 253	6 466	3 940	4 802	2 176	37%	6 766	58%
Etang-des-Tritons	16 357	10 635	4 964	14 864	4 925	6 800	13 795	538%	31 567	689%
Etang - Philibert-de-SAUVAGE	8 097	5 084	2 322	6 350	660	934	5 316	191%	10 979	266%
Les Avanchets	30 979	18 889	5 825	10 416	1 032	1 339	-283	-1%	1 349	3%
Vernier - Cointrin	12 928	8 056	4 062	9 737	597	710	8 336	182%	16 224	231%
Balexert - Crozet	8 809	5 221	1 606	2 362	0	0	-339	-4%	-339	-3%
Châtelaine - SIMONET	8 019	4 880	2 177	4 631	220	314	2 718	51%	5 834	83%
Châtelaine - village	22 316	14 024	5 144	12 071	1 975	2 248	2 747	14%	7 178	25%
Rte de Vernier - Pétroliers	14 578	11 636	2 181	9 508	3 471	4 708	5 295	57%	13 837	101%
Usine à gaz	20 511	15 884	3 273	25 221	5 811	6 017	1 335	7%	3 768	8%
Libellules	12 321	7 374	2 802	5 120	123	153	-1 380	-10%	-948	-5%
Aire - Renard	10 793	6 561	1 657	4 838	11	11	750	7%	1 770	13%
Aire - Pont-BUTIN	8 550	5 277	1 351	3 063	28	28	753	10%	1 719	17%
Ch. de la Verseuse	6 037	5 505	412	28 463	1 217	1 678	669	12%	3 073	9%
Le Lignon	31 393	18 869	6 291	10 776	619	619	-1 183	-4%	-1 183	-3%
Bois-des-Frères	4 579	2 787	632	1 927	72	72	12	0%	185	3%
Vernier - village	6 648	4 264	1 037	2 251	294	294	-193	-3%	-152	-2%
Poussy - Champ-Claude	17 584	10 668	3 088	6 176	87	92	77	0%	530	2%
Le Canada	58 899	9 585	307	23 703	21 000	3 500	-90	0%	-90	0%
Les Vidollets	7 497	4 463	1 089	2 921	0	0	-153	-2%	-7	0%
Rte de Peney - Crotte-au-Loup	8 227	5 209	1 512	4 397	1 193	1 360	563	7%	1 799	15%
Balexert-centre	8 849	7 133	944	5 318	5 913	6 608	1 637	23%	5 337	36%
Blandonnet	6 571	4 431	917	5 752	4 968	5 320	1 186	22%	3 829	28%
Total	370 189	218 474	57 580	229 815	68 089	60 597	51 473	16.2%	136 883	25.8%

Tableau 22 : besoins futurs totaux par sous-secteur selon le scénario conservateur

	Scénario ambitieux (2%/an + THPE)									
	Chaleur		ECS	Electricité	Froid		Evolution besoins chaleur		Evolution besoins totaux	
	Energie	Puissance	Energie	Energie	Energie	Puissance	Energie	%	Energie	%
	[MWh/an]	[kW]	[MWh/an]	[MWh/an]	[MWh/an]	[kW]	[MWh/an]		[MWh/an]	
Mouille-Galand	15 209	12 740	1 823	13 043	5 926	8 163	3 964	35%	14 277	72%
Bel-Ebat	13 470	11 211	911	8 092	4 007	4 827	921	7%	4 388	21%
Mouille-Galand	6 958	5 030	1 253	5 820	3 940	4 802	1 010	17%	4 953	42%
Bel-Ebat	13 772	8 977	4 964	13 378	4 925	6 800	11 209	437%	27 495	600%
Champs-Prévoist	6 922	4 367	2 322	5 715	660	934	4 141	149%	9 170	222%
Etang-des-Tritons	27 394	16 694	5 825	9 374	1 032	1 339	-3 868	-12%	-3 278	-8%
Etang - Philibert-de-SAUVAGE	11 437	7 166	4 062	8 763	597	710	6 845	149%	13 759	195%
Les Avanchets	7 790	4 617	1 606	2 125	0	0	-1 358	-15%	-1 594	-14%
Vernier - Cointrin	6 955	4 246	2 177	4 168	220	314	1 653	31%	4 307	61%
Balexert - Crozet	19 942	12 547	5 144	10 864	1 975	2 248	373	2%	3 597	12%
Châtelaine - SIMONET	12 590	10 103	2 181	8 557	3 471	4 708	3 308	36%	10 899	79%
Châtelaine - village	18 363	14 245	3 273	22 699	5 811	6 017	-813	-4%	-902	-2%
Rte de Vernier - Pétroliers	11 124	6 659	2 802	4 608	123	153	-2 577	-19%	-2 657	-14%
Usine à gaz	9 530	5 799	1 657	4 354	11	11	-512	-5%	24	0%
Libellules	7 670	4 739	1 351	2 757	28	28	-127	-2%	532	5%
Aire - Renard	5 215	4 776	412	25 617	1 217	1 678	-153	-3%	-596	-2%
Aire - Pont-BUTIN	27 844	16 736	6 291	9 699	619	619	-4 731	-15%	-5 809	-13%
Ch. de la Verseuse	4 009	2 441	632	1 735	72	72	-559	-12%	-578	-9%
Le Lignon	5 923	3 799	1 037	2 026	294	294	-918	-13%	-1 102	-12%
Bois-des-Frères	16 278	9 877	3 088	5 559	87	92	-1 229	-7%	-1 393	-6%
Vernier - village	58 628	9 541	307	21 332	21 000	3 500	-360	-1%	-2 731	-3%
Poussy - Champ-Claude	6 844	4 075	1 089	2 629	0	0	-806	-11%	-952	-9%
Le Canada	7 354	4 655	1 512	3 957	1 193	1 360	-309	-4%	487	4%
Les Vidollets	7 561	6 107	944	4 787	5 913	6 608	350	5%	3 517	24%
Rte de Peney - Crotte-au-Loup	6 319	4 315	917	5 176	4 968	5 320	934	17%	3 002	22%
Total	335 103	195 463	57 580	206 833	68 089	60 597	16 387	5.1%	78 816	14.8%

Tableau 23 : besoins futurs totaux par sous-secteur selon le scénario ambitieux

Annexe 3 - Potentiel détaillé des ressources énergétiques renouvelables locales par sous-secteur statistique

Géothermie basse profondeur

Sous-secteur	Surface [m ²]	Nombre de sondes [-]	Besoins de chaleur				Besoins de refroidissement			
			Energie chaleur	couverture besoins	Puissance chaleur	couverture besoins	Energie froid	couverture besoins	Puissance froid	couverture besoins
			[MWh/an]	[%]	[kW]	[%]	[MWh/an]	[%]	[kW]	[%]
Mouille-Galand	0	0	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Bel-Ebat	45 991	460	4 967	34%	2 957	25%	2 300	57%	1 379	29%
Champs-Prévoist	19 050	192	2 057	25%	1 224	21%	954	24%	570	12%
Etang-des-Tritons	36 073	360	3 897	24%	2 320	22%	1 803	37%	1 083	16%
Etang - Philibert-de-SAU	73 558	737	7 945	98%	4 731	93%	3 679	558%	2 206	236%
Les Avanchets	10 456	105	1 130	4%	672	4%	522	51%	314	23%
Vernier - Cointrin	16 215	162	1 750	14%	1 042	13%	811	136%	486	68%
Balexert - Crozet	12 822	128	1 383	16%	823	16%	641	-	385	-
Châtelaine - SIMONET	17 925	180	1 936	24%	1 152	24%	897	408%	537	171%
Châtelaine - village	97 540	976	10 533	47%	6 270	45%	4 877	247%	2 925	130%
Rte de Vernier - Pétrolier	64 623	648	6 979	48%	4 154	36%	3 232	93%	1 938	41%
Usine à gaz	48 256	481	5 209	25%	3 102	20%	2 413	42%	1 447	24%
Libellules	43 203	430	4 665	38%	2 780	38%	2 159	1757%	1 297	849%
Aire - Renard	107 197	1 073	11 581	107%	6 892	105%	5 360	46788%	3 216	28073%
Aire - Pont-BUTIN	62 803	630	6 787	79%	4 038	77%	3 142	11347%	1 883	6800%
Ch. de la Verseuse	14 377	143	1 555	26%	924	17%	718	59%	431	26%
Le Lignon	61 742	619	6 669	21%	3 972	21%	3 088	499%	1 852	299%
Bois-des-Frères	32 472	325	3 506	77%	2 087	75%	1 624	2252%	974	1350%
Vernier - village	25 241	255	2 725	41%	1 624	38%	1 264	430%	757	258%
Poussy - Champ-Claude	70 569	704	7 622	43%	4 533	42%	3 527	4041%	2 117	2295%
Le Canada	33 892	338	3 661	6%	2 180	23%	1 694	8%	1 016	29%
Les Vidollets	31 806	320	3 435	46%	2 042	46%	1 593	-	952	-
Rte de Peney - Crotte-au-Loup	2 825	28	305	4%	182	3%	141	12%	85	6%
Balexert-centre	3 700	37	399	5%	238	3%	185	3%	111	2%
Blandonnet	7 925	79	855	13%	510	12%	396	8%	238	4%
TOTAL	940 261	9 410	101 551	27%	60 449	28%	47 020	69%	28 199	47%

Tableau 24 : potentiel des sondes géothermiques par sous-secteur statistique (couverture des besoins selon scénario conservateur)

	Nappes	Chaleur		Couverture besoins		Froid		Couverture besoins	
		Energie	Puissance	Energie	Puissance	Energie	Puissance	Energie	Puissance
		[MWh/an]	[kW]	%	%	[MWh/an]	[kW]	%	%
Mouille-Galand	Montfleury+Nant d'Avril	1 819	1 070	10.6%	7.5%	856	856	14.4%	10.5%
Bel-Ebat	Montfleury	344	203	2.4%	1.7%	162	162	4.0%	3.4%
Champs-Prévoist	Montfleury	333	195	4.1%	3.3%	157	157	4.0%	3.3%
Etang-des-Tritons	Montfleury	298	175	1.8%	1.6%	140	140	2.8%	2.1%
Etang - Philibert-de-SAUVAGE				0.0%	0.0%			0.0%	0.0%
Les Avanchets				0.0%	0.0%			0.0%	0.0%
Vernier - Cointrin				0.0%	0.0%			0.0%	0.0%
Balexert - Crozet				0.0%	0.0%			-	-
Châtelaine - SIMONET				0.0%	0.0%			0.0%	0.0%
Châtelaine - village				0.0%	0.0%			0.0%	0.0%
Rte de Vernier - Pétroliers	Montfleury	483	284	3.3%	2.4%	227	227	6.5%	4.8%
Usine à gaz				0.0%	0.0%			0.0%	0.0%
Libellules				0.0%	0.0%			0.0%	0.0%
Aire - Renard	Rhône	83	49	0.8%	0.7%	39	39	340.4%	340.4%
Aire - Pont-BUTIN	Rhône	153	90	1.8%	1.7%	72	72	260.0%	260.0%
Ch. de la Verseuse	Rhône	908	534	15.0%	9.7%	427	427	35.1%	25.4%
Le Lignon	Montfleury+Rhône	439	259	1.4%	1.4%	207	207	33.4%	33.4%
Bois-des-Frères	Montfleury+Rhône	996	587	21.7%	21.1%	469	469	650.3%	650.3%
Vernier - village	Montfleury+N.d'Avril+Rhône	856	503	12.9%	11.8%	403	403	137.2%	137.2%
Poussy - Champ-Claude	Montfleury+Nant d'Avril	483	285	2.7%	2.7%	227	227	260.1%	246.1%
Le Canada	Montfleury+Rhône	530	312	0.9%	3.3%	249	249	1.2%	7.1%
Les Vidollets	Montfleury+Nant d'Avril	337	199	4.5%	4.5%	158	158	-	-
Rte de Peney - Crotte-au-Loup	Montfleury+Nant d'Avril	2 060	1 212	25.0%	23.3%	969	969	81.2%	71.2%
Balexert-centre				0.0%	0.0%			0.0%	0.0%
Blandonnet	Montfleury	51	30	0.8%	0.7%	24	24	0.5%	0.5%
Total		10 173	5 987	2.7%	2.7%	4 786	4 786	7.0%	7.9%

Tableau 25 : potentiel thermique des nappes phréatiques par sous-secteur ('-' indique que le pourcentage de couverture des besoins – froid est sans signification étant donné l'absence de tels besoins sur le sous-secteur).

Energie solaire

Potentiel actuel (2016)

Sous-secteur	Patrimoine	Solaire thermique (ECS)				Solaire PV (électricité)				
		% toitures valorisées	Surface panneaux	Production thermique	Couverture besoins ECS	% toitures valorisées	Surface panneaux	Production électrique	Puissance installée	Couverture besoins
		[%]	[m2]	[MWh/an]	[%]	[%]	[m2]	[MWh/an]	[kWc]	[%]
Mouille-Galand		0%	144	55		100%	40958	6572	6553	
	x	-	0	0	8%	-	0	0	0	83%
Bel-Ebat		7%	623	303		93%	13626	2137	2180	
	x	-	0	0	32%	-	0	0	0	33%
Champs-Prévost		1%	129	45		99%	20118	3203	3219	
	x	22%	8	3	10%	79%	29	4	5	83%
Etang-des-Tritons		5%	468	217		95%	11825	1875	1892	
	x	-	0	0	28%	-	0	0	0	128%
Etang - Philibert-de-SAUVAGE		7%	279	96		92%	3049	468	488	
	x	-	0	0	17%	-	0	0	0	35%
Les Avanchets		56%	5259	2872		41%	6419	989	1027	
	x	-	0	0	52%	-	0	0	0	10%
Vernier - Cointrin		24%	835	351		76%	3850	591	616	
	x	-	0	0	55%	-	0	0	0	28%
Balexert - Crozet		49%	2406	979		49%	4025	610	644	
	x	-	0	0	66%	-	0	0	0	26%
Châtelaine - SIMONET		58%	1256	553		42%	1607	243	257	
	x	-	0	0	53%	-	0	0	0	14%
Châtelaine - village		51%	4652	2098		49%	7679	1190	1229	
	x	17%	99	36	58%	83%	467	74	75	15%
Rte de Vernier - Pétroliers		1%	238	79		99%	20814	3261	3330	
	x	-	0	0	17%	-	0	0	0	85%
Usine à gaz		4%	938	425		96%	39126	6119	6260	
	x	0%	0	0	19%	100%	100	15	16	26%
Libellules		37%	2973	1173		63%	6364	994	1018	
	x	-	0	0	49%	-	0	0	0	21%
Aire - Renard		14%	1898	706		86%	15017	2311	2403	
	x	-	0	0	53%	-	0	0	0	61%
Aire - Pont-BUTIN		17%	1368	500		83%	7822	1209	1252	
	x	15%	89	30	54%	85%	508	77	81	61%
Ch. de la Verseuse		0%	44	15		100%	14126	2198	2260	
	x	-	0	0	10%	-	0	0	0	8%
Le Lignon		-	0	0		-	0	0	0	
	x	48%	4380	2463	46%	52%	7688	1203	1230	11%
Bois-des-Frères		19%	624	290		81%	3762	581	602	
	x	-	0	0	32%	-	0	0	0	33%
Vernier - village		12%	1019	367		88%	7139	1089	1142	
	x	6%	45	15	45%	94%	719	109	115	54%
Poussy - Champ-Claude		35%	4587	1787		65%	12194	1891	1951	
	x	1%	3	1	62%	99%	227	35	36	34%
Le Canada		0%	18	7		100%	17891	2818	2863	
	x	-	0	0	2%	-	0	0	0	12%
Les Vidollets		13%	2077	720		86%	13621	2065	2179	
	x	-	0	0	57%	-	0	0	0	74%
Rte de Peney - Crotte-au-Loup		39%	2534	1069		61%	6671	1051	1067	
	x	12%	12	4	67%	88%	90	14	14	30%
Balexert-centre		0%	0	0		100%	12678	1975	2028	
	x	-	0	0	0%	-	0	0	0	61%
Blandonnet		0%	0	0		100%	2788	436	446	
	x	-	0	0	0%	-	0	0	0	11%
TOTAL		15%	34 371	14 707		85%	293 169	45 874	46 907	
	x	44%	4 635	2 552	46%	55.7%	9 828	1 533	1 572	28%

Tableau 26 : potentiel solaire mixte thermique et PV par sous-secteur sur le tissu bâti actuel selon le cadastre solaire genevois (version 2016)

Potentiel futur – 2035

Sous-secteur	Patrimoine	Solaire thermique (ECS)				Solaire PV (électricité)				
		% toitures valorisées	Surface panneaux	Production thermique	Couverture besoins ECS	% toitures valorisées	Surface panneaux	Production électrique	Puissance installée	Couverture besoins
		[%]	[m2]	[MWh/an]	[%]	[%]	[m2]	[MWh/an]	[kWc]	[%]
Mouille-Galand		6%	2 570	1 397	47%	84%	55 122	9 053	8 961	62%
	x	-	0	0		-	0	0	0	
Bel-Ebat		10%	1 512	794	44%	80%	18 815	3 046	3 062	34%
	x	-	0	0		-	0	0	0	
Champs-Prévoist		5%	1 064	562	42%	86%	25 575	4 158	4 146	64%
	x	22%	8	3		79%	29	4	5	
Etang-des-Tritons		13%	4 871	2 650	53%	67%	37 528	6 377	6 261	43%
	x	-	0	0		-	0	0	0	
Etang - Philibert-de-SAUVAGE		15%	1 856	968	46%	64%	12 257	2 081	2 053	33%
	x	-	0	0		-	0	0	0	
Les Avanchets		49%	5 591	3 056	52%	44%	8 359	1 328	1 357	13%
	x	-	0	0		-	0	0	0	
Vernier - Cointrin		17%	3 175	1 644	57%	62%	17 511	2 984	2 938	31%
	x	-	0	0		-	0	0	0	
Balexert - Crozet		49%	2 406	979	66%	49%	4 025	610	644	26%
	x	-	0	0		-	0	0	0	
Châtelaine - SIMONET		26%	2 203	1 076	55%	55%	7 136	1 212	1 197	25%
	x	-	0	0		-	0	0	0	
Châtelaine - village		34%	5 977	2 830	58%	54%	15 413	2 545	2 543	21%
	x	17%	99	36		83%	467	74	75	
Rte de Vernier - Pétroliers		9%	2 174	1 149	49%	78%	32 115	5 240	5 251	55%
	x	-	0	0		-	0	0	0	
Usine à gaz		6%	1 586	783	28%	90%	42 909	6 781	6 903	27%
	x	0%	0	0		100%	100	15	16	
Libellules		33%	3 191	1 294	50%	62%	7 638	1 218	1 235	22%
	x	-	0	0		-	0	0	0	
Aire - Renard		15%	2 210	879	54%	81%	16 839	2 630	2 712	54%
	x	-	0	0		-	0	0	0	
Aire - Pont-BUTIN		17%	1 664	664	55%	76%	9 552	1 512	1 546	52%
	x	15%	89	30		85%	508	77	81	
Ch. de la Verseuse		5%	544	291	47%	89%	17 045	2 709	2 756	10%
	x	-	0	0		-	0	0	0	
Le Lignon		48%	4 380	2 463	46%	52%	7 688	1 203	1 230	11%
	x	-	0	0		-	0	0	0	
Bois-des-Frères		18%	677	320	33%	79%	4 070	635	654	33%
	x	-	0	0		-	0	0	0	
Vernier - village		12%	1 032	374	46%	87%	7 213	1 102	1 155	54%
	x	6%	45	15		94%	719	109	115	
Poussy - Champ-Claude		33%	4 723	1 862	62%	65%	12 983	2 029	2 085	33%
	x	1%	3	1		99%	227	35	36	
Le Canada		0%	18	7	2%	100%	17 891	2 818	2 863	12%
	x	-	0	0		-	0	0	0	
Les Vidollets		14%	2 130	749	57%	85%	13 929	2 119	2 232	72%
	x	-	0	0		-	0	0	0	
Rte de Peney - Crotte-au-Loup		34%	2 821	1 228	66%	60%	8 348	1 344	1 352	31%
	x	12%	12	4		88%	90	14	14	
Balexert-centre		6%	753	416	33%	85%	17 076	2 746	2 776	52%
	x	-	0	0		-	0	0	0	
Blandonnet		9%	381	211	25%	76%	5 014	826	825	21%
	x	-	0	0		-	0	0	0	
TOTAL	x	15%	55 128	26 183	50%	75%	414 364	67 104	67 510	30%
		44%	4 635	2 552		55.7%	9 828	1 533	1 572	

Tableau 27 : potentiel solaire séparé – PV et thermique – futur par sous-secteur incluant les nouvelles constructions

Sous-secteur	Patrimoine	Surface panneaux	Production thermique	Couverture besoins th.	Production électrique	Puissance installée	Couverture besoins
		[m ²]	[MWh/an]	[%]	[MWh/an]	[kWc]	[%]
Mouille-Galand	x	57 692 0	11 538 0	67%	9 438 0	9 398 0	64%
Bel-Ebat	x	20 327 0	4 065 0	28%	3 273 0	3 319 0	36%
Champs-Prévoist	x	26 638 37	5 328 7	65%	4 318 6	4 327 6	67%
Etang-des-Tritons	x	42 398 0	8 480 0	52%	7 108 0	7 089 0	48%
Etang - Philibert-de-SAUVAGE	x	14 113 0	2 823 0	35%	2 359 0	2 369 0	37%
Les Avanchets	x	13 950 0	2 790 0	9%	2 167 0	2 307 0	21%
Vernier - Cointrin	x	20 686 0	4 137 0	32%	3 460 0	3 478 0	36%
Balexert - Crozet	x	6 431 0	1 286 0	15%	971 0	1 053 0	41%
Châtelaine - SIMONET	x	9 338 0	1 868 0	22%	1 542 0	1 571 0	32%
Châtelaine - village	x	21 390 566	4 278 113	19%	3 441 89	3 560 92	28%
Rte de Vernier - Pétroliers	x	34 289 0	6 858 0	47%	5 567 0	5 621 0	59%
Usine à gaz	x	44 495 100	8 899 20	43%	7 019 15	7 173 16	28%
Libellules	x	10 829 0	2 166 0	15%	1 696 0	1 777 0	31%
Aïre - Renard	x	19 048 0	3 810 0	35%	2 961 0	3 088 0	61%
Aïre - Pont-BUTIN	x	11 217 597	2 243 119	27%	1 761 91	1 829 96	60%
Ch. de la Verseuse	x	17 589 0	3 518 0	54%	2 791 0	2 849 0	10%
Le Lignon	x	0 12 068	0 2 414	8%	0 1 859	0 1 975	17%
Bois-des-Frères	x	4 747 0	949 0	21%	736 0	769 0	38%
Vernier - village	x	8 245 764	1 649 153	27%	1 257 116	1 330 123	61%
Poussy - Champ-Claude	x	17 706 230	3 541 46	20%	2 737 36	2 888 37	45%
Le Canada	x	17 909 0	3 582 0	6%	2 821 0	2 866 0	12%
Les Vidollets	x	16 059 0	3 212 0	42%	2 439 0	2 594 0	83%
Rte de Peney - Crotte-au-Loup	x	11 169 102	2 234 20	27%	1 768 16	1 832 16	41%
Balexert-centre	x	17 829 0	3 566 0	40%	2 859 0	2 904 0	54%
Blandonnet	x	5 396 0	1 079 0	16%	883 0	889 0	15%
TOTAL	x	469 492 14 463	93 898 2 893	26%	75 373 2 228	76 882 2 360	34%

Tableau 28 : potentiel solaire hybride par sous-secteur incluant les nouvelles constructions

Bilan global toutes ressources locales confondues

	Chaleur						Electricité		Froid			
	Energie			Puissance			Energie		Energie		Puissance	
	[MWh/an]	% Cons	% Amb	[kW]	% Cons	% Amb	[MWh/an]	% Amb	[MWh/an]	%	[kW]	%
Mouille-Galand	23 361	137%	154%	13 976	98%	110%	9 442	72%	856	14%	856	10%
Bel-Ebat	9 378	65%	70%	5 945	50%	53%	3 274	40%	2 462	61%	1 541	32%
Champs-Prévost	8 313	102%	119%	5 565	95%	111%	4 319	74%	2 211	56%	1 827	38%
Etang-des-Tritons	18 015	110%	131%	11 445	108%	127%	7 115	53%	5 943	121%	5 223	77%
Etang - Philibert-de-SAUVAGE	10 770	133%	156%	6 666	131%	153%	2 362	41%	3 679	558%	2 206	236%
Les Avanchets	3 921	13%	14%	2 583	14%	15%	2 168	23%	522	51%	314	23%
Vernier - Cointrin	5 891	46%	52%	3 878	48%	54%	3 464	40%	811	136%	486	68%
Balexert - Crozet	2 669	30%	34%	1 704	33%	37%	971	46%	641	-	385	-
Châtelaine - SIMONET	3 805	47%	55%	2 432	50%	57%	1 544	37%	897	408%	537	171%
Châtelaine - village	14 813	66%	74%	9 202	66%	73%	3 444	32%	4 877	247%	2 925	130%
Rte de Vernier - Pétroliers	14 323	98%	114%	9 137	79%	90%	5 570	65%	3 459	100%	2 165	46%
Usine à gaz	14 109	69%	77%	9 198	58%	65%	7 020	31%	2 413	42%	1 447	24%
Libellules	6 831	55%	61%	4 264	58%	64%	1 697	37%	2 159	1757%	1 297	849%
Aire - Renard	15 474	143%	162%	9 551	146%	165%	2 962	68%	5 399	47128%	3 255	28413%
Aire - Pont-BUTIN	9 184	107%	120%	5 665	107%	120%	1 762	64%	3 214	11607%	1 955	7060%
Ch. de la Verseuse	5 982	99%	115%	3 868	70%	81%	2 792	11%	1 145	94%	858	51%
Le Lignon	9 522	30%	34%	5 884	31%	35%	1 859	19%	3 295	532%	2 059	332%
Bois-des-Frères	5 451	119%	136%	3 324	119%	136%	736	42%	2 093	2902%	1 443	2001%
Vernier - village	5 230	79%	88%	3 256	76%	86%	1 257	62%	1 667	567%	1 160	395%
Poussy - Champ-Claude	11 646	66%	72%	7 244	68%	73%	2 738	49%	3 754	4301%	2 344	2542%
Le Canada	17 773	30%	30%	9 945	104%	104%	2 821	13%	22 943	109%	4 765	136%
Les Vidollets	6 984	93%	102%	4 441	99%	109%	2 439	93%	1 751	-	1 110	-
Rte de Peney - Crotte-au-Loup	9 599	117%	131%	5 424	104%	117%	1 768	45%	1 110	93%	1 054	77%
Balexert-centre	10 366	117%	137%	7 981	112%	131%	2 860	60%	4 085	69%	4 011	61%
Blandonnet	7 386	112%	117%	5 080	115%	118%	884	17%	4 520	91%	4 362	82%
TOTAL	250 794	68%	75%	157 657	72%	81%	77 267	37%	85 906	126%	49 585	82%

Tableau 29: synthèse du potentiel des gisements totaux par sous-secteur