

CET N° 2011-13



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

14 MARS 2011

ILOT DES MENUISIERS

(PLQ Menuisiers 1 et 2 et Léopard)
Carouge

CONCEPT ENERGETIQUE TERRITORIAL



Mars 2011

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION	6
2. APPROCHE ET DÉMARCHE	6
3. MISE EN CONTEXTE	6
3.1 Carouge-Est	6
3.2 Périmètre d'étude	7
3.3 Bâtiments projetés.....	8
3.4 Contexte légal et normatif	8
3.5 Contexte stratégique et politique	9
3.5.1 Niveau cantonal.....	9
3.5.2 Niveau municipal	10
3.6 Contexte environnemental	11
3.7 Etudes parallèles.....	12
4. ETAT DES LIEUX ÉNERGÉTIQUE	13
4.1 Périmètre d'entrée.....	13
4.2 Périmètre d'influence.....	13
4.3 Acteurs concernés dans le périmètre d'entrée.....	14
4.4 Evaluation des besoins existants dans le périmètre d'entrée	15
4.5 Approvisionnements actuels en énergie	17
5. EVALUATION DES BESOINS FUTURS	18
5.1 Etapes de réalisation des PLQ.....	18
5.2 Contraintes de construction dans le cadre des PLQ	19
5.3 Calcul des besoins thermiques futurs	19
5.3.1 Surfaces de référence énergétique	19
5.3.2 Indices de dépense énergétique	19
5.3.3 Bâtiments conservés	20
5.3.4 Besoins thermiques futurs.....	20
5.3.5 Evolution des besoins et des surfaces de référence énergétique.....	21
5.3.6 Evaluation de la puissance.....	23
5.4 Potentiel des ressources énergétiques renouvelables locales.....	24
5.4.1 Energie solaire.....	24

5.4.2	<i>Géothermie</i>	24
5.4.3	<i>Air thermique</i>	25
5.4.4	<i>Arve</i>	25
5.4.5	<i>Eaux usées</i>	26
5.4.6	<i>Bois</i>	26
5.4.7	<i>Rejets thermiques</i>	26
5.4.8	<i>Ressources conventionnelles</i>	27
6.	STRATÉGIES D'APPROVISIONNEMENT	27
6.1	Scénarios envisagés	27
6.1.1	<i>Stratégie 1 : stratégie minimale</i>	28
6.1.2	<i>Stratégie 2 : stratégie solaire</i>	28
6.1.3	<i>Stratégie 3 : stratégie PAC</i>	29
6.1.4	<i>Stratégie 4 : stratégie expérimentale</i>	29
6.1.5	<i>Stratégie 5 : stratégie pilote</i>	30
6.1.6	<i>Préconisations pour les bâtiments conservés</i>	31
6.2	Evaluation des stratégies	31
6.3	Raccordement au CAD	33
6.4	Mesures conservatoires	34
6.5	Plan des infrastructures	34
7.	SYNTHÈSE ET CONCLUSIONS	35

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carouge-Est avec le périmètre d'étude	Figure 2 : Zones d'affectation (Source : SITG)	7
Figure 3 : Périmètre d'étude incluant les 3 PLQ et projets de développement dans un horizon de 15 ans		7
Figure 4 : Morphologie du bâti des projets en cours (p. 16).....		10
Figure 5 : Immissions NO2 en 2008 (Source : SITG)		11
Figure 6 : Périmètre de l'étude de stratégie énergétique A&W		12
Figure 7 : Périmètre d'influence		14
Figure 8 : Projets et acteurs concernés à Carouge-Est		15
Figure 9 : Moyenne de l'indice de dépense énergétique des deux dernières années (MJ/m ² .an, 2009)		16
Figure 10 : Etapes de réalisation selon les trois horizons de 5 ans.....		18
Figure 11 : Evolution des SRE d'ici 2025		22
Figure 12 : Evolution des besoins selon les étapes de réalisation pour les 3 PLQ pour la variante Minergie		22
Figure 13 : Evolution des besoins selon les étapes de réalisation pour les 3 PLQ pour la variante Minergie P.....		23
Figure 14 : Plan des infrastructures énergétiques		34

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques des bâtiments projetés	8
Tableau 2 : Résumé des besoins actuels pour chacun des PLQ	17
Tableau 3 : Pourcentage d'approvisionnement actuel des secteurs pour chaque agent énergétique (Source : ScanE)	17
Tableau 4 : Répartition des réalisations par horizon de 5 ans	18
Tableau 5 : Indices énergétiques selon les exigences Minergie et Minergie-P	19
Tableau 6 : Tableau récapitulatif	20
Tableaux 7 : Récapitulatif selon les variantes Minergie et Minergie-P et les 3 horizons	20
Tableau 8 : Besoins en énergie thermique (chauffage et ECS) pour différents standards énergétiques (bâtiments projetés seulement)	21
Tableau 9 : Evolution du nombre d'habitants	21
Tableau 10 : Evolution des SRE pour chaque horizon de 5 ans.....	22
Tableau 11 : Puissances estimées à partir des besoins	23

Tableau 12 : Potentiel solaire à l'horizon 2025	24
Tableau 13 : Description stratégie 1.....	28
Tableau 14 : Description stratégie 2.....	28
Tableau 15 : Description stratégie 3.....	29
Tableau 16 : Description stratégie 4.....	30
Tableau 17 : Caractéristiques des différents scénarios	32

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Potentiels de développement de la Ville de Carouge

Annexe 2 : Planning prévisionnel de réalisation des bâtiments

Annexe 3 : Tableaux détaillés des besoins existants pour chaque PLQ

Annexe 4 : Surfaces brutes de plancher et surfaces de références énergétiques des projets

Annexe 5 : Tableaux détaillés des besoins futurs à l'horizon 2025

Annexe 6 : Schéma de fonctionnement du système ener*Bus*^{SOLAR}

1. INTRODUCTION

Le secteur de Carouge-Est est en plein développement. Plusieurs projets de plans localisés de quartier (PLQ) sont à l'étude ou en révision actuellement, visant à densifier le secteur. Ces différents projets sont dans l'obligation légale, depuis dernièrement, de mener une réflexion énergétique à l'échelle de l'îlot, voire du quartier, et non plus à celle du seul bâtiment projeté, dans une perspective de gestion énergétique durable des ressources et des besoins. Dans le cadre de la réalisation du PLQ 29'767 secteur Menuisiers 2, le service cantonal de l'énergie (ScanE) a demandé dans son préavis d'établir un concept énergétique territorial pour ce PLQ et d'inclure dans le périmètre d'étude les deux autres PLQ prévus dans le même îlot¹, nommé à Carouge « *îlot des Menuisiers* », afin d'assurer une certaine cohérence énergétique entre les différents projets de développement. Ce rapport a pour but de présenter le concept énergétique territorial pour le périmètre de l'îlot des Menuisiers.

2. APPROCHE ET DÉMARCHE

Cette étude vise à valoriser les orientations énergétiques fixées pour le territoire de Carouge-Est, qui sont la maîtrise de la demande énergétique, l'utilisation rationnelle de l'énergie et le développement des énergies renouvelables.

La démarche suivie est celle proposée par le ScanE dans sa *Directive relative au concept énergétique territorial* :

- Evaluation des besoins énergétiques actuels et futurs
- Identification et caractérisation des acteurs
- Caractérisation des infrastructures énergétiques
- Identification et caractérisation des stratégies d'approvisionnement
- Identification des mesures conservatoires

Par ailleurs, cette étude doit tenir compte des étapes de réalisation des différents projets sur le périmètre concerné et intégrer à la réflexion énergétique non seulement cet aspect temporel mais également les objectifs des différents propriétaires et les contraintes liées au morcellement parcellaire au sein des différents projets.

3. MISE EN CONTEXTE

3.1 Carouge-Est

Le périmètre d'étude se situe à l'Est de la Ville de Carouge, dans un secteur nommé Carouge-Est. Ce secteur est pour l'essentiel situé en zone de développement 3 (figure 2), et représente le plus fort potentiel de développement de la Ville de Carouge à court et moyen terme comme le montre la carte en annexe 1. Par ailleurs, la concentration de ces projets au niveau territorial exige de mener une réflexion globale, à l'échelle du secteur, sur les enjeux urbains, et notamment énergétiques, qui caractérisent le quartier. La Ville de Carouge a

¹ ScanE, préavis PLQ 29767-288 rue de Veyrier Carouge, 24 mars 2010

d'ailleurs réalisé en octobre 2009 un *Plan Guide*² afin d'accompagner le développement de ce secteur et d'en définir les orientations urbanistiques et énergétiques. Le ScanE a également mandaté le bureau d'ingénieurs *Amstein & Walther* pour mener une étude énergétique stratégique sur un périmètre situé entre la zone PAV et l'Arve, incluant Carouge-Est.



Figure 1 : Carouge-Est avec le périmètre d'étude



Figure 2 : Zones d'affectation (Source : SITG)

3.2 Périmètre d'étude

Le périmètre d'étude comprend trois plans localisés de quartier, situés dans les secteurs définis dans le *Plan Guide de Carouge-Est* :

- Secteur Menuisiers 1 : n° du PLQ pas encore déterminé
- Secteur Menuisiers 2 : PLQ 29'767
- Secteur Léopard : n° du PLQ pas encore déterminé

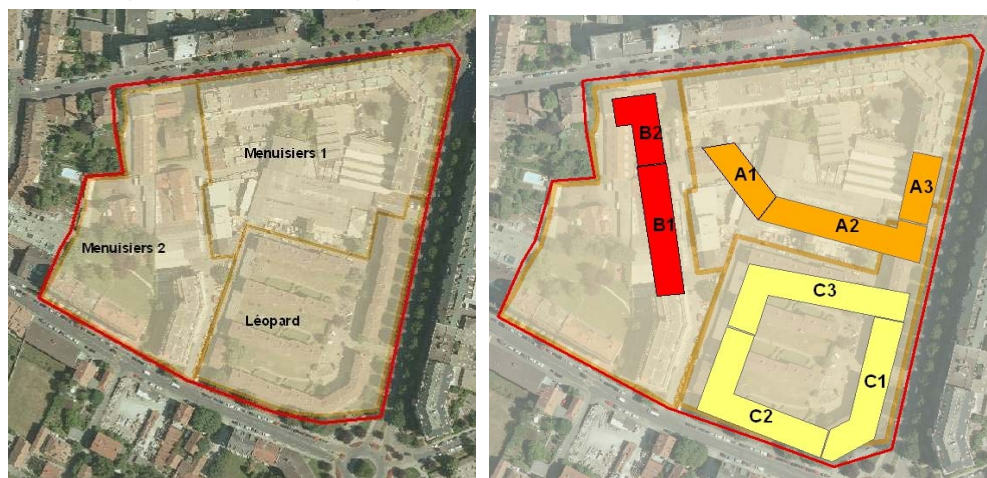


Figure 3 : Périmètre d'étude incluant les 3 PLQ et projets de développement dans un horizon de 15 ans

² *Plan Guide Carouge-Est*, Bassi Carella architectes, octobre 2009

Plusieurs bâtiments sont prévus sur ces trois PLQ dans un horizon de 15 ans, pour une surface brute de plancher représentant au total environ 65'000 m². Ils permettront de loger près de 800 personnes et de créer environ 290 emplois. Chaque bâtiment comprend des logements et un rez-de-chaussée à caractère public (commerce, atelier, café, ...).

3.3 Bâtiments projetés

Le tableau suivant présente pour chacun des bâtiments les surfaces brutes de plancher totales, et les dates prévues d'achèvement, telles que planifiées par les maîtres d'ouvrage en 2010. Les surfaces brutes de plancher prévues ont été augmentées de 10% pour tenir compte de l'évolution possible à long terme des projets futurs. Les répartitions entre logement et activités, ainsi que le nombre d'habitants et d'emplois des deux autres PLQ proviennent du *Plan Guide de Carouge-Est* qui prescrit le standard Minergie®.

Tableau 1 : Caractéristiques des bâtiments projetés

PLQ	Bâtiment	Gabarits (Plan Guide)	SPB logements +10% (m ²)	SPB activités +10% (m ²)	SPB total +10% (m ²)	SPB total (Plan Guide)	Habitants	Emplois	Date prévue achèvement
Menuisiers 1	A1	R+5	3 398	892	4 290				2015
	A2	R+5	5 881	1 544	7 425				2025
	A3	R+5	5 881	1 544	7 425				2025
			15 159	3 981	19 140	17 300	228	96	
Menuisiers 2	B1	R+5+S	5 870	1 280	7 150				2014
	B2	R+5+S	4 967	1 083	6 050				2017
			10 837	2 363	13 200	11 200	152	53	
Léopard	C1	R+5	9 042	1 958	11 000				2016
	C2	R+5	9 042	1 958	11 000				2018
	C3	R+5	9 042	1 958	11 000				2020
			27 126	5 874	33 000	30 400	416	144	
Total 3 PLQ			53 122	12 218	65 340	58 900	796	293	

3.4 Contexte légal et normatif

- Loi cantonale sur l'énergie LEn L 2 30 (1986)
- Règlement d'application de la loi sur l'énergie REn L 2 30.01 (1988) et ses nouvelles modifications entrées en vigueur le 5 août 2010
- Loi générale sur les zones de développement L 1 35 (LGZD, 1957) : art.3, al. 2

En ce qui concerne les normes :

- Modèle de Prescriptions Énergétiques des Cantons (MoPEC, 2008)
- Norme SIA 380/1 (2009) : énergie thermique dans le bâtiment
Cette norme s'applique à Genève depuis le 1^{er} janvier 2010.
- Nouveau règlement Minergie® et Minergie-P® (2009)

3.5 Contexte stratégique et politique

3.5.1 Niveau cantonal

La politique cantonale de l'énergie s'intègre dans le cadre de la protection de l'environnement et du développement durable. Elle se base sur deux volets :

- **Stratégique**, par le biais de la **Conception générale de l'énergie** (CGE) qui définit les orientations durables de la politique cantonale.
- **Opérationnelle**, par le biais du **Plan directeur de l'énergie** (PDE) qui traduit en objectifs chiffrés les orientations de la CGE.

Les **objectifs** cantonaux pour 2010 par rapport à 2005 sont les suivants³ :

- Réduire la consommation d'énergie fossile de 200 watts/habitant (-6.25%)
- Augmenter l'approvisionnement en énergies renouvelables de 100 watts/habitant (+11%)
- D'ici 2010, ramener la consommation d'électricité par habitant au niveau de celle de 1990
- Persévérer dans un approvisionnement non nucléaire.

Ces objectifs se fondent sur la constitution fédérale et genevoise, sur les lois sur l'énergie et sur le CO₂,⁴ sur les principes du développement durable ainsi que sur les obligations contractées par la Suisse sur le plan international.

La planification énergétique territoriale est l'un des programmes d'actions figurant dans le plan directeur cantonal de l'énergie. La mise en œuvre de ce programme s'articule autour de deux axes principaux, d'une part le développement des infrastructures énergétiques et des réseaux, et d'autre part, la création d'éco-quartiers⁵. Concernant le premier axe, « il s'agit de favoriser l'utilisation de tout le potentiel des réseaux de chauffage à distance ou les rejets de chaleur produits par des installations lorsque cela est raisonnablement possible. ».

Au-delà de ces objectifs, qui constituent une première étape, des **perspectives à plus long terme** ont été proposées à l'horizon 2035 et 2050 pour répondre à la vision à long terme d'une **société à 2000 watts**. Pour atteindre cet objectif ambitieux, la Conception générale de l'énergie 05-09 a adopté l'objectif global suivant :

« Réduire la consommation en énergie primaire par personne par rapport à celle de 1990 de 26% à l'horizon 2035, soit de la moitié jusqu'en 2010 et des 13% restants entre 2010 et 2035, et réduire le recours aux sources d'énergies fossiles jusqu'en 2010 de 6% par rapport à 2005 et de 27% entre 2010 et 2035. »⁶

³ Source : plan directeur cantonal de l'énergie 2005-2009, Genève.

⁴ Loi fédérale du 8 octobre 1999 sur la réduction des émissions de CO₂

⁵ Plan directeur cantonal de l'énergie 2005-2009, p. 41.

⁶ Conception générale de l'énergie 05-09, p. 5

3.5.2 Niveau municipal

Le Plan Directeur Communal de Carouge (approuvé en septembre 2009) tient compte des enjeux énergétiques communaux. Dans son programme de mise en œuvre, deux fiches de mesures concernent le périmètre d'étude⁷ :

Fiche	Mesures concernées
Carouge Est (fiche 3)	Mettre en œuvre le Plan guide Carouge Est
Gestion de l'énergie (fiche 19)	<p>Développer un concept énergétique pour accompagner le développement de Carouge Est</p> <p>Remplacer progressivement les chaufferies utilisant des énergies fossiles au profit d'énergies renouvelables</p> <p>Evaluer le potentiel des énergies renouvelables de la commune</p> <p>Dans le cadre de restructurations de quartiers, favoriser la planification de systèmes de production centralisée d'énergie fonctionnant avec un réseau de quartier plutôt que des installations individuelles</p>

Le Plan Guide de Carouge-Est décrit la morphologie du bâti et les gabarits des études en cours.

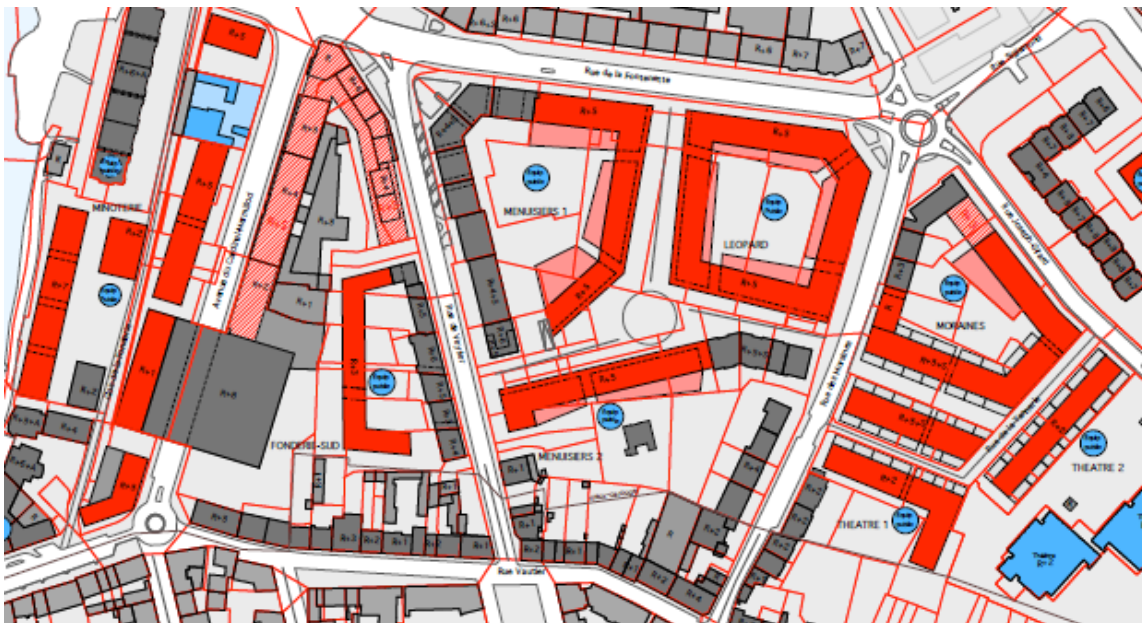


Figure 4 : Morphologie du bâti des projets en cours (p. 16)

Le Plan Guide définit également les **orientations énergétiques** pour Carouge-Est (p. 27), qui sont les suivantes :

1. Maîtrise de la demande énergétique

Les bâtiments neufs comme les rénovations doivent viser le standard de haute performance énergétique (SHPE) selon l'art. 26A⁸ du règlement d'application de la loi sur l'énergie, comme p.ex. Minergie ou Minergie-P.

⁷ Plan directeur de Carouge 2009, p. 184, 185 et 217

⁸ Cet article a depuis été abrogé et il n'apparaît plus dans le règlement mentionné mis à jour en 2010.

2. Utilisation rationnelle de l'énergie

Installations de transformation d'énergie efficaces.

3. Développement des énergies renouvelables

- Solaire (thermique et/ou photovoltaïque)
- Air - thermique (pompe à chaleur)
- Eau de l'Arve (thermique chaleur/froid)
- Utilisation de la chaleur des eaux usées (thermique via pompe à chaleur)
- Biogaz, à acheminer via le réseau existant de gaz naturel (dépendant de l'offre future)
- Le potentiel de développement de la géothermie est très limité en raison de la présence de la nappe phréatique du Genevois.
- La combustion (principalement de mazout, de bois et, dans une moindre mesure, celle du gaz) doit en principe être évitée pour des raisons de qualité de l'air. Le périmètre est en dépassement chronique (moyenne 2002-2008) des valeurs limites d'immissions pour le dioxyde d'azote et les particules fines.

4. Réseaux

Le périmètre est bien desservi historiquement par le réseau de gaz naturel. Des réseaux thermiques (chaleur / froid) peuvent être développés à l'échelle d'îlots ou du quartier

Le *Plan Guide* identifie également le centre commercial de Carouge comme un gros consommateur (> 9 MJ/an).

3.6 Contexte environnemental

Selon les données fournies par le SITG et provenant du Service cantonal de protection de l'air, les concentrations des immissions de NO₂ en moyenne annuelle pour 2008 varient entre 30 et 32 µg/m³. Elles se situent à la limite d'immissions de NO₂ fixée à 30 µg/m³/an par l'OPair.

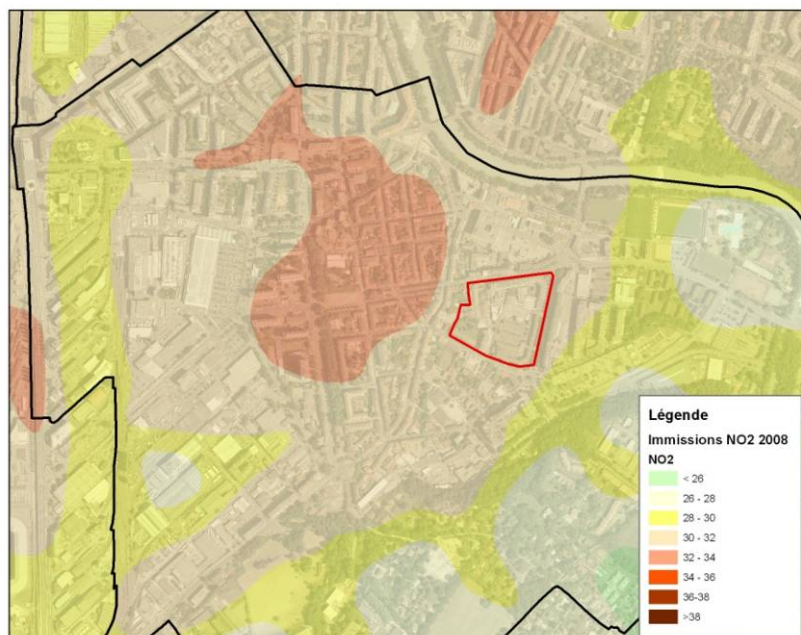


Figure 5 : Immissions NO₂ en 2008 (Source : SITG)

3.7 Etudes parallèles

Le bureau d'ingénieurs *Amstein & Walther* a été mandaté par le ScanE pour réaliser une étude de stratégie énergétique à Carouge. Le périmètre de cette étude comprend notamment Carouge-Est. Des échanges ont eu lieu avec ce bureau afin de coordonner et délimiter les différentes échelles de travail. Le bureau *Amstein & Walther* est chargé d'évaluer les besoins sur le périmètre d'étude et de fixer les orientations stratégiques⁹ en matière de développement des énergies renouvelables. Théoriquement, les orientations de cette étude auraient dû servir de cadre à la nôtre. Malheureusement, les études ayant finalement été menées en parallèle, nous n'avons pas pu caler nos résultats et propositions de stratégies sur les orientations proposées par *A & W*.



Figure 6 : Périmètre de l'étude de stratégie énergétique A&W

Par ailleurs, une étude a été menée en 2009 par le consortium d'organismes PAVéne, sur mandat du ScanE, afin de mener une approche de développement du futur quartier Praille-Acacias-Vernet cohérente au niveau énergétique.

Finalement, un concept énergétique a été réalisé en novembre 2009 par le bureau d'ingénieurs conseil D. Hirt pour les bâtiments et le parking souterrain prévus dans le secteur « Les Moraines » qui jouxte le périmètre d'étude.

⁹ A ce jour, les orientations stratégiques n'ont pas encore été transmises.

4. ETAT DES LIEUX ÉNERGÉTIQUE

4.1 Périmètre d'entrée

Le périmètre d'entrée lié à cette étude se compose des trois plans localisés de quartier de l'îlot des Menuisiers, à savoir : secteur Menuisiers 1, secteur Menuisiers 2, et secteur Léopard. Les besoins énergétiques existants et futurs seront évalués au niveau de ce périmètre d'entrée. La partie restante de l'îlot située le long de la rue Vautier, appelée par la suite « bande Vautier » est intégrée à la réflexion, mais, étant donné le manque de données à notre disposition, les besoins énergétiques des bâtiments situés dans cette bande n'ont pas pu être évalués quantitativement.

4.2 Périmètre d'influence

Le périmètre d'influence est fonction des ressources énergétiques renouvelables et des besoins. Le périmètre d'influence pour notre étude est constitué de l'ensemble de l'îlot des Menuisiers ainsi que des îlots adjacents afin d'assurer une certaine cohérence énergétique entre les différents projets de développements de Carouge-Est. Les différents potentiels de synergie sont mentionnés ci-dessous.

L'étude quantitative des besoins pour ce secteur de Carouge-Est fait partie du mandat à réaliser par *Amstein & Walther*.

En termes d'approvisionnement, des synergies peuvent être envisagées avec des consommateurs externes au périmètre d'entrée.

Parmi les îlots adjacents au projet, plusieurs secteurs peuvent représenter un potentiel de synergies, d'une part parce que des projets de développement immobilier y sont prévus à court ou moyen terme et d'autre part parce que des acteurs clés du périmètre restreint (propriétaires, maîtres d'œuvre) ont également des intérêts dans les secteurs adjacents (voir identification des acteurs au chapitre suivant). Ces secteurs sont les suivants :

- Le secteur des Moraines dont le PLQ est déjà en vigueur et dont la dépollution du site a déjà commencé.
- Le secteur Minoterie et Clos de la Fonderie dont la révision du PLQ en vigueur (27'783) est en cours actuellement. Une série de projets a été présentée aux propriétaires le 22 juin dernier.
- Le secteur Fonderie-Sud
- Le secteur Théâtre 1 et Théâtre 2

D'après la carte des potentiels de développement (en annexe 1), plusieurs périmètres ont des horizons de développement encore indéterminés. Les secteurs Théâtre 1 et 2 ont beaucoup de villas ainsi qu'un bâtiment dont la sauvegarde est à l'étude (maison de Lénine). La Ville de Carouge¹⁰ n'envisage par conséquent pas de développement sur ce secteur avant 2025. Il n'y a également pas encore de projets pour le secteur Fonderie-Sud.

¹⁰ Communication personnelle avec Mme Massot, urbaniste de la Ville de Carouge, 6 août 2010

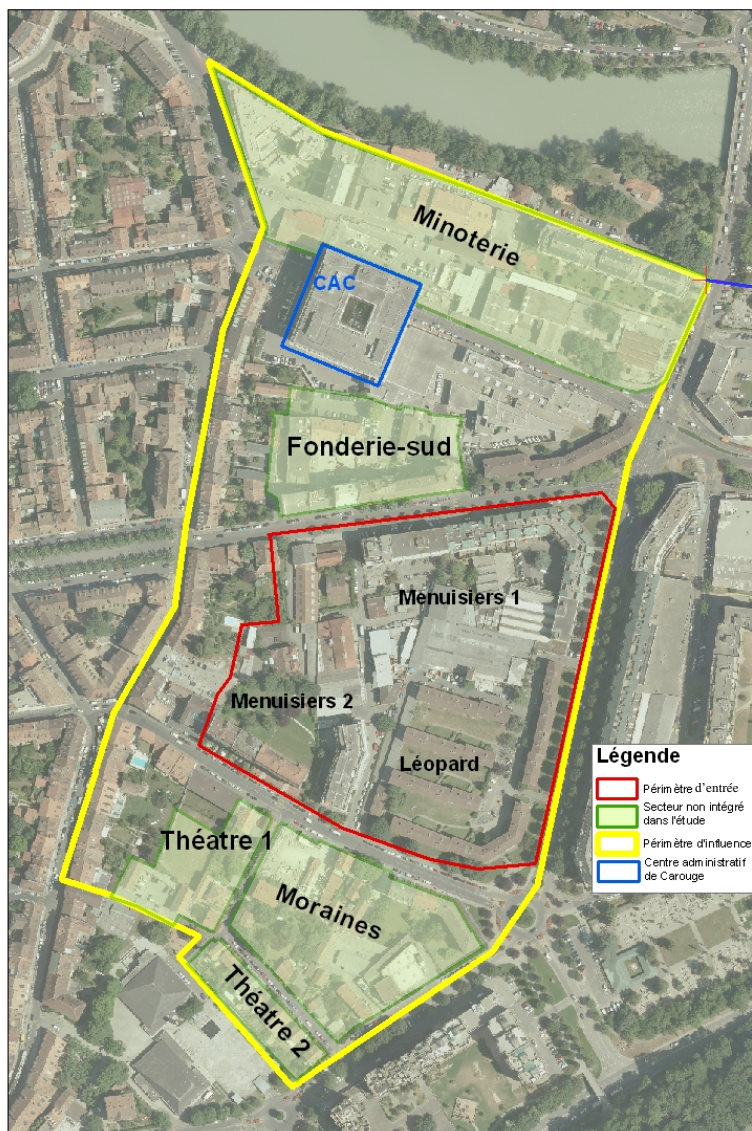


Figure 7 : Périmètre d'influence

4.3 Acteurs concernés dans le périmètre d'entrée

Les acteurs suivants ont été identifiés comme particulièrement concernés par une réflexion énergétique globale sur le secteur étudié (Menuisiers 1, 2 et Léopard) :

- Les mandataires, représentants des maîtres d'œuvre des PLQ Menuisiers 2 et Léopard, respectivement les bureaux VVR et Favre Guth
- ainsi que M. Florian Barro, copropriétaire de la parcelle 1156 et architecte avec un mandat potentiel de réalisation d'une partie du secteur Menuisiers 1.

Ces acteurs n'ont pas la même maîtrise foncière de leur projet, selon le nombre de propriétaires différents sur leur périmètre. Ainsi, le PLQ Léopard est le plus homogène au niveau foncier puisque le propriétaire majoritaire (la SUVA) détient 80% des bâtiments. Le foncier est plus morcelé sur les deux autres PLQ. Les projets prévus n'ont également pas la même temporalité.

L'image suivante présente l'ensemble des acteurs identifiés dans le périmètre d'influence (Carouge – Est).

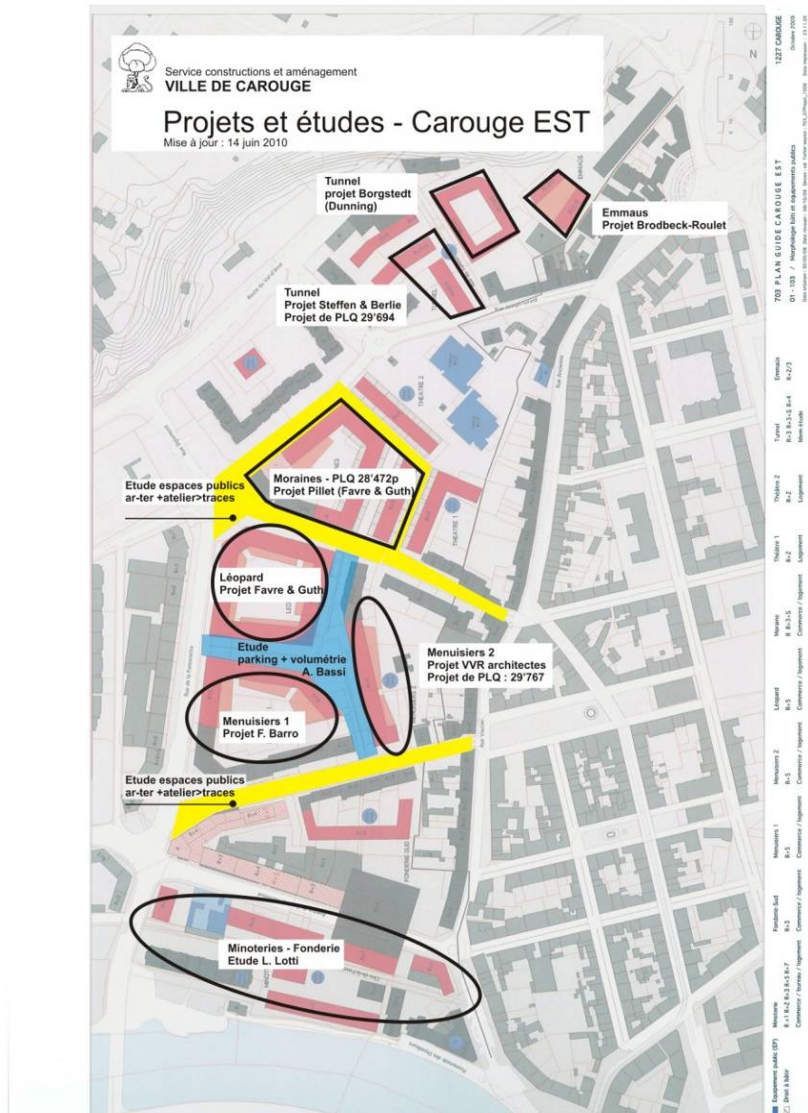


Figure 8 : Projets et acteurs concernés à Carouge-Est

4.4 Evaluation des besoins existants dans le périmètre d'entrée

Les besoins actuels ont été évalués sur la base des données transmises par le ScanE par le biais du SITG, notamment les indices de dépense énergétique des deux dernières années (2009) et les consommations. Lorsque les données n'étaient pas disponibles, par exemple pour les bâtiments de moins de 5 preneurs, les indices de dépense énergétique (IDE) ont été estimés sur la base de l'époque de construction des bâtiments et sur leur affectation. Les propriétaires de bâtiments importants comme les usines et ateliers ont été consultés pour ajuster les estimations. Les besoins énergétiques ont été calculés à partir des surfaces de référence énergétique (SRE) et des indices de dépenses d'énergie. Seuls les usages thermiques (chauffage, eau chaude sanitaire) ont été considérés.

Pour l'évaluation des besoins, les hypothèses suivantes ont été formulées :

- Les SRE sont évaluées à 90% des surfaces brutes de plancher.
- Les indices de dépenses énergétiques du ScanE étant exprimés en énergie finale, la détermination des besoins énergétiques se base sur une fraction utile estimée par hypothèse simplificatrice à 0.8 (chaleur et ECS).
- Lorsque l'époque de construction n'était pas mentionnée dans les données SITG, la valeur d'IDE la plus élevée a été attribuée, sauf pour les ateliers et usines pour lesquels l'IDE a été ajusté sur la base des informations fournies par les propriétaires ou les exploitants.
- Les surfaces de logement n'ont pas de besoin de rafraîchissement, de même que les ateliers et usines actuels, vu leur affectation.

Les indices de dépense énergétique fournis par le ScanE sont représentés sur la figure suivante. Pour le périmètre d'étude, les indices varient entre 462 et 857 MJ/m².an. Ce sont surtout les indices des immeubles de la cité Léopard qui sont les plus élevés (en rouge sur la figure suivante) mais ces derniers seront entièrement détruits d'ici 2025. Pour les bâtiments qui seront conservés d'ici 2025, l'indice le plus élevé se situe à 672 MJ/m².an (valeur d'indice au dessus du seuil de 600 MJ/m².an qui impose aux propriétaires des bâtiments la mise en place du décompte individuel des frais de chauffage ou la réduction de l'indice).



Figure 9 : Moyenne de l'indice de dépense énergétique des deux dernières années (MJ/m².an, 2009)

Les besoins actuels sont résumés dans le tableau ci-dessous. La demande en énergie est exprimée en énergie utile. Les tableaux détaillés de calcul pour chacun des PLQ se trouvent en annexe 3.

Tableau 2 : Résumé des besoins actuels pour chacun des PLQ

PLQ	SRE (m ²)	Besoins (MJ/an)	Besoins (KWh/an)
Menuisiers 1	19'183	8'583'446	2'384'291
Menuisiers 2	15'164	6'754'088	1'876'135
Léopard	5'451	5'950'922	1'653'034
Total 3 PLQ	39'798	21'288'456	5'913'460

4.5 Approvisionnements actuels en énergie

Les SIG approvisionnent en énergie la ville de Carouge. Le périmètre est desservi par le gaz et de nombreux bâtiments utilisent encore le mazout. Le tableau ci-dessous présente les proportions d'approvisionnement des PLQ pour chaque agent énergétique, en fonction des consommations. Il résulte de compilations de données provenant du SITG, par le biais du ScanE (cadastre des chaudières), et d'informations récoltées auprès des propriétaires ou des exploitants d'usine¹¹. L'infrastructure actuelle est dominée par les chaudières décentralisées à combustion d'énergie fossile. Environ 2/3 d'entre elles fonctionnent au mazout et 1/3 au gaz. Le bois est encore utilisé par la menuiserie Barro + Cie SA qui récupère ses chutes de sciage. Dans son *Plan directeur*, la commune définit clairement son intention de « remplacer progressivement les chaufferies utilisant des énergies fossiles au profit d'énergies renouvelables ».

D'après ces informations, nous considérons que les bâtiments existants sont équipés de systèmes de distribution de chaleur traditionnels qui requièrent pour le chauffage une eau à haute température (environ 60°C).

Tableau 3 : Pourcentage d'approvisionnement actuel des secteurs pour chaque agent énergétique (Source : ScanE)

PLQ	Mazout	Gaz	Bois
Menuisiers 1	25%	66%	9%
Menuisiers 2	90%	10%	0%
Léopard	99%	1%	0%
Total 3 PLQ	67%	36%	4%

¹¹ Lorsque l'agent énergétique n'était pas connu (pour 3 bâtiments), le mazout a été défini d'office comme agent énergétique.

4.6 Infrastructures existantes et projetées

Le périmètre est desservi par le réseau de gaz.

Il n'existe à l'heure actuelle pas de réseau de chauffage à distance à proximité du périmètre étudié. Néanmoins, étant donné la densité énergétique du secteur Carouge-Est et les orientations de la politique énergétique cantonale en matière de réseaux de chauffage à distance, il est probable qu'un réseau thermique soit mis en place dans ce secteur à moyen terme.

5. EVALUATION DES BESOINS FUTURS

5.1 Etapes de réalisation des PLQ

Tel que planifié actuellement, les bâtiments devraient être achevés dans un horizon de 15 ans. La date d'achèvement de certains d'entre eux est toutefois encore très approximative. Elle dépend en effet de la longueur des procédures et de la volonté de certains acteurs d'aller de l'avant. Les étapes de réalisation telles que prévues par les maîtres d'ouvrage sont présentées en annexe 2. La figure suivante présente le planning prévisionnel de réalisation des bâtiments, selon une répartition par horizon de 5 ans :

Tableau 4 : Répartition des réalisations par horizon de 5 ans

Horizon	Bâtiment	SPB total (m ²)
2011-2015	B1-A1	11'440
2016-2020	B2-C1-C2-C3	39'050
2021-2025	A2-A3	14'850
		65'340

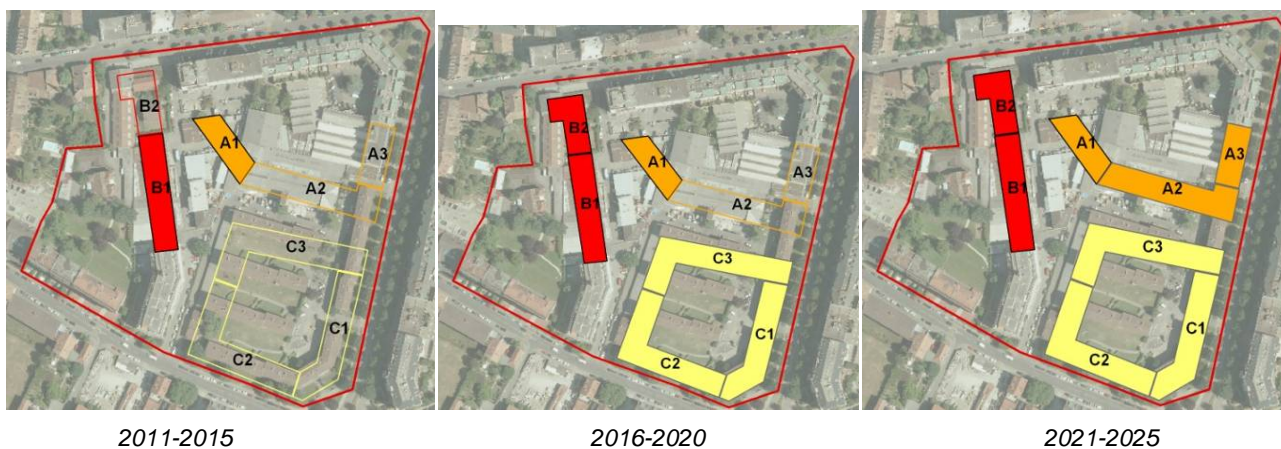


Figure 10 : Etapes de réalisation selon les trois horizons de 5 ans

5.2 Contraintes de construction dans le cadre des PLQ

Les contraintes légales et normatives suivantes ont été prises en compte dans l'évaluation des besoins :

- Les bâtiments neufs devront être conformes à un standard de haute performance énergétique (Minergie ou équivalent)
- Depuis 2010, la loi cantonale sur l'énergie exige, pour tout nouveau bâtiment, l'installation de capteurs solaires thermiques couvrant au minimum 30% des besoins pour l'eau chaude sanitaire (art. 15 al. 2).

De plus, on privilégiera l'installation dans les bâtiments neufs de chauffages au sol, pour lesquels les températures d'eau requises pour le chauffage sont moins élevées (35°C) et qui facilitent, de ce fait, l'intégration d'énergies renouvelables.

5.3 Calcul des besoins thermiques futurs

Tel qu'indiqué précédemment, les calculs des besoins thermiques se limitent aux trois PLQ de l'îlot des Menuisiers.

5.3.1 Surfaces de référence énergétique

Les surfaces de référence énergétique (SRE ou A_E) ont été calculées en réduisant de 10% les surfaces brutes de plancher des trois PLQ (cf. tableau 1), afin de prendre en compte les locaux non-chauffés. Par ailleurs, les surfaces indiquées dans le *Plan Guide* tiennent compte de la loi générale sur les zones de développement (LGZD, art. 3). Une marge de réserve de 10% de surfaces supplémentaires a été prise en compte pour les PLQ pour tenir compte de l'évolution possible à long terme des projets futurs. Finalement, les résultats sont présentés en annexe 4.

5.3.2 Indices de dépense énergétique

Le calcul des besoins thermiques est basé sur les valeurs maximales des indices de dépense énergétique de la norme SIA 380/1 2009 (Tableau 31), en y intégrant les exigences du standard Minergie (standard de haute performance énergétique requis sur tout le secteur). Deux scénarios ont été évalués, soit Minergie ($Q_h < 90\% Q_{h,li}$) et Minergie-P ($Q_h < 60\% Q_{h,li}$), les standards de construction pouvant évoluer sur un horizon de 15 ans. Les indices énergétiques utilisés pour le calcul des besoins thermiques reprennent ces différents éléments et sont présentés ci-dessous.

Tableau 5 : Indices énergétiques selon les exigences Minergie et Minergie-P

	Minergie (90 % Norme SIA 380/1 2009)		Minergie-P (60 % Norme SIA 380/1 2009)	
	Besoins chauffage (Qh) kWh/m2	Besoins ECS (Qww) kWh/m2	Besoins chauffage (Qh) kWh/m2	Besoins ECS (Qww) kWh/m2
Habitat collectif	35.0	20.8	23.3	20.8
Administration	33.3	6.9	22.2	6.9
Commerce	28.8	6.9	19.2	6.9
Restauration	52.0	55.6	34.7	55.6

Par hypothèse, les activités sont composées des pourcentages suivants des affectations SIA 380/1 2009 : 50% d'administration, 40% de commerces et 10% de restauration.

Tableau 6 : Tableau récapitulatif

	Besoins de chauffage Qh (kWh/m2)		Besoins ECS (Qww) kWh/m2
	Minergie	Minergie-P	
Logement	35.0	23.3	20.8
Activités	33.3	22.2	11.8

Le tableau ci-dessus permet de remarquer l'importance des besoins en ECS par rapport aux besoins de chaleur totaux. Pour la catégorie « logement », ils représentent 37% des besoins pour le standard Minergie et augmentent à 47% pour Minergie-P.

5.3.3 Bâtiments conservés

La consommation totale des bâtiments anciens situés sur le périmètre d'étude est évaluée à 2'908 MWh/an en 2025. Ces besoins se basent sur la situation actuelle, en tenant compte d'une augmentation de l'efficacité énergétique de ces bâtiments d'environ 15%, mais sans assainissement énergétique d'ampleur.

5.3.4 Besoins thermiques futurs

Le résultat du calcul des besoins thermiques annuels ainsi que leur évolution d'ici 2025 sont résumés dans les tableaux ci-dessous. Ces derniers présentent également, pour chacun des horizons, la part minimale (30%) des besoins en ECS des bâtiments projetés à couvrir par de l'énergie solaire thermique. Les besoins thermiques détaillés pour chacun des bâtiments à l'horizon 2025 se trouvent en annexe 5.

Tableaux 7 : Récapitulatif selon les variantes Minergie et Minergie-P et les 3 horizons

2015		Besoins thermiques (kWh/an)				Part minimale Solaire ECS (kWh/an)
PLQ	SRE totale	Conservé	Minergie	Minergie-P	dont ECS (bât. projetés)	
Menuisiers 1	28'555	2'057'682	229'975	180'423	81'319	24'396
Menuisiers 2	21'842	1'576'420	385'510	302'808	137'404	41'221
Léopard	5'451	1'570'382				
Total	55'848	5'204'484	615'485	483'231	218'723	65'617
Total conservé + projeté			5'819'969	5'687'715		

conservé: -5% par rapport à 2010

2020		Besoins thermiques (kWh/an)				Part minimale ENR ECS (kWh/an)
PLQ	SRE totale	Conservé	Minergie	Minergie-P	dont ECS (bât. projetés)	
Menuisiers 1	28'555	1'949'383	229'975	180'423	81'319	24'396
Menuisiers 2	26'121	1'467'991	711'711	559'031	253'669	76'101
Léopard	33'000	-	1'779'632	1'397'912	634'471	190'341
Total	87'676	3'417'374	2'721'318	2'137'365	969'459	290'838
Total conservé + projeté			6'138'692	5'554'739		

conservé: -10% par rapport à 2010

2025		Besoins thermiques (kWh/an)				Part minimale ENR ECS (kWh/an)
PLQ	SRE totale	Conservé	Minergie	Minergie-P	dont ECS (bât. projetés)	
Menuisiers 1	33'545	1'521'635	1'026'041	804'964	362'809	108'843
Menuisiers 2	26'121	1'386'436	711'711	559'031	253'669	76'101
Léopard	33'000	-	1'779'632	1'397'912	634'471	190'341
Total	92'666	2'908'071	3'517'384	2'761'906	1'250'949	375'285
Total conservé + projeté			6'425'456	5'669'977		

conservé: -15% par rapport à 2010

Tableau 8 : Besoins en énergie thermique (chauffage et ECS) pour différents standards énergétiques (bâtiments projetés seulement)

2025	Besoins thermiques (MWh/an)			
	Standard	Chauffage	ECS	Total
SIA 380/1		2'518	1'251	3'769
Minergie		2'266	1'251	3'517
Minergie-P		1'511	1'251	2'762

5.3.5 Evolution des besoins et des surfaces de référence énergétique

Le tableau et le graphique suivants présentent l'évolution des surfaces de référence énergétique d'ici 2025. Celles-ci vont être multipliées par 2,3 d'ici 2025 alors que les besoins devraient à peine augmenter de 10% pour une capacité d'habitants accrue de 41%, selon les prévisions du *Plan Guide*.

Tableau 9 : Evolution du nombre d'habitants

PLQ	Habitants actuels	Habitants conservés 2025	Habitants nouveaux 2025
Menuisiers 1		345	228
Menuisiers 2		201	152
Léopard		0	416
Total 3 PLQ	953	546	796
Total 2025			1'342

Tableau 10 : Evolution des SRE pour chaque horizon de 5 ans

SRE (m ²)	2010	2015	2020	2025
Menuisiers 1	19'183	28'555	28'555	33'545
Menuisiers 2	15'164	21'842	26'121	26'121
Léopard	5'451	5'451	33'000	33'000
Total 3 PLQ	39'798	55'848	87'676	92'666

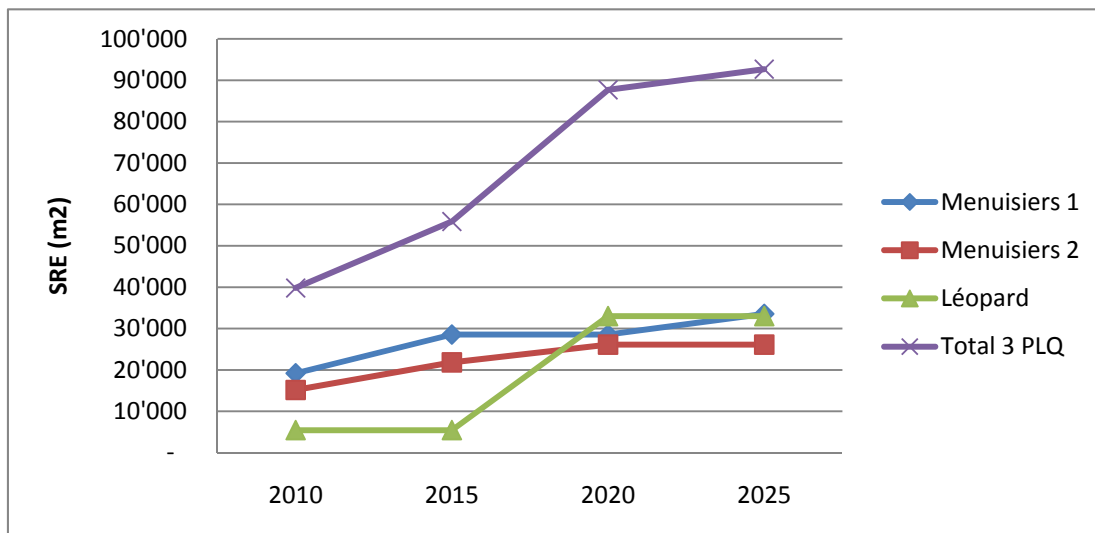


Figure 11 : Evolution des SRE d'ici 2025

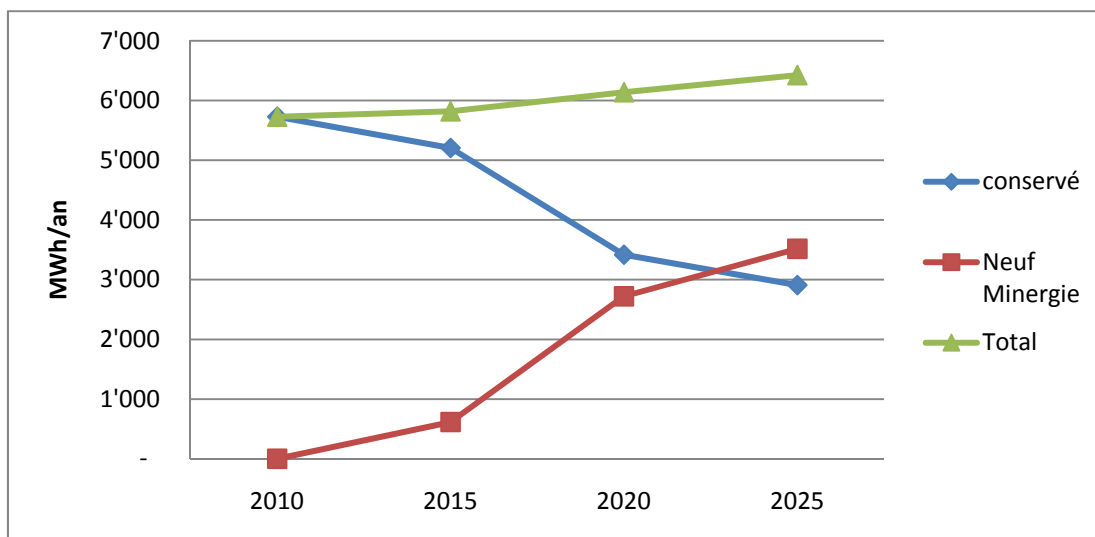


Figure 12 : Evolution des besoins selon les étapes de réalisation pour les 3 PLQ pour la variante Minergie

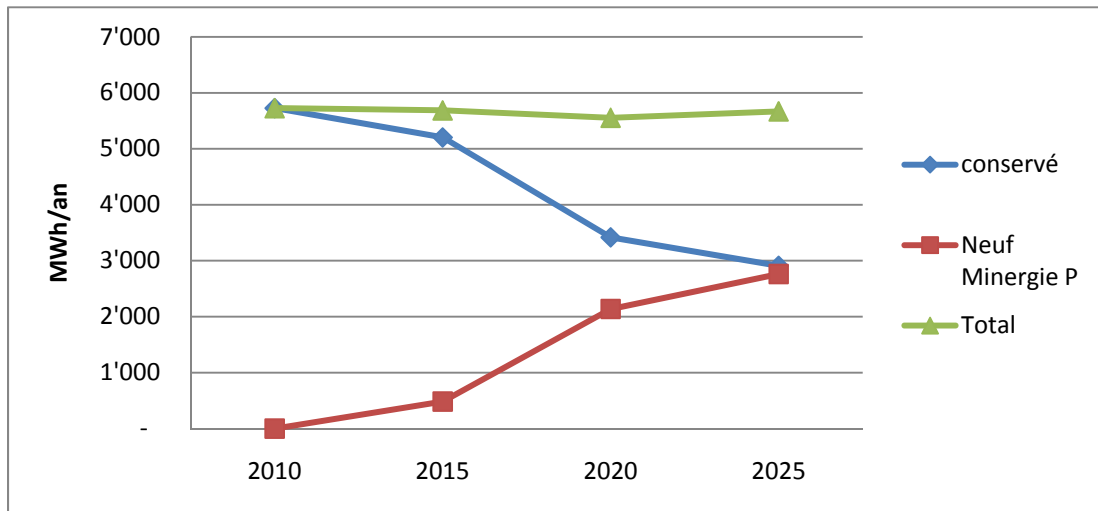


Figure 13 : Evolution des besoins selon les étapes de réalisation pour les 3 PLQ pour la variante Minergie P

Il est important de constater l'importance des besoins énergétiques des bâtiments conservés par rapport à ceux des nouveaux bâtiments. En effet sur le périmètre d'entrée, à l'horizon 2025, les bâtiments conservés abriteront 40% du nombre d'habitant total des 3 PLQ et représenteront 45% des besoins en énergie thermique totaux. A cela s'ajoute les besoins énergétiques des bâtiments existants de la bande Vautier. Ainsi, au niveau de l'îlot des Menuisiers, les bâtiments existants représenteront plus de la moitié des besoins énergétiques totaux.

De plus, rappelons que pour les bâtiments existants, les besoins de chauffage sont à couvrir par une eau à 60°C, alors que pour les nouveaux bâtiments, le chauffage sera idéalement réalisé grâce à une eau à 35°C.

5.3.6 Evaluation de la puissance

La puissance requise est estimée en première approche à partir des données de consommations, en partant de l'hypothèse que les chaudières fonctionnent 2'300 heures par an dans les bâtiments anciens conservés, et 2'000 heures par an dans les nouveaux bâtiments. Le tableau ci-dessous présente les puissances calculées.

Tableau 11 : Puissances estimées à partir des besoins

	SRE	Besoins (kWh)			Puissance totale (kW)		
		Conservé	Minergie	Minergie-P	conservé	Minergie	Minergie-P
2010	39'798	5'727'674			2'490		
2015	48'698	5'204'484	615'485	483'231	2'263	308	242
2020	80'526	3'417'374	2'721'318	2'137'365	1'486	1'361	1'069
2025	92'666	2'908'071	3'517'384	2'761'906	1'264	1'759	1'381

5.4 Potentiel des ressources énergétiques renouvelables locales

Les orientations énergétiques du *Plan Guide de Carouge-Est* décrivent sommairement les énergies renouvelables à disposition et valorisables dans le secteur. Celles-ci sont reprises ci-dessous.

5.4.1 Energie solaire

L'énergie solaire représente le plus gros potentiel d'énergie renouvelable envisageable pour le périmètre concerné. Les bâtiments projetés étant tous pratiquement de même gabarit, très peu de toitures devraient subir des ombres portées.

Considérant par conséquent que toutes les toitures bénéficient d'un ensoleillement maximum et que 80% des surfaces sont utilisables, les surfaces de toiture disponibles des bâtiments projetés représentent près de 10'000 m².

Concernant les bâtiments conservés, environ 50% des surfaces ont été considérées comme utilisables selon la présence d'attiques ou pas et leur disposition. Au total, environ 12'000 m² seraient utilisables en 2025 pour la pose de panneaux solaires.

Tableau 12 : Potentiel solaire à l'horizon 2025

	Conservé	Projeté
Surfaces disponibles (m²)	2'329	9'774
Total	12'103	

Pour les nouveaux bâtiments, si l'on suppose que 1 m² par habitant de capteurs solaires thermiques sont installés afin de répondre aux besoins d'eau chaude sanitaire, environ 9'000 m² de toiture seraient encore disponibles pour d'autres utilisations (solaire thermique pour chauffage, solaire photovoltaïque).

5.4.2 Géothermie

L'implantation de sondes géothermiques est interdite dans le secteur en raison de la présence de la nappe du genevois.

En revanche, l'installation de corbeilles géothermiques reste possible. Les corbeilles géothermiques permettent l'utilisation de la chaleur du sous-sol à quelques mètres de profondeur, et représentent une alternative intéressante dans les zones où le forage est interdit. Comme pour les sondes géothermiques, l'énergie puisée dans le sous-sol est valorisée grâce une pompe à chaleur, ce qui permet de produire de l'eau à 35°C pour du chauffage au sol.

Ces corbeilles géothermiques prélèvent au sol principalement la chaleur apportée par le rayonnement solaire et la pluie. Concernant notre périmètre d'étude, des parkings souterrains sont projetés : les surfaces disponibles pour l'installation de corbeilles géothermiques sont donc limitées. Le périmètre Menuisiers 2 semble être celui pour lequel les surfaces disponibles sont les plus importantes.

A l'heure actuelle, ce type d'installation s'avère bien adapté aux petites constructions. Toutefois, il ne nous semble pour l'instant pas pertinent de favoriser un tel système à l'échelle de notre périmètre d'étude pour les raisons suivantes :

- Les puissances requises sont très importantes par rapport aux utilisations actuelles de ce type d'installation
- Le coût d'investissement sera disproportionné par rapport à d'autres solutions qui seront plus intéressantes économiquement.

Cette option pourra être envisagée ponctuellement pour des petits éléments, dont les besoins en terme de puissance sont faibles (10 kW).

5.4.3 Air thermique

L'énergie contenue dans l'air est une source d'énergie renouvelable envisageable pour le secteur. La part d'énergie renouvelable valorisée par une pompe à chaleur à air est évaluée entre 60 et 70%¹². Au vu du niveau actuel de la technique, ces PAC n'ont pas le meilleur rendement mais on peut s'attendre à ce que celui-ci s'améliore et envisager d'utiliser ce système pour la production de chaleur du périmètre.

5.4.4 Arve

Une étude récente portant sur le potentiel d'utilisation des eaux de l'Arve pour la zone Praille-Acacias-Vernets (PAV)¹³ montre que « si le problème de filtration peut être réglé, le potentiel pour l'utilisation des eaux de l'Arve à des fins de chauffage et refroidissement est très important. » (p. 2). Les auteurs considèrent les eaux de l'Arve comme « le plus grand potentiel pour le chaud et le froid pour la zone du PAV » (p. 9). Ils envisagent la création d'un réseau de chauffage à distance alimenté par la chaleur provenant de l'Arve et suggèrent « de réaliser une centrale commune pour les bâtiments proches de l'Arve » (p. 9). Certaines hypothèses formulées dans l'étude, notamment concernant les débits, doivent cependant encore être validées par le ScanE. Ce service¹⁴ considère le potentiel des eaux de l'Arve comme intéressant mais ne le définit pas comme prioritaire à grande échelle pour l'instant. Les contraintes techniques liées à la forte variabilité du niveau de débit - notamment des faibles niveaux d'étiage en hiver - et des températures limitent en effet pour l'instant l'exploitation de cette ressource à des projets à plus petite échelle, pour le refroidissement avant tout.

Par conséquent, l'exploitation des eaux de l'Arve comme source d'énergie pour notre périmètre d'étude n'est pas considérée comme envisageable, ce secteur étant composé essentiellement de logements et relativement éloigné de la ressource. En revanche, leur utilisation pour le refroidissement des bâtiments administratifs et commerciaux du CAC pourrait être envisagé. Cela nécessiterait toutefois des études complémentaires, basées notamment sur l'expérience du refroidissement d'Uni-Mail.

¹² La pompe à chaleur en 10 questions, OFEN, 2007, p. 4

¹³ Etude sur le potentiel de récupération de chaleur sur les eaux de l'Arve bordant la zone Praille-Acacias-Vernets pour production de chaud et de froid, Conti et associés, octobre 2009

¹⁴ ScanE, communication personnelle avec M. Naegeli, 19.08.2010

5.4.5 Eaux usées

Il est possible de récupérer la chaleur des eaux usées de deux manières.

- Récupération au niveau du collecteur

La première est de récupérer la chaleur au niveau du collecteur communal des eaux usées, par le biais d'un échangeur de chaleur placé dans la canalisation. Cette solution n'est pas envisageable dans notre cas. En effet, une conduite ayant un diamètre de 80 cm minimum est nécessaire pour que l'installation d'un échangeur soit possible. Or, les collecteurs d'eaux usées secondaires longeant les ilots sous la rue de la Fontenette et la rue Vautier n'ont pas des diamètres suffisants (43 et 30 cm respectivement). C'est également le cas pour la canalisation des eaux usées sise sous la route de Veyrier (réseau séparatif en cours d'installation) dont le diamètre sera de 25 cm au niveau de l'ilot des Menuisiers.

- Système « Feka » (solution expérimentale)

La deuxième possibilité est de récupérer la chaleur des eaux usées à la sortie des immeubles. Un système de ce type est actuellement en cours d'étude pour les projets « HBM Fontenette ». Ce système consiste à capter les eaux usées sur les parcelles privées avant leur rejet dans les collecteurs. Un échangeur de chaleur est posé dans la chambre de captage et connecté à une pompe à chaleur. Ce type de récupération permet de produire une eau à 35°C utilisable pour répondre en partie aux besoins de chauffage ou d'eau chaude sanitaire. La mise en place de ce système de récupération nécessite la création d'une ou de plusieurs cuves de béton de gros volume selon la situation des exutoires. C'est dans ces cuves que les eaux usées sont stockées et que l'échangeur de la pompe à chaleur récupère les calories avant rejet dans les collecteurs.

Cette récupération de chaleur pourrait être envisageable sur le périmètre d'étude.

5.4.6 Bois

D'après les orientations énergétiques du Plan Guide de Carouge-Est, « le périmètre est en dépassement chronique (moyenne 2002-2008) des valeurs limites d'immission pour le dioxyde d'azote et les particules fines. ». Le bois est une énergie renouvelable qui ne serait pas envisageable à ce jour pour le périmètre d'étude, pour des raisons de qualité de l'air. La figure 5 présentant les immissions de NO₂ à Carouge illustre également ce point.

5.4.7 Rejets thermiques

Le centre administratif de Carouge est le seul bâtiment avec lequel des synergies pourraient être envisagées à moyen terme, notamment lors du renouvellement des installations de production de froid. Il serait toutefois plus cohérent d'envisager des synergies avec le futur secteur des Minoteries, beaucoup plus proche et dont la mise à disposition du périmètre est prévue en 2015.

5.4.8 Ressources conventionnelles

Actuellement, le gaz est présent dans tout le quartier. Les bâtiments qui ne sont pas raccordés sont chauffés au mazout, voire au bois dans certains cas particuliers (menuiserie par exemple).

6. STRATÉGIES D'APPROVISIONNEMENT

L'analyse qui précède montre que le périmètre qui nous concerne est soumis à de nombreuses contraintes au niveau des ressources énergétiques renouvelables locales. Pour l'instant, le solaire semble la ressource la plus facilement exploitable.

Les stratégies d'approvisionnement proposées se construisent par conséquent autour des axes suivants concernant le quartier et chaque bâtiment :

- Développement de l'énergie solaire, en maximisant l'espace disponible pour les capteurs solaires. Ces derniers seraient thermiques, pour couvrir en priorité la production d'ECS, qui représente environ 40% des besoins de chaleur.
- Installation de pompes à chaleur air-eau ou eau-eau (eaux usées) afin de diminuer la consommation d'énergies fossiles.
- Choix d'une solution à court terme flexible permettant un éventuel raccordement à moyen terme à un réseau de chauffage à distance. Ce réseau CAD reste à être étudié et à développer par les autorités ou institutions compétentes ; l'alimentation se ferait dans un premier temps au gaz puis serait éventuellement complétée par des sources d'énergies renouvelables dont le type reste à définir (cf étude A&W).

Ces stratégies d'approvisionnement doivent s'inscrire dans une stratégie plus globale visant à réduire les dépenses énergétiques. Celle-ci s'articule autour des éléments suivants :

- sobriété et adaptabilité : prévoir des dispositifs constructifs les plus simples possibles qui permettent aux immeubles d'évoluer avec les technologies. Prévoir des infrastructures facilement adaptables, en prévision de futurs raccordements à un réseau CAD (prévoir des pénétrations)
- choix de système de conversion d'énergie efficace (chaudière à haut rendement par exemple)
- minimisation des pertes de chaleur par le réseau de distribution (chauffage basse température par exemple)

6.1 Scénarios envisagés

Plusieurs stratégies d'approvisionnement ont été envisagées et sont présentées dans ce chapitre. Sauf indication contraire, les calculs ont été réalisés sur la base des besoins futurs correspondants au respect du standard Minergie.

Ces stratégies concernent essentiellement l'approvisionnement énergétique des nouveaux bâtiments. Cependant, elles se veulent au maximum compatibles et applicables aux bâtiments existants conservés, et flexibles en vue d'un éventuel raccordement à un réseau CAD.

Pour chaque stratégie, des solutions centralisées par PLQ sont préconisées (par exemple une chaufferie par PLQ). Cette solution semble être un bon compromis face aux différentes contraintes du périmètre : multiplicité des acteurs, échancier, adaptabilité à un éventuel raccordement à un réseau CAD.

6.1.1 Stratégie 1 : stratégie minimale

Pour répondre aux exigences légales, au minimum 30% des besoins thermiques pour l'eau chaude sanitaire des nouveaux bâtiments doivent être couverts par des capteurs solaires thermiques.

La stratégie dite minimale proposée est donc la suivante :

Tableau 13 : Description stratégie 1

Stratégie 1	Pourcentage total d'énergie renouvelable : 11%	
Eau chaude sanitaire	30% solaire thermique	70% gaz
Chauffage	100% gaz	

Détails

Installation d'environ 470 m² de capteurs solaires inclinés à 30°, soit une occupation d'environ 5% de la toiture des nouveaux bâtiments par les capteurs.

Installation de chaudières gaz à condensation pour le chauffage :

Menuisiers 1 : 370 kW

Menuisiers 2 : 260 kW

Léopard : 640 kW

6.1.2 Stratégie 2 : stratégie solaire

Cette stratégie vise à aller au-delà des exigences légales, grâce à l'installation de capteurs solaires thermiques permettant de couvrir une part plus importante des besoins de chaleur (eau chaude sanitaire et chauffage), comme décrit dans le tableau ci-après. La répartition de l'apport solaire supplémentaire entre eau chaude sanitaire et chauffage sera à préciser ultérieurement.

Tableau 14 : Description stratégie 2

Stratégie 2	Pourcentage total d'énergie renouvelable : 30%	
Eau chaude sanitaire	30% solaire thermique	70% gaz
Chauffage		

Détails

Installation d'environ 1'300 m² de capteurs solaires inclinés à 30°, soit une occupation d'environ 13% de la toiture des nouveaux bâtiments par les capteurs.

La puissance des chaudières à installer sera à déterminer en fonction de la part des besoins de chauffage qui sera prise en charge par le solaire thermique.

Remarque relative aux bâtiments existants

Etant donné les surfaces disponibles en toiture des nouveaux bâtiments et leur proximité avec les bâtiments existants, il serait envisageable de profiter de la construction de ces nouveaux bâtiments et de la pose de capteurs solaires pour prendre en charge une partie des besoins des bâtiments existants. Ainsi, la pose de capteurs solaires thermiques sur les nouveaux bâtiments pourrait permettre de couvrir une partie des besoins en ECS des bâtiments existants.

6.1.3 Stratégie 3 : stratégie PAC

Dans cette stratégie, la couverture des besoins de chauffage est assurée principalement par des pompes à chaleur air-eau. Nous considérons en première approche que la part d'énergie renouvelable fournie par ces PAC s'élève à 65%. Si de l'électricité d'origine renouvelable est consommée pour le fonctionnement des PAC, ce pourcentage peut s'élever jusqu'à 100%. Comme dans le cas des chaudières, la centralisation des installations (une installation centrale par PLQ) est préconisée. Les besoins en eau chaude sanitaire sont couverts à 30% par du solaire thermique, en respect de la législation.

Tableau 15 : Description stratégie 3

Stratégie 3	Pourcentage total d'énergie renouvelable : ~50%	
Eau chaude sanitaire	30% solaire thermique	70% gaz
Chauffage	Apport principal PAC air-eau	Appoint gaz

Détails

Installation d'environ 470 m² de capteurs solaires inclinés à 30°, soit une occupation d'environ 5% de la toiture des nouveaux bâtiments par les capteurs.

COP des PAC air-eau pour le chauffage : ~ 3

6.1.4 Stratégie 4 : stratégie expérimentale

Cette stratégie prévoit de couvrir les besoins de chaleur grâce à l'exploitation de solaire thermique et à la récupération de chaleur sur les eaux usées via le système Feka. Un complément gaz est également prévu. Suivant les saisons et la répartition des besoins, l'utilisation des ressources sera optimisée.

Tableau 16 : Description stratégie 4

Stratégie 3	Pourcentage total d'énergie renouvelable : ~ 60%		
Eau chaude sanitaire	30% solaire thermique	Feka (Eaux usées)	Complément gaz
Chauffage		Selon périodes : apport principal chauffage ou complément eau chaude sanitaire	

Détails

Installation d'environ 470 m² de capteurs solaires inclinés à 30°, soit une occupation d'environ 5% de la toiture des nouveaux bâtiments par les capteurs.

Réalisation de 3 réservoirs de récupération des eaux usées chacun équipé d'un échangeur de chaleur et relié à une pompe à chaleur.

Puissances des PAC eau – eau pour le chauffage (hypothèse COP = 3, couverture de 70% des besoins de chauffage) :

Menuisiers 1 : 86 kW

Menuisiers 2 : 59 kW

Léopard : 148 kW

Installation de chaudières gaz à condensation pour le complément de chauffage :

Menuisiers 1 : 110 kW

Menuisiers 2 : 80 kW

Léopard : 190 kW

Remarque relative aux bâtiments existants

Le système de récupération de chaleur sur les eaux usées Feka peut également servir au préchauffage de l'eau chaude sanitaire des bâtiments existants. Pour cela, les réservoirs et les échangeurs devront être dimensionnés en fonction.

6.1.5 Stratégie 5 : stratégie pilote

Cette stratégie vise à répondre à la vision à long terme de la société à 2'000 watts, en cohérence avec les objectifs de politique énergétique de Genève. Dans ce scénario, le respect du standard Minergie-P sera privilégié, et des technologies novatrices telles que celle de la cité solaire de Satigny et le système Feka pourraient être développées afin de valoriser au maximum les différents agents énergétiques renouvelables disponibles sur le territoire.

Dans ce cas de figure, les besoins en ECS pourraient être couverts en majorité par du solaire thermique, avec un appoint PAC air-eau.

La couverture des besoins de chauffage pourrait se répartir entre le solaire thermique, le système Feka, et éventuellement des PAC air-eau.

Dans le cas de l'installation de PAC, des panneaux solaires photovoltaïques pourraient être installés en toiture afin de produire l'électricité correspondant à la consommation des pompes à chaleur.

Une autre variante pourrait être l'installation d'une centrale chaleur-force à l'échelle de l'îlot. Cette variante engendrerait la création d'un réseau de chaleur au niveau de l'îlot, et permettrait la production simultanée d'électricité. En outre, ce système permettrait d'alimenter les bâtiments existants, dont les besoins énergétiques sont prépondérants.

6.1.6 Préconisations pour les bâtiments conservés

Les bâtiments existants conservés au niveau de l'îlot des Menuisiers situés dans les périmètres des PLQ mais intégrant également la « bande Vautier » représenteront plus de la moitié des besoins énergétiques une fois les nouveaux bâtiments construits.

Afin d'améliorer la gestion énergétique de ces bâtiments et dans l'optique de répondre aux objectifs de la commune de Carouge, on privilégiera les actions suivantes :

- Remplacer progressivement les chaudières mazout par des chaudières gaz à condensation
- Dans la mesure du possible, remplacer les chaufferies alimentées par des combustibles fossiles au profit d'énergies renouvelables.
On pourra par exemple profiter de la construction de nouveaux bâtiments pour éventuellement installer, sur ces nouvelles toitures, des capteurs solaires thermiques alimentant les besoins des bâtiments existants
- Dans la mesure du possible, centraliser la production d'énergie
- Favoriser les synergies avec les nouveaux bâtiments.

6.2 Evaluation des stratégies

Les scénarios se différencient sur les points suivants :

- La qualité de l'enveloppe des nouveaux bâtiments
- Les stratégies d'approvisionnement pour les besoins thermiques
- La valorisation des ressources énergétiques locales

Par ailleurs, les hypothèses suivantes ont été formulées :

- tous les nouveaux bâtiments sont munis d'un système de ventilation double flux permettant de récupérer l'énergie de l'air et de la réutiliser avec un rendement de 80%.
- Le taux de rénovation des bâtiments existants est le même pour chacun des scénarios, soit environ 15% sur 15 ans.

Le tableau suivant récapitule les caractéristiques des différents scénarios.

Tableau 17 : Caractéristiques des différents scénarios

Stratégie	Qualité de l'enveloppe nouveaux bâtiments	Chaleur	Ressources locales
1 - minimale	Minergie	Capteurs solaires thermiques Chaudières gaz à condensation	Solaire thermique (30% ECS)
2 - solaire	Minergie	Capteurs solaires thermiques Chaudières gaz à condensation	Solaire thermique (30% ECS et chauffage)
3 - PAC	Minergie	Capteurs solaires thermiques Appoint gaz PAC	Solaire thermique (30% ECS) Chaleur de l'air (100% chauffage)
4 - expérimentale	Minergie	Capteurs solaires thermiques Feka Chaudières gaz à condensation	Solaire thermique (30% ECS) Chaleur eaux usées (70% chauffage)
5 - pilote	Minergie P	Capteurs solaires thermiques Corbeilles géothermiques Feka PAC Couplage chaleur-force	Solaire thermique (70% ECS) Chaleur du sol, des eaux usées, et de l'air (100% chauffage)

Le tableau ci-dessous présente une évaluation de ces stratégies selon des critères environnementaux, techniques, et économiques.

Tableau 18 : Evaluation des scénarios

Stratégie	Contribution aux objectifs	Implications techniques	Impacts sur environnement	Investissement	Coûts d'exploitation
1 - minimale	+	+	++++	+	+++
2 - solaire	++	+	+++	+++	++
3 - PAC	+++	+	++	++	++
4 - expérimentale	+++	++	++	++	++
5 - pilote	++++	+++	+	++++	+

La stratégie 1 (minimale) est celle qui participe le moins aux objectifs politiques de réduction des émissions de CO₂ et d'amélioration de la qualité de l'air (immissions de NO₂), car les impacts environnementaux sont les plus importants. En revanche, la technologie est connue, fiable et peu coûteuse à court terme. Bien que l'investissement initial soit relativement peu

important, les coûts d'exploitation à prévoir sont plus importants que pour les autres stratégies et dépendront fortement des variations du prix du pétrole.

La stratégie 2 (solaire) repose de la même manière sur une technologie connue et fiable mais se veut un peu plus ambitieuse que la stratégie minimale. Ainsi, tout en restant relativement simple techniquement, cette solution contribue mieux aux objectifs et l'impact environnemental est réduit. Les surfaces importantes de capteurs solaires représentent toutefois un investissement important.

La stratégie 3 (PAC) se base également sur des technologies très bien connues et fiables et permet d'obtenir de très bons résultats environnementaux. Ces résultats peuvent encore être améliorés si les PAC sont alimentées par de l'électricité d'origine renouvelable. L'architecture des nouveaux bâtiments devra permettre l'intégration de ces équipements.

Avec la stratégie 4 (expérimentale), les impacts environnementaux sont encore réduits. Cette stratégie présente l'avantage de valoriser des rejets thermiques disponibles et d'assurer une production de chaleur relativement constante tout au long de l'année. Elle présente l'inconvénient majeur de se baser sur système encore peu répandu en Suisse romande et souffre donc d'un manque de retour sur expérience.

La stratégie 5 (pilote) est la plus ambitieuse et génère le moins d'impacts environnementaux. L'approvisionnement 100% renouvelable et multi-agents est le reflet de ce que seront probablement les approvisionnements énergétiques dans le futur. Son caractère innovant la rend encore peu avantageuse en terme d'investissement. En revanche, grâce à l'exploitation de ressources locales, les coûts d'exploitation sont faibles.

6.3 Raccordement au CAD

Etant donné qu'aucun réseau CAD n'est encore prévu actuellement, les stratégies proposées ne prévoient pas directement d'approvisionnement énergétique par ce biais. Néanmoins, ces stratégies se veulent au maximum flexibles et adaptables en cas d'arrivée d'un réseau CAD à proximité.

Ainsi, il est proposé de mettre en place des locaux techniques centralisés par secteur. Dans le cas de l'arrivée du CAD au niveau de l'îlot des Menuisiers, ces chaufferies pourront être remplacées par des sous-stations de chauffage.

La mise en place de chauffage au sol permet aux nouveaux bâtiments d'avoir des besoins en matière de température d'eau peu élevés et n'entraînera donc pas de contraintes de ce point de vue là en cas de raccordement.

6.4 Mesures conservatoires

Les mesures conservatoires, quelle que soit la stratégie choisie, sont les suivantes :

- Prévoir sur les toitures les surfaces les plus grandes possibles pour l'installation de capteurs solaires
- Prévoir dans chaque immeuble une liaison hydraulique qui relie la toiture au sous-sol pour l'ECS
- Prévoir des dispositifs constructifs les plus simples possibles, facilement adaptables, qui permettent aux immeubles d'évoluer avec les technologies
- Prévoir un réseau de chauffage basse température pour les nouveaux immeubles.
- Prévoir des zones de pénétration dans les locaux techniques pour alimenter les sous-stations, en prévision d'un futur raccordement à un réseau CAD.

6.5 Plan des infrastructures

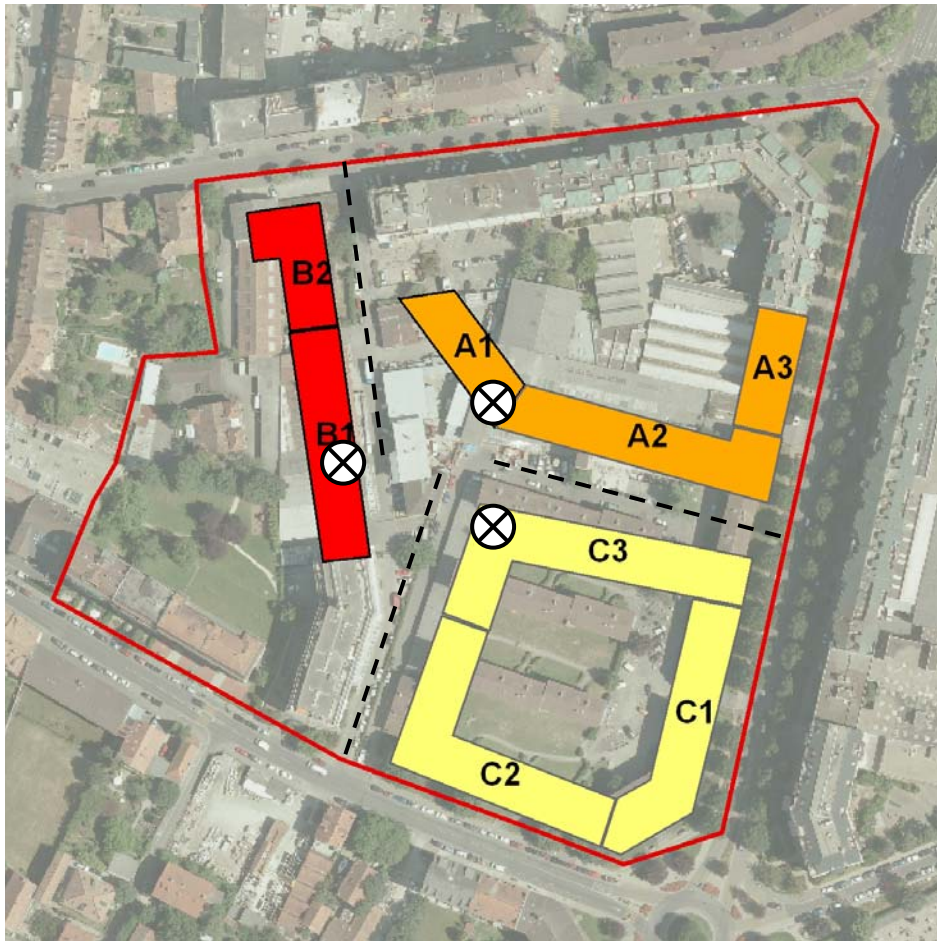



Figure 14 : Plan des infrastructures énergétiques

Légende

-  Proposition d'emplacement des chaufferies pour un éventuel raccord ultérieur au CAD
- - - Proposition de réseau CAD à réserver sur le site

7. SYNTHÈSE ET CONCLUSIONS

Le présent rapport a permis de déterminer les besoins actuels des trois PLQ Menuisiers 1, Menuisiers 2 et Léopard ainsi que l'évolution prévue de ces besoins en fonction des projets de développement prévus d'ici 2025 sur ce périmètre.

Les besoins devraient rester plus ou moins stables ou augmenter d'à peine 10%, selon le standard énergétique considéré, pour une capacité d'habitants accrue de 41% et une surface brute de plancher de logement et d'activité plus de deux fois supérieure.

Le périmètre concerné est soumis à de nombreuses contraintes au niveau des ressources énergétiques renouvelables locales. A court terme, le solaire semble une ressource facilement exploitable, pour l'eau chaude sanitaire essentiellement. L'air thermique représente également une opportunité à exploiter. La récupération de chaleur sur les eaux usées est un moyen envisageable et innovant pour répondre aux besoins de chauffage des nouveaux bâtiments.

Parmi les stratégies présentées, la stratégie 3, présentant un pourcentage total d'énergies renouvelable d'environ 50%, et selon laquelle les besoins de chauffage sont assurés par des pompes à chaleur air – eau nous semble être une bonne solution pour l'approvisionnement énergétique des nouveaux bâtiments de notre périmètre d'étude. En effet, cette stratégie, qui va plus loin que les prescriptions minimales légales, permet d'atteindre de bonnes performances environnementales, qui pourront encore être améliorées grâce à un approvisionnement en électricité verte. En cas d'arrivée d'un réseau CAD, les équipements pourront être démontés au profit d'un raccordement au réseau. Pour cela, le système de distribution du chauffage devra être dès la conception connecté au local technique de chaque ensemble.

A l'échelle de l'îlot et à l'horizon 2025, les bâtiments conservés représenteront plus de la moitié des besoins énergétiques totaux. Ils joueront donc un rôle central dans la stratégie énergétique qui sera menée sur ce périmètre. Ainsi, les solutions énergétiques qui seront développées en lien avec les nouveaux projets immobiliers devront se réaliser en synergie avec les bâtiments existants en intégrant leurs besoins et assurant leur compatibilité avec ceux-ci.

Le choix d'un scénario ne se limite pas à des considérations techniques. La stratégie d'approvisionnement énergétique liée au développement de Carouge-Est dépasse largement l'échelle d'un PLQ. Elle ne dépend pas seulement de la volonté des propriétaires et des promoteurs engagés sur le périmètre mais principalement des décisions émanant des collectivités publiques (commune et/ou Canton).

B+S ingénieurs conseils SA

Daniel Starrenberger

Administrateur

Maria Wägli

Ingénieur de projet

Collaboratrices ayant participé à l'étude : Aurore Nembrini, Tiziana Iannone et Marie Ville.

Genève le 3 mars 2011

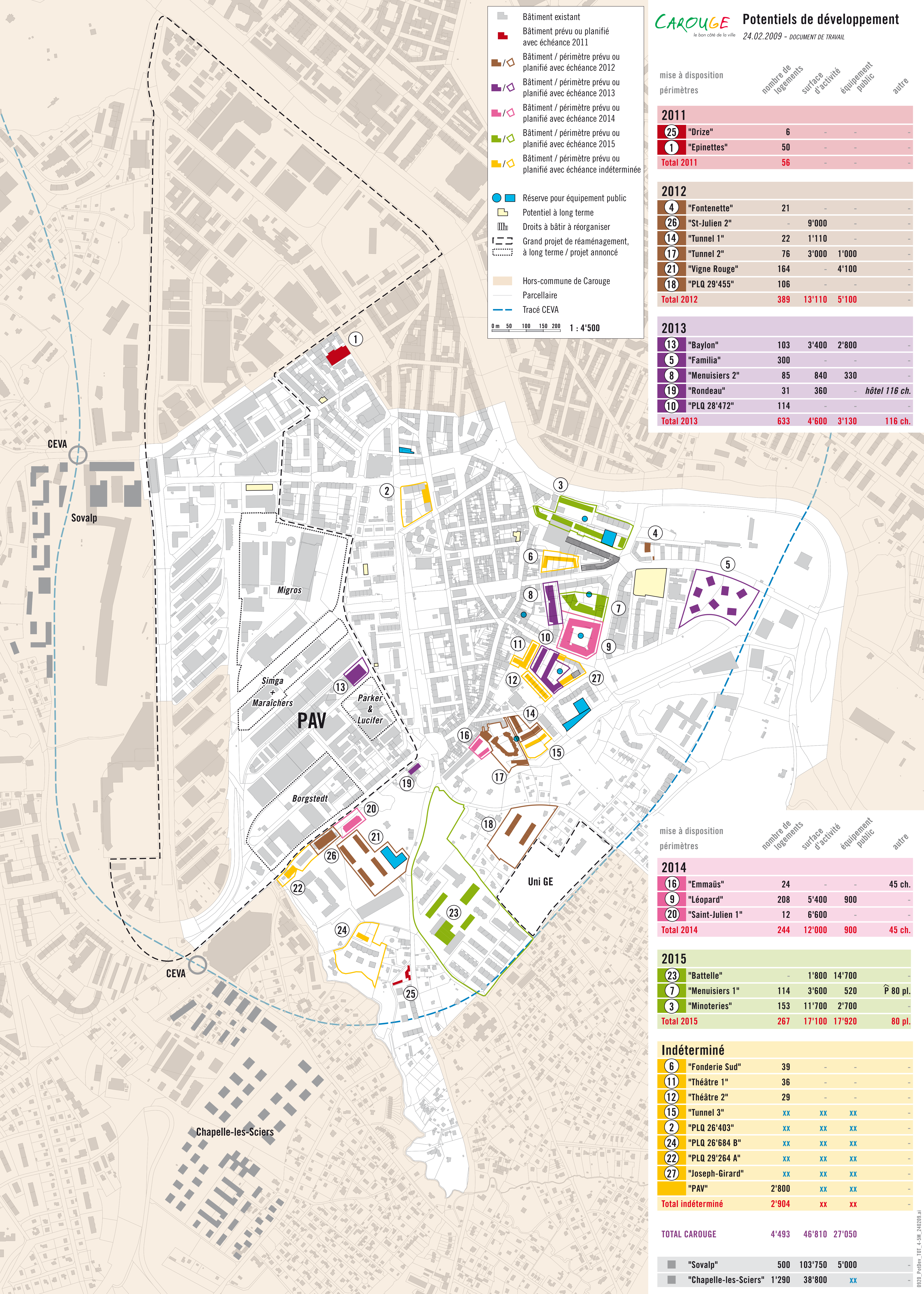
Annexes

Annexe 1

Potentiels de développement de la Ville de Carouge

- Bâtiment existant
 - Bâtiment prévu ou planifié avec échéance 2011
 - Bâtiment / périmètre prévu ou planifié avec échéance 2012
 - Bâtiment / périmètre prévu ou planifié avec échéance 2013
 - Bâtiment / périmètre prévu ou planifié avec échéance 2014
 - Bâtiment / périmètre prévu ou planifié avec échéance 2015
 - Bâtiment / périmètre prévu ou planifié avec échéance indéterminée
 - Réserve pour équipement public
 - Potentiel à long terme
 - Droits à bâtir à réorganiser
 - Grand projet de réaménagement, à long terme / projet annoncé
 - Hors-commune de Carouge
 - Parcellaire
 - Tracé CEVA
- 0 m 50 100 150 200 1 : 4'500

mise à disposition		nombre de logements	surface d'activité	équipement public	autre
périmètres					
2011					
25	"Drize"	6	-	-	-
1	"Epinettes"	50	-	-	-
Total 2011		56	-	-	-
2012					
4	"Fontenette"	21	-	-	-
26	"St-Julien 2"	-	9'000	-	-
14	"Tunnel 1"	22	1'110	-	-
17	"Tunnel 2"	76	3'000	1'000	-
21	"Vigne Rouge"	164	-	4'100	-
18	"PLQ 29'455"	106	-	-	-
Total 2012		389	13'110	5'100	-
2013					
13	"Baylon"	103	3'400	2'800	-
5	"Familia"	300	-	-	-
8	"Menuisiers 2"	85	840	330	-
19	"Rondeau"	31	360	-	hôtel 116 ch.
10	"PLQ 28'472"	114	-	-	-
Total 2013		633	4'600	3'130	116 ch.



mise à disposition		nombre de logements	surface d'activité	équipement public	autre
périmètres					
2014					
16	"Emmaüs"	24	-	-	45 ch.
9	"Léopard"	208	5'400	900	-
20	"Saint-Julien 1"	12	6'600	-	-
Total 2014		244	12'000	900	45 ch.

2015					
23	"Battelle"	-	1'800	14'700	-
7	"Menuisiers 1"	114	3'600	520	80 pl.
3	"Minoteries"	153	11'700	2'700	-
Total 2015		267	17'100	17'920	80 pl.

Indéterminé					
6	"Fonderie Sud"	39	-	-	-
11	"Théâtre 1"	36	-	-	-
12	"Théâtre 2"	29	-	-	-
15	"Tunnel 3"	xx	xx	xx	-
2	"PLQ 26'403"	xx	xx	xx	-
24	"PLQ 26'684 B"	xx	xx	xx	-
22	"PLQ 29'264 A"	xx	xx	xx	-
27	"Joseph-Girard"	xx	xx	xx	-
	"PAV"	2'800	xx	xx	-
Total indéterminé		2'904	xx	xx	-

TOTAL CAROUGE		4'493	46'810	27'050	-
	"Sovalp"	500	103'750	5'000	-
	"Chapelle-les-Sciers"	1'290	38'800	xx	-

Annexe 2

Planning prévisionnel de réalisation des bâtiments

Annexe 3

Tableaux détaillés des besoins existants pour chaque
PLQ

Calcul existant Léopard

Bâtiment	Epoque	Niveaux hors-sol	Surface au sol	SRE logement (m2)	SRE activités (m2)	SRE SITG	Consommation SITG (MJ/an)	IDE SITG (MJ/m2 an)	IDE estimé (MJ/m2 an)	Consommation (MJ/an)	Agent	Affectation	Propriétaire
1	46-60	3	163	440		486	416'502	857			Mazout	habitations plusieurs log.	SUVA
2	46-60	3	162	437		486	416'502	857			Mazout	habitations plusieurs log.	SUVA
3	46-60	3	162	437		486	416'502	857			Mazout	habitations plusieurs log.	SUVA
4	46-60	3	162	437		486	416'502	857			Mazout	habitations plusieurs log.	SUVA
5	46-60	3	163	440		535	458'495	857			Mazout	habitations plusieurs log.	Wicht
6	46-61	3	235	423	212	609	521'913	857			Mazout	activités rez	SUVA
7	46-60	3	162	437		536	459'352	857			Mazout	habitations plusieurs log.	SUVA
8	46-60	3	162	437		486	416'502	857			Mazout	habitations plusieurs log.	SUVA
9	46-60	3	162	437		486	416'502	857			Mazout	habitations plusieurs log.	SUVA
10	46-60	3	162	437		486	380'538	783			Mazout	habitations plusieurs log.	SUVA
11	46-60	3	162	437		486	380'538	783			Mazout	habitations plusieurs log.	SUVA
12	46-60	3	162	437		486	380'538	783			Mazout	habitations plusieurs log.	SUVA
13	46-60	3	162	437		486	380'538	783			Mazout	habitations plusieurs log.	SUVA
14	46-60	3	162	437		486	380'538	783			Mazout	habitations plusieurs log.	SUVA
15	46-60	3	162	437		486	383'940	790			Mazout	habitations plusieurs log.	SUVA
16	46-60	3	162	437		486	383'940	790			Mazout	habitations plusieurs log.	SUVA
17	46-60	3	162	437		486	380'538	783			Mazout	habitations plusieurs log.	SUVA
18	46-60	3	162	437		486	380'538	783			Mazout	habitations plusieurs log.	SUVA
19	46-60	1	39	35					648	22'745	Gaz	habitations plusieurs log.	Perret
20	46-60	1	39	35					648	22'745	Gaz	habitations plusieurs log.	Wicht
21	46-60	1	39	35					648	22'745	Gaz	habitations plusieurs log.	Wicht

(Source: SITG)

Total	3'108	7'970	212	5'346	7'370'418	821
				5'451		
				2010	7'438'652	MJ/an
					2'066'292	kWh/an
			(-15%)	2025	1'756'348	kWh/an

estimé
Données SITG

	Consommation	%
Mazout	7'370'418	99%
Gaz	68'234	1%
Bois	-	0%
(MJ/an)	7'438'652	



68'234

Calcul existant Menuisiers 1

Bâtiment	Epoque	Niveaux hors-sol	Surface au sol	SRE logement (m2)	SRE activités (m2)	SRE SITG	Consommation SITG (MJ/an)	IDE SITG (MJ/m2 an)	IDE estimé (MJ/m2 an)	Consommation (MJ/an)	Agent	Affectation	Propriétaire
1	71-80	7	269	1'453	242	1'715	934'675	545		923'612	Mazout	activités rez	Degaudenzi
2	61-70	6	526	2'367	473	3'829	1'768'998	462		1'312'265	Mazout	activités rez	Société immobilière
3	71-80	6	388	2'095		1'768	1'067'872	604		1'265'501	Gaz	habitations plusieurs log.	Barro
4	71-80	6	291	1'571		1'307	789'428	604		949'126	Gaz	habitations plusieurs log.	Degaudenzi
5	71-80	6	290	1'566		1'307	789'428	604		945'864	Gaz	habitations plusieurs log.	BNP Paribas
6	71-80	6	336	1'814		1'493	901'772	604		1'095'898	Gaz	habitations plusieurs log.	Givaudan
7	71-80	6	336	1'814		1'493	901'772	604		1'095'898	Gaz	habitations plusieurs log.	Girard
8	71-80	6	364	1'966		1'493	901'772	604		1'187'222	Gaz	habitations plusieurs log.	Fischer
9	61-70	2	2346	4'223		1'861	1'118'461	601			Gaz	équipement collectif	Etat
10	61-70	2	146	263					684	179'755	Gaz	habitations plusieurs log.	Barro
11		1	141		127				475	60'278	Bois	Atelier	Barro
12		1	2122		1'910				475	907'155	Bois	Usine Barro	Barro
13		1	35		32				475	14'963	Mazout	Atelier	Degaudenzi
14	19-45	3	80	216					648	139'968	Gaz	habitations plusieurs log.	Hiltpold
15		3	137	370					684	253'012	Gaz	habitations plusieurs log.	Hiltpold

(Source: SITG) **Total** **7'807** **19'718** **2'784** **16'266** **9'174'178** 581 **1'555'130**

22'502 **19'183**

2010 **Total** **10'729'308** MJ/an

2'980'363 kWh/an

2025 **2'533'309** kWh/an

(-15%)

Données manquantes
estimé
Données SITG

	Consommation	%
Mazout	2'718'636	25%
Gaz	7'043'240	66%
Bois	967'433	9%
(MJ/an)	10'729'308	

Logement		
Epoque	kWh/m2	MJ/m2
Avant 1950	180	648
1951-1970	190	684
1971-1980	200	720
1981-1990	160	576
1991-2000	110	396
2000 et après	70	252

Source : énergie-environnement.ch



Calcul existant Menuisiers 2

Bâtiment	Epoque	Niveaux hors-sol	Surface au sol	SRE logement (m2)	SRE activités (m2)	SRE SITG	Consommation SITG (MJ/an)	IDE SITG (MJ/m2 an)	IDE estimé (MJ/m2 an)	Consommation (MJ/an)	Agent	Affectation	Propriétaire
1		1	113	102					684	69'563	Mazout	habitation 1 logement	Magnin-Merlo
2	1919-1945	1	99	89					648	57'737	Gaz	habitation 1 logement	Merlo
3	1930	2	439		790				475	376'000	Mazout	Atelier (Menuiserie)	Degaudenzi
4	1950	2	668		1202				475	571'140	?	Usine (serrurerie)	Ona
5		1	66		59				475	28'215	?	Usine	Tachon
6	Avant 1919	4	194	698					648	452'563	Mazout	habitations plusieurs log.	Lups
7	Avant 1919	3	206	556					648	360'418	?	habitations plusieurs log.	Tachon
8	1971-1980	7	270	1458	243	1'685	963'820	572		972'972	Mazout	activités rez	Degaudenzi
9	1971-1980	7	269	1453	242	1'685	963'820	572		969'368	Mazout	activités rez	Degaudenzi
10	1971-1980	8	145	914	131	1'685	963'820	572		597'168	Mazout	activités rez	Degaudenzi
11	1971-1980	8	203	1279	183				572	836'035	Mazout	activités rez	Degaudenzi
12	1946-1960	6	185	999		1'094	574'350	525		524'475	Mazout	habitations plusieurs log.	La Carougeoise
13	1946-1960	6	178	961		1'094	574'350	525		504'630	Mazout	habitations plusieurs log.	La Carougeoise
14	1919-1945	6	217	1172		1'305	876'960	672		787'450	Mazout	habitations plusieurs log.	Daudin
15	1919-1945	7	245	1544		1'657	773'819	467		720'815	Gaz	habitations plusieurs log.	Vuagnat

(Source: SITG)

Total **3'497** **11'224** **2'850** **10'205** **5'690'939** **558**

15'164
2010 **8'442'610** MJ/an

2'345'169 kWh/an

2025 **1'993'394** kWh/an
(-15%)

Données manquantes
estimé
Données SITG

	Consommation	%
Mazout	7'611'054	90%
Gaz	831'556	10%
Bois	-	0%
(MJ/an)	8'442'610	



Annexe 4

Surfaces brutes de plancher et surfaces de références
énergétiques des projets

SURFACES BRUTES DE PLANCHER

PLQ	Bâtiment	Gabarits	SPB logements + 10% (m2)	SPB activités + 10% (m2)	SPB total + 10% (m2)	SPB total (Plan Guide)	Activités/logements	Habitants	Emplois	Surface/habitant	Date prévue achèvement
Menuisiers 1	A1	R+5	3'398	892	4'290		21%				2015
	A2	R+5	5'881	1'544	7'425		21%				2025
	A3	R+5	5'881	1'544	7'425		21%				2025
				15'159	3'981	19'140	17'300		228	96	66
Menuisiers 2	B1	R+5+S	5'870	1'280	7'150		18%				2014
	B2	R+5+S	4'967	1'083	6'050		18%				2017
				10'837	2'363	13'200	11'200		152	53	71
Léopard	C1	R+5	9'042	1'958	11'000		18%				2016
	C2	R+5	9'042	1'958	11'000		18%				2018
	C3	R+5	9'042	1'958	11'000		18%				2020
				27'126	5'874	33'000	30'400		416	144	65
Total 3 PLQ			53'122	12'218	65'340	58'900		796	293		

SURFACES DE REFERENCE ENERGETIQUE

Facteur: 1.0 (-10% SRE et + 10% LGZD)

PLQ	Bâtiment	Gabarits	SRE logements (m2)	SRE activités (m2)	SRE total (m2)	Activités/logements
Menuisiers 1	A1	R+5	3'398	892	4'290	26%
	A2	R+5	5'881	1'544	7'425	26%
	A3	R+5	5'881	1'544	7'425	26%
				15'159	3'981	19'140
Menuisiers 2	B1	R+5+S	5'870	1'280	7'150	22%
	B2	R+5+S	4'967	1'083	6'050	22%
				10'837	2'363	13'200
Léopard	C1	R+5	9'042	1'958	11'000	22%
	C2	R+5	9'042	1'958	11'000	22%
	C3	R+5	9'042	1'958	11'000	22%
				27'126	5'874	33'000
Total 3 PLQ			53'122	12'218	65'340	

Annexe 5

Tableaux détaillés des besoins futurs à l'horizon 2025

Besoins thermiques futurs (horizon 2025)

PLQ	Bâtiment	SRE logements (m2)	SRE activités (m2)	SRE total (m2)	Minergie			Minergie-P		
					Qh (kWh)	Qww (kWh)	Qtot(kWh)	Qh (kWh)	Qww (kWh)	Qtot(kWh)
Menuisiers 1	A1	3'398	892	4'290	148'655	81'319	229'975	99'104	81'319	180'423
	A2	5'881	1'544	7'425	257'288	140'745	398'033	171'525	140'745	312'270
	A3	5'881	1'544	7'425	257'288	140'745	398'033	171'525	140'745	312'270
			15'159	3'981	19'140	663'232	362'809	1'026'041	442'154	362'809
Menuisiers 2	B1	5'870	1'280	7'150	248'106	137'404	385'510	165'404	137'404	302'808
	B2	4'967	1'083	6'050	209'936	116'265	326'201	139'957	116'265	256'222
			10'837	2'363	13'200	458'042	253'669	711'711	305'362	253'669
Léopard	C1	9'042	1'958	11'000	381'720	211'490	593'211	254'480	211'490	465'971
	C2	9'042	1'958	11'000	381'720	211'490	593'211	254'480	211'490	465'971
	C3	9'042	1'958	11'000	381'720	211'490	593'211	254'480	211'490	465'971
			27'126	5'874	33'000	1'145'161	634'471	1'779'632	763'441	634'471
Total 3 PLQ				65'340	2'266'435	1'250'949	3'517'384	1'510'957	1'250'949	2'761'906

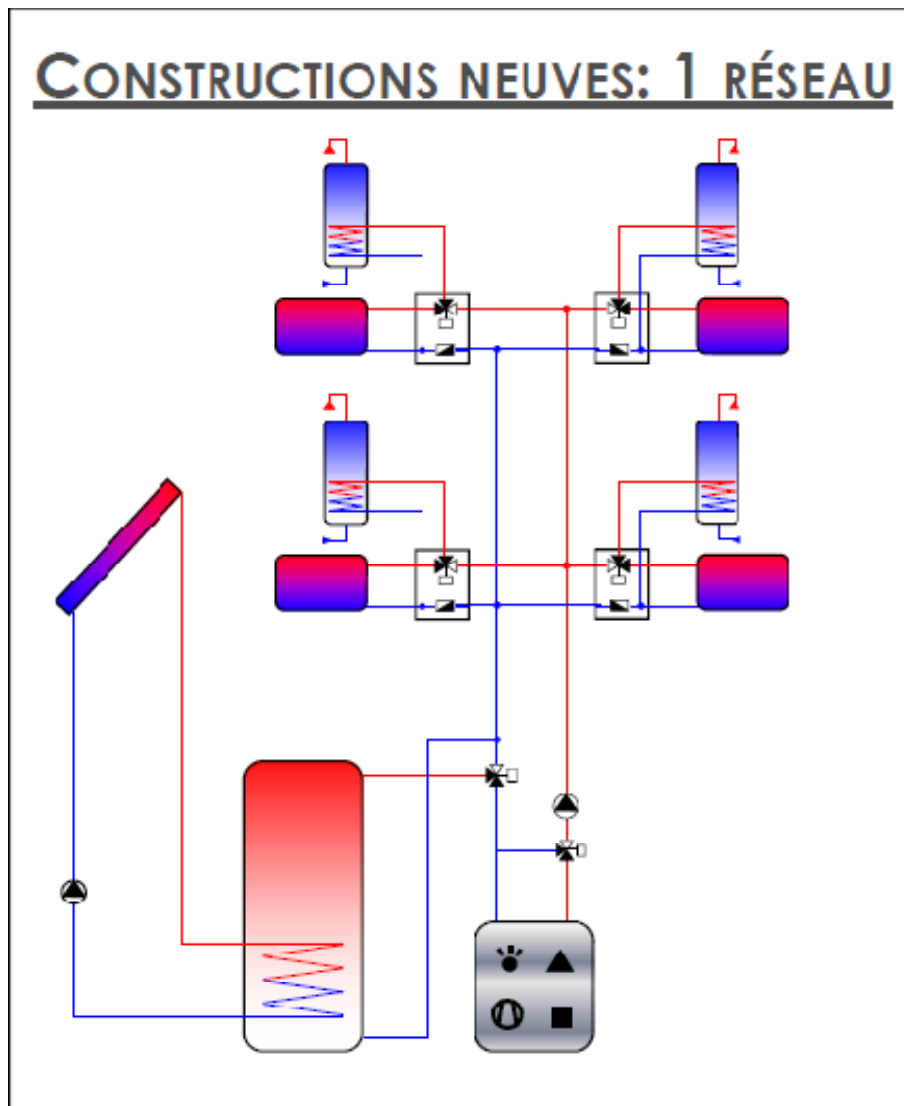
Part minimale (30%) des besoins en ECS à couvrir par des panneaux solaires thermiques

Menuisiers 1	Menuisiers 2	Léopard	Total
108'843	76'101	190'341	375'285

Annexe 6

Schéma de fonctionnement du système
enerBus[®]SOLAR

Schéma de fonctionnement du système enerBus[®]SOLAR



Dans une optique de large autonomie énergétique, un stockage thermique, tel que réalisé pour la Cité solaire de Satigny, peut être envisagé pour l'ensemble des nouveaux bâtiments projetés, basé sur des installations décentralisées de faible volume et des pompes à chaleurs solaires dans chaque immeuble (système enerBus[®]SOLAR). Ce système fonctionne avec un seul réseau de distribution d'énergie, utilisé à la fois pour la production de chauffage, d'ECS, et le rafraîchissement. Des capteurs solaires thermiques, dont la surface avoisine 0.12 m² par surface brute de plancher, soit 7'841 m² (soit env. 65% de la surface de toiture « brute » et 80% des toitures considérées comme « utilisables ») devraient permettre de satisfaire 80% des besoins en chauffage et ECS. Les pompes à chaleur sont alimentées en appoint (env. 20%) par de l'électricité.