

Culture solaire

Concilier énergie solaire
et culture du bâti



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'intérieur DFI
Office fédéral de la culture OFC

Méthode

Introduction	17
● La culture du bâti, une condition du développement durable	17
● Allier l'énergie solaire à la culture du bâti	17
● Promouvoir l'énergie solaire là où elle est judicieuse	18

Marche à suivre	19
● Une méthode en cinq étapes	19
● ① Définir des périmètres	21
● ② Évaluer l'adaptabilité	21
● ③ Estimer le potentiel solaire	22
● ④ Fixer des priorités	23
● ⑤ Élaborer des fiches	24

Mise en œuvre	25
● Approches générales	25
● Mesures concrètes	26

La stratégie solaire et les instruments d'aménagement du territoire	27
● Plan directeur	27
● Plans d'affectation	28
● Plans d'affectation spéciaux	28

Pratique

Application pratique de la méthode	29
● Carouge, une petite ville helvétique	29
● Planification de la valorisation de l'énergie solaire à Carouge	30

Exemples concrets issus de diverses communes	33
● Périmètre à priorité élevée	33
● Périmètre à priorité moyenne	33
● Périmètre à priorité faible	34
● Périmètre non prioritaire	34

Fiches de périmètres tests à Carouge	35
● PAV Crosselin	37
● Moraines Théâtre	41
● Pinchat Nord	45
● Pervenches	49
● Vieux Carouge	53

Source des illustrations et des cartes	
Impressum	

Habitat solaire p. 5

L'immeuble d'habitation Solaris construit en 2017 à Zurich Wollishofen (ZH) associe l'ambition architecturale à la technologie solaire. Toute l'enveloppe du bâtiment sert à la production électrique. Une installation photovoltaïque intégrée à l'ensemble de la surface du toit et aux façades produit 31 800 kWh/an, soit 47% des besoins totaux en énergie. Le reste est couvert par du gaz naturel. Prix Solaire Suisse 2018.

La durabilité à l'échelle du quartier p. 6

La planification d'un nouveau quartier offre des possibilités considérables. Grâce à une démarche participative, la ville de Meyrin (GE) — associée aux maîtres d'ouvrage — a pu veiller à ce que les futurs habitants de l'écoquartier « Les Vergers » et de ses abords soient impliqués activement dans le développement et l'aménagement de leur cadre de vie.

→ Aspects énergétiques et énergie solaire p. 33

Assainissement énergétique d'un monument historique p. 8

Sur la partie supérieure du toit à la Mansart de cette maison individuelle digne de protection édifée en 1898 à Berne (BE), des installations solaires intégrées avec soin produisent de l'électricité. Dans la partie plus inclinée du toit, des capteurs dissimulés sous les tuiles d'ardoise naturelle valorisent la chaleur du soleil. L'assainissement complet a réduit les émissions de CO₂ de 10,6 tonnes par an. Prix Solaire Suisse 2014.

Du solaire sur les Tours de Carouge p. 10

Bâties dans les années 1960, les Tours de Carouge (GE) constituent un ensemble architectural intéressant du point de vue de la conservation du patrimoine. Les surfaces de toiture légèrement inclinées vers le sud de ces immeubles-barres sont équipées d'installations solaires thermiques bien intégrées qui ne portent pas atteinte à la valeur patrimoniale des bâtiments.

Maison rurale avec innovation esthétique p. 12

À Écuwillens (FR), le projet pilote mené pour une maison rurale datant de 1859 utilise des modules de couleur terre cuite développés spécifiquement pour les sites protégés en raison de leur valeur patrimoniale. L'installation photovoltaïque de 262 m² montée sur le toit génère, avec une efficacité réduite à cause de la couleur des panneaux, quelque 16 500 kWh/an, soit environ 26 % de la consommation énergétique totale de 62 500 kWh. Prix Solaire Suisse 2018.

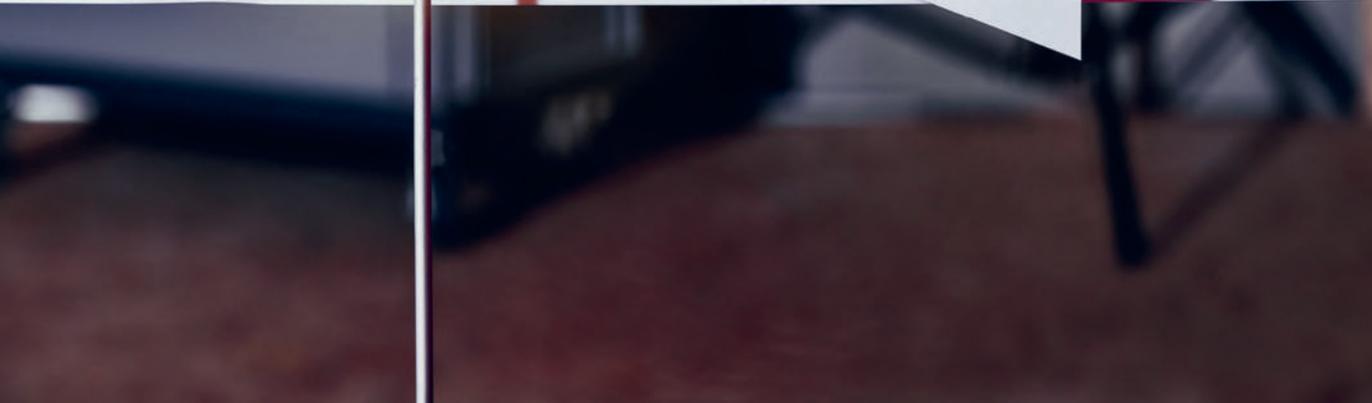
Vieille ville et énergies renouvelables p. 14

La vieille ville de Carouge (GE) se distingue par son site construit de grande valeur, avec ses toits de tuiles plates. De nos jours, dans les abords du Vieux Carouge, des toits de bâtiments appropriés sont déjà utilisés pour produire de l'énergie. Des modèles d'affaires participatifs (bourse solaire communale, par exemple) et le recours à d'autres énergies renouvelables peuvent encore renforcer la durabilité. Ils contribuent aussi à ce que les toitures du noyau historique, déjà passablement encombrées, restent préservées des installations solaires coûteuses et difficiles à intégrer.

→ Vieux Carouge p. 53

Grands bâtiments transformés en centrales solaires p. 16

Détenue à 100% par la Ville de Lausanne, la société SI-REN SA s'est fixé pour objectif de produire chaque année 100 CWh issus d'énergies renouvelables. Jusqu'en 2016, 36 installations photovoltaïques ont été placées en toiture de collèges, entreprises et bâtiments sportifs, industriels, commerciaux ou administratifs. L'installation montée sur les bâtiments de Debrunner à Crissier (VD) a produit 1,39 CWh en 2018. Prix Solaire Suisse 2017.

























Les bases de notre existence sont gravement menacées. Un nombre croissant de personnes admettent désormais que les changements climatiques sont à l'œuvre. Les dommages qui en résultent ne cessent d'augmenter.

L'un des buts les plus urgents de la politique environnementale mondiale consiste donc à réduire les émissions de CO₂. À cet effet, le Conseil fédéral a formulé la Stratégie énergétique 2050, que le peuple a approuvée à une forte majorité le 21 mai 2017. L'encouragement des énergies renouvelables occupe une place considérable dans le paquet de mesures adopté. Dans ce contexte, l'énergie solaire revêt une grande importance.

En Suisse, le soleil et son potentiel énergétique font partie d'une stratégie bénéficiant d'un large soutien. De manière générale, l'énergie solaire est bien accueillie, mais il arrive aussi qu'elle rencontre de la résistance dans certains cas concrets. Selon de nombreuses personnes, les installations de production d'énergie solaire sont fréquemment mal intégrées aux bâtiments historiques et aux sites construits, elles défigurent nos villages, nos villes et parfois même nos paysages.

La culture du bâti, une condition du développement durable

L'énergie solaire peut toutefois être utilisée davantage — et mieux — tout en bénéficiant d'un meilleur accueil. Pour cela, il faut mettre l'accent sur les sites dans lesquels on peut construire des installations de grande ampleur qui s'y intègrent bien. Les équipements bien aménagés et montés au bon endroit vont donc au-delà de la nécessité technique.

Une culture du bâti de qualité place les personnes et leurs besoins au centre de l'attention et constitue le fondement du développement durable. Les paysages et les sites construits bien aménagés favorisent la qualité de vie, le bien-être et la diversité culturelle. L'environnement bâti doit conserver ses qualités et les nouveaux quartiers doivent s'avérer convaincants grâce à leur bon aménagement.

Allier l'énergie solaire à la culture du bâti

Le but ne doit pas être d'installer tout simplement davantage de capteurs, mais de mieux les intégrer aux panoramas de toitures et aux sites construits. Les équipements bien conçus sur les toits ou en façade préservent le site et l'espace public. Ils sont l'expression de la durabilité du point de vue de la culture du bâti.

L'accent est encore trop souvent mis sur des installations privées individuelles. Leur réalisation incombe le plus souvent aux seuls propriétaires immobiliers, qui la plupart du temps s'intéressent en premier lieu aux aspects techniques, énergétiques et économiques des capteurs, et seulement en second lieu à leur aspect visuel. Ces personnes disposent rarement d'une vue d'ensemble du site construit. Résultat: des installations de petite taille, généralement sans ambition esthétique, qui ne permettent d'identifier aucune approche globale.

Dans la présente publication, l'Office fédéral de la culture aimerait montrer qu'il est possible d'accroître la production solaire sur les toits et en façade tout en tenant compte d'une culture du bâti de qualité. Pour cela, il est indispensable de prendre en considération des ensembles plus larges, en abandonnant le cas particulier pour s'intéresser à l'ensemble de la commune. Car ce qui a du sens à l'échelle d'une construction individuelle n'est pas forcément judicieux à l'échelle communale.

Promouvoir l'énergie solaire là où elle est judicieuse

Les monuments historiques et la culture du bâti de qualité ne se répartissent pas de manière homogène sur le territoire d'une commune. Il en va de même de l'irradiation solaire et des surfaces adaptées à sa valorisation énergétique. Une stratégie solaire judicieuse doit donc fixer des priorités qui varieront d'un endroit à l'autre. Dans les lieux appropriés, la production d'énergie sera encouragée autant que possible. Les équipements solaires peuvent notamment s'intégrer facilement aux nouveaux bâtiments et aux secteurs en forte mutation. En contrepartie, on fait baisser la pression sur des sites dont les aptitudes sont moindres — parce que leur potentiel solaire est faible ou que leur valeur culturelle et patrimoniale est considérable. Le surcroît d'énergie solaire dans certains secteurs compense les résultats plus faibles obtenus ailleurs.

Une telle stratégie permet à la commune de fixer et de rendre transparents ses plans et ses buts pour la production solaire et les autres énergies renouvelables. Les autorités y tiennent compte de l'ensemble du site construit avec ses valeurs culturelles et patrimoniales. Ces objectifs sont intégrés à une stratégie énergétique communale et aux outils d'aménagement d'une commune ou de quartiers spécifiques.

La présente publication doit inciter à penser la question de l'énergie solaire en visant une culture du bâti de qualité, afin de relier entre elles deux choses apparemment incompatibles : des installations solaires modernes axées sur la technique et des sites construits de grande valeur culturelle qui se sont développés au cours de l'histoire. La forme précise de la stratégie variera d'une commune à l'autre. Les chapitres qui suivent proposent une approche possible à titre d'exemple.

Si de nombreuses communes de Suisse produisent davantage d'énergie à l'avenir et que l'on parvient à y préserver ou même à y améliorer la qualité de la culture du bâti, on aura fait un pas important vers un approvisionnement énergétique durable.

Marche à suivre

La Suisse est un pays fédéraliste et cela vaut aussi pour l'énergie solaire. La législation sur l'énergie, les prescriptions d'encouragement des énergies renouvelables, les divers labels, l'aménagement du territoire et les projets de densification sont différents dans chaque canton ou commune, tout comme les dispositions liées aux monuments historiques et aux sites construits.

Comme tous ces aspects doivent être pris en compte, la stratégie solaire variera d'une commune à l'autre, mais certaines caractéristiques comparables s'y retrouveront toujours : chaque commune compte des bâtiments plus anciens et d'autres plus récents, ainsi que des localités, des ensembles ou des édifices dignes d'être protégés ou non. Et dans chaque commune, certains secteurs se prêtent davantage que d'autres à la production d'énergie solaire.

Il s'agit donc de présenter — à partir d'un exemple issu d'une commune réelle — une manière de procéder afin de définir une stratégie solaire respectant, pour l'ensemble du territoire communal, la culture du bâti en tant qu'intérêt public légitime.

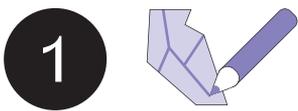
La commune choisie à titre d'exemple est celle de Carouge, petite ville historique qui jouxte désormais celle de Genève. De nombreuses caractéristiques y sont comparables à celles d'autres communes suisses de taille moyenne. Carouge est constituée d'un noyau historique, de secteurs qui ont été urbanisés au XIX^e et au XX^e siècles, de quartiers de maisons individuelles, de zones artisanales et industrielles, ainsi que d'espaces verts. Elle abrite un patrimoine culturel reconnu.

Dans le cadre d'une étude soutenue par l'Office fédéral de la culture, on a développé — à l'exemple de Carouge — une méthode permettant de relever le potentiel solaire d'une commune et de déterminer des priorités pour sa valorisation. Cette méthode peut aussi être appliquée dans d'autres communes.

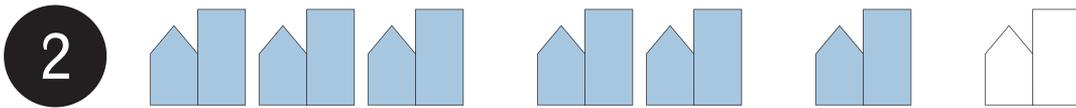
Une méthode en cinq étapes

La commune est divisée en différents secteurs appelés « périmètres », au sein desquels le tissu bâti est à chaque fois relativement homogène ❶. Pour chaque périmètre, on analyse ensuite les propriétés urbanistiques, architecturales et patrimoniales qu'il présente et on étudie dans quelle mesure il se prête à la valorisation de l'énergie solaire ❷, avant d'évaluer le potentiel solaire de chaque périmètre ❸. En se fondant sur ces examens, on établit quelle est la priorité de valorisation de l'énergie solaire dans un périmètre donné. Cette appréciation fournit des indications non seulement sur l'efficacité et l'économicité des installations, mais aussi sur leur compatibilité avec la culture du bâti ❹. Lors de l'étape finale, les conclusions tirées sont résumées sous la forme de fiches techniques ❺.

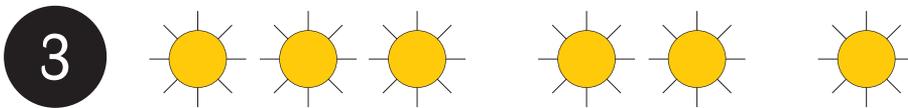
Définir des périmètres



Évaluer l'adaptabilité



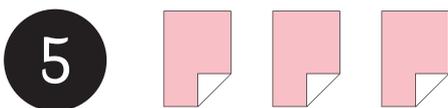
Estimer le potentiel solaire

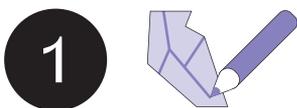


Fixer des priorités



Élaborer des fiches





Définir des périmètres

Lors de cette première étape, l'ensemble de la commune est divisée en secteurs appelés «périmètres». On vise alors à créer des périmètres d'un seul tenant qui soient les plus homogènes et cohérents possible.

Pour que cette division soit judicieuse, on tiendra compte des plans directeurs et plans d'affectation actuels, des projets de développement et d'autres données concernant l'avenir du secteur. Il faut également considérer l'urbanisation passée. *L'Inventaire fédéral des sites construits d'importance nationale à protéger en Suisse (ISOS)* peut apporter une aide précieuse, tout comme les autres inventaires fédéraux, cantonaux ou communaux, les histoires locales et les archives communales contenant des plans historiques.

Le but doit être de procéder à une répartition qui permette une évaluation homogène, dans chaque périmètre, des possibilités d'installer des équipements solaires (étapes ② à ④).



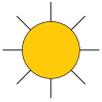
Évaluer l'adaptabilité

Une fois le territoire de la commune réparti en périmètres, on procède à une analyse fondée sur des critères liés à l'urbanisme, à l'architecture et à la conservation des monuments historiques. On pose ainsi les questions suivantes :

- Le périmètre traverse-t-il une période de mutation ou est-il plutôt stable, si bien qu'il ne faut guère attendre de changements à l'avenir ?
- Dans quelle mesure la structure du tissu bâti est-elle homogène ou hétérogène ?
- Les toits sur lesquels des capteurs peuvent être installés sont-ils bien visibles ?
- Quels sont les enjeux patrimoniaux dans le périmètre ?
- Que valent les qualités relevées en matière de culture du bâti du point de vue urbanistique et architectural ?

L'analyse et la pondération de ces critères sont difficiles. Elles doivent être négociées entre les parties pertinentes au sein de la commune. On définira finalement pour chaque périmètre son adaptabilité en matière de valorisation de l'énergie solaire.

	 Périmètre très adapté	 Périmètre adapté	 Périmètre adapté sous conditions	 Périmètre non adapté
Type de secteur	<ul style="list-style-type: none"> ● En cours de mutation importante ● Secteurs de nouvelles constructions et secteurs à bâtiments à toit plat ● Zones industrielles et artisanales 	<ul style="list-style-type: none"> ● Mutation partielle ● Structure urbanistique homogène ou hétérogène ● Secteurs avec de nouvelles constructions et des transformations de grande ampleur 	<ul style="list-style-type: none"> ● Structure du tissu bâti principalement stable ● Structure urbanistique homogène ou hétérogène ● Secteurs avec des assainissements et des rénovations 	<ul style="list-style-type: none"> ● Structure du tissu bâti stable ● Noyaux urbains historiques ● Qualités urbanistiques et architecturales élevées
Enjeux patrimoniaux	<ul style="list-style-type: none"> ● Pas ou presque pas d'enjeux patrimoniaux 	<ul style="list-style-type: none"> ● Enjeux patrimoniaux faibles ● Abords peu importants du point de vue patrimonial 	<ul style="list-style-type: none"> ● Existence d'enjeux patrimoniaux ● Abords moyennement à très importants du point de vue patrimonial 	<ul style="list-style-type: none"> ● Enjeux patrimoniaux significatifs ● Abords très importants du point de vue patrimonial



Estimer le potentiel solaire

Une fois les périmètres et les adaptabilités définis, on essaie d'estimer le potentiel d'énergie solaire à moyen terme de chaque périmètre.

Les informations du cadastre solaire — qui indiquent de manière standardisée l'irradiation solaire annuelle brute par bâtiment ainsi que le potentiel solaire (chaleur et électricité) — servent de fondement à l'évaluation de chaque périmètre. Elles doivent être complétées avec les données concernant les équipements solaires déjà installés, ainsi que les enjeux liés à la conservation des sites et des monuments historiques. Il faut aussi réfléchir à la possibilité de compléter le cadastre solaire d'une couche de planification supplémentaire contenant les surfaces en façade. Car dans les zones industrielles et artisanales ainsi que sur les nouvelles constructions, les façades peuvent souvent aussi être exploitées pour produire de l'énergie solaire.

À l'aide du cadastre solaire ainsi complété, on peut calculer les paramètres pertinents :

- proportion de la surface totale de toitures qui est disponible pour la production d'énergie solaire ;
- potentiel solaire total par périmètre ainsi que pour l'ensemble de la commune (MWh/an) ;
- taux de couverture des besoins en eau chaude sanitaire et en électricité ;
- potentiel des façades des nouveaux bâtiments (en fonction de la disponibilité des données).

On distinguera toujours les bâtiments à enjeux patrimoniaux de ceux qui n'en présentent pas. Cela permet de voir où l'on peut monter des équipements solaires sans autorisation et où de telles installations nécessitent des démarches supplémentaires ou ne sont parfois pas du tout possibles en raison d'enjeux patrimoniaux.

À l'aide de ces données, un potentiel est attribué à chaque périmètre. Pour Carouge, par exemple, les résultats obtenus sont les suivants :

	 Fort potentiel solaire		 Potentiel solaire moyen		 Faible potentiel solaire	
	Chaleur	Électricité	Chaleur	Électricité	Chaleur	Électricité
Ratio entre la surface totale des toitures et les toitures exploitables pour l'énergie solaire	> 40 %	> 40 %	30—40 %	30—40 %	< 30 %	< 30 %
Potentiel solaire total MWh/an	> 500	> 1000	250—500	500—1000	< 250	< 500
Taux de couverture des besoins totaux par l'énergie solaire	> 60 %	> 20 %	30—60 %	10—20 %	< 30 %	< 10 %

Les pourcentages indiqués seront comparables pour les périmètres d'autres communes. Les chiffres absolus de la production potentielle, quant à eux, varieront en fonction de la taille du périmètre et chaque commune devra donc fixer ses propres valeurs indicatives.



Fixer des priorités

Les résultats des étapes ② et ③ (adaptabilité et potentiel solaire) doivent maintenant être combinés afin de déterminer pour chaque périmètre une priorité de valorisation de l'énergie solaire. Celle-ci indique dans quelle mesure le secteur peut contribuer à la production d'énergie solaire de manière économique, efficace et respectueuse de la culture du bâti. Certaines combinaisons (par exemple « fort potentiel solaire » et « périmètre non adapté ») ne se rencontreront guère. Dans toutes les communes, les périmètres « non prioritaires » constitueront l'exception.

	 Périmètre très adapté	 Périmètre adapté	 Périmètre adapté sous conditions	 Périmètre non adapté
Fort potentiel solaire 	 Priorité élevée	 Priorité élevée  Priorité moyenne	 Priorité moyenne	 Non prioritaire
Potentiel solaire moyen 	 Priorité élevée  Priorité moyenne	 Priorité moyenne	 Priorité moyenne  Priorité faible	 Non prioritaire
Faible potentiel solaire 	 Priorité moyenne	 Priorité moyenne  Priorité faible	 Priorité faible	 Non prioritaire

Périmètre à priorité élevée

Il est possible d'y mener des projets solaires novateurs de grande ampleur, car les enjeux patrimoniaux y sont généralement faibles. Le potentiel de ce type de périmètre est nettement supérieur à la moyenne de la commune et le surcroît de production permet d'y compenser les résultats plus faibles obtenus dans d'autres périmètres.

→ PAV Crosselin

p. 37

→ Moraines Théâtre

p. 41

Périmètre à priorité moyenne

Des projets solaires d'assez grande dimension y sont réalisés. Dans la plupart des cas, des enjeux patrimoniaux moyens doivent y être pris en compte. Les installations solaires montées sur les grands toits de bâtiments adaptés induisent aussi une production supérieure à la moyenne, qui permet de compenser les lacunes d'autres périmètres.

→ Pinchat Nord

p. 45

→ Pervenches

p. 49



Afin d'y préserver des valeurs patrimoniales souvent considérables, les installations solaires y sont placées avant tout sur des bâtiments peu importants de ce point de vue. Dans le cas des objets à enjeux patrimoniaux, il est proposé aux propriétaires d'utiliser d'autres énergies renouvelables et d'investir dans des installations solaires situées ailleurs dans la commune.

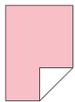
Périmètre non prioritaire



La mise en place d'installations solaires n'y est que très rarement judicieuse. Les nombreux bâtiments à enjeux patrimoniaux significatifs exigent une qualité d'intégration élevée, ce qui réduit la rentabilité des installations et les rend peu économiques. De plus, le potentiel solaire est généralement faible. La production plus basse dans ce type de périmètre est compensée par une valorisation accrue dans d'autres secteurs. Les propriétaires utilisent d'autres énergies renouvelables et les locataires peuvent investir dans des installations solaires situées ailleurs dans la commune.

→ Vieux Carouge

p. 53



Élaborer des fiches

Les analyses des étapes ① à ④ et leurs résultats sont résumés dans des fiches qui présentent clairement pour chaque périmètre les renseignements obtenus et les recommandations qui en découlent. À l'aide de texte, de cartes, de graphiques et de tableaux, on présente une stratégie solaire sous une forme compacte — cela pour chaque périmètre et donc pour l'ensemble de la commune.

Les fiches doivent comprendre les éléments suivants sous une forme claire et concise :

- désignation du périmètre et données essentielles (définition, plan d'affectation, valeur patrimoniale, etc.) ;
- culture du bâti (planification, urbanisation, propriétés et qualités urbanistiques et architecturales, enjeux patrimoniaux, adaptabilité à la pose d'installations solaires) ;
- potentiel solaire (irradiation solaire brute, potentiels solaires thermique et photovoltaïque) — et cela aussi bien pour les bâtiments à enjeux patrimoniaux que pour les autres ;
- priorité du périmètre pour la valorisation de l'énergie solaire ;
- résumé des conclusions et recommandations à l'attention des administrations et propriétaires des bâtiments ;
- cartes, photographies et tableaux de données.

Mise en œuvre

Lorsque les cinq étapes de la méthode (p. 19—24) ont été achevées avec soin, la commune dispose de fiches qui définissent une stratégie solaire pour chaque périmètre et donc pour l'ensemble de la commune. Cette stratégie doit bénéficier d'un soutien solide sur le plan politique et au sein de l'administration, mais également être accessible au public. Les maîtres d'ouvrage, architectes, propriétaires et locataires doivent savoir comment ils peuvent recourir à l'énergie solaire dans leur commune, quelles priorités ont été définies et comment ils peuvent participer à la production.

Approches générales

Il est important de choisir une démarche adaptée à la priorité du secteur communal concerné :

- Les principaux efforts se concentreront sur les périmètres à priorité élevée. Il s'agit de zones soumises à des mutations importantes, ainsi que d'aires industrielles et artisanales. Des équipements solaires de grande surface peuvent y être prévus dès la planification. Dans les projets architecturaux, ils sont intégrés aux toitures et aux façades dès la phase de conception.
- De manière plus ponctuelle, la valorisation de l'énergie solaire se fera dans des périmètres à priorité moyenne ou faible. Ces secteurs abritent des noyaux d'urbanisation historiques ou des quartiers de maisons individuelles et d'immeubles. Les périmètres à priorité moyenne recèlent justement une part significative du potentiel solaire d'une commune. Il vaut donc la peine de les analyser de manière approfondie afin d'en profiter au mieux. Les équipements seront installés avant tout sur les toits des bâtiments sans enjeux patrimoniaux. Les surfaces de toiture des objets à enjeux patrimoniaux constituent généralement un faible pourcentage du potentiel solaire global et ne doivent être valorisées qu'en second lieu. Les édifices à toit plat constituent une exception, parce qu'ils sont souvent adaptés à la pose de capteurs solaires malgré les enjeux patrimoniaux.
- Dans toutes les communes, les périmètres non prioritaires constituent l'exception. Ils contiennent les noyaux historiques des localités, ainsi que des ensembles de grande valeur architecturale et patrimoniale. Sur les toits de ces bâtiments, les installations solaires sont peu rentables, parce qu'elles ne peuvent y être intégrées qu'à grands frais si l'on veut éviter de porter atteinte à la culture du bâti et aux valeurs patrimoniales. On y préférera d'autres sources d'énergie renouvelables.

Les objectifs sont inscrits dans des plans de quartier et des règlements qui posent également des exigences en matière de culture du bâti. La valorisation devrait se faire à chaque fois selon les indications figurant dans les fiches. Les approches architecturales définies pour l'intégration d'installations sur des unités de grande ampleur peuvent accélérer les procédures d'autorisation. Cela s'applique aux bâtiments individuels, mais aussi et surtout aux ensembles ou à des rangées de bâtiments entières.

Il est crucial de toujours garder une vision globale. Il ne faut pas forcément maximiser la production dans chaque périmètre, mais plutôt sur l'ensemble du territoire communal. Les lacunes de production des périmètres non prioritaires peuvent être compensées dans les périmètres à priorité élevée.

Mesures concrètes

Les approches définies, qui doivent bénéficier d'un appui solide, sont ensuite concrétisées en élaborant des mesures spécifiques, qui peuvent notamment prendre les formes suivantes :

- On favorise la coopération entre la commune, l'entreprise énergétique locale et les développeurs privés de solutions solaires.
- On encourage la population à participer à des projets solaires et on soutient des entreprises et des coopératives à dimension participative pour la production d'énergie.
- La commune associe la remise des droits de superficie dont elle dispose à une obligation d'installer des capteurs solaires.
- La commune met à disposition les toitures de bâtiments qu'elle possède pour l'installation d'équipements solaires bien intégrés.
- Par ses propres installations et ses coopérations, la commune assume sa fonction de modèle. Elle s'engage avec ses partenaires à garantir une bonne intégration de ses installations solaires.
- On élabore des conceptions énergétiques. Celles-ci incluent aussi d'autres sources d'énergie renouvelables comme la géothermie, les rejets de chaleur industrielle, la biomasse, etc.

Des projets concrets peuvent finalement être déduits de ces mesures. Les pages 33 et 34 montrent à quoi ils peuvent ressembler.

La stratégie solaire et les instruments d'aménagement du territoire

Dans les activités de construction, la stratégie solaire déploie d'autant plus d'effets qu'elle est intégrée aux instruments de l'aménagement du territoire. En assumant leur rôle de modèles et en faisant preuve de créativité et de ténacité, les communes peuvent utiliser la marge de manœuvre dont elles disposent pour favoriser un approvisionnement énergétique durable.

Du point de vue de l'aménagement du territoire, la stratégie solaire correspond à une conception et fait ainsi partie des études de base de la planification. En règle générale, les conceptions se réfèrent à un thème spécifique, mais ne sont pas encore (ou que partiellement) coordonnées avec d'autres enjeux territoriaux. Dans la stratégie solaire, l'intérêt consistant à valoriser le plus possible cette source d'énergie est déjà concilié avec les enjeux locaux liés aux exigences de la culture du bâti. En revanche, d'autres intérêts tels que les objectifs de densification ou la préservation de zones non bâties ne sont pas encore pris en compte. Ils seront coordonnés durant les processus de planification.

La stratégie solaire peut être mise en œuvre dans les instruments d'aménagement du territoire à trois niveaux : à plus long terme dans la planification directrice communale, à moyen terme dans les plans d'affectation communaux et à court et moyen termes dans les plans d'affectation spéciaux. Les indications du plan directeur sont contraignantes pour les autorités, alors que les plans d'affectation le sont pour les propriétaires. Les trois instruments exigent la participation de la population et doivent être approuvés par le canton pour avoir force de loi.

Plan directeur

Les périmètres de la stratégie solaire et leurs adaptabilités peuvent être repris directement dans le plan directeur communal s'ils n'entrent pas en conflit avec d'autres intérêts. Un plan directeur peut aussi être divisé en plusieurs thématiques qui doivent toutefois être coordonnées entre elles. De nombreuses communes disposent déjà d'un plan concernant l'énergie, qui est intégré à la planification directrice communale (par exemple un plan directeur partiel « Énergie »). Généralement, celui-ci montre quels agents énergétiques sont prioritaires dans un secteur donné (énergie solaire, chauffage à distance ou gaz, bois, rejets de chaleur, géothermie, exploitation des eaux souterraines ou de l'eau d'un lac, etc.). Il peut aussi mettre en évidence des réseaux d'interconnexion existants ou prévus. Les autorités sont tenues d'axer leurs activités sur les buts du plan directeur. Elles peuvent par exemple échelonner les contributions communales qu'elles versent pour les installations solaires en fonction de l'adaptabilité du secteur. Les propriétaires auraient toutefois tort de penser que le plan directeur induit des obligations de fourniture ou de raccordement pour la commune.

Plans d'affectation

Au niveau des plans d'affectation (réglementation fondamentale en matière de construction, plan de zones et de constructions, etc.), les conclusions issues de la stratégie solaire sont mises en œuvre dans les dispositions concernant les différentes zones et deviennent ainsi contraignantes pour les propriétaires, puisque ces dispositions doivent impérativement être respectées. Ces dernières tiennent compte des conditions locales et peuvent aussi bien encourager qu'empêcher l'installation de panneaux solaires. Elles peuvent être nuancées et accepter par exemple les petits capteurs thermiques mais restreindre les grandes installations photovoltaïques. Certains cantons permettent même la création de zones dans lesquelles le recours aux énergies renouvelables est obligatoire.

Plans d'affectation spéciaux

Grâce aux plans d'affectation spéciaux (plan d'aménagement, plan de quartier, etc.), la commune peut édicter des dispositions plus exigeantes dans un secteur du plan d'affectation communal. Les plans d'affectation spéciaux sont souvent adoptés dans la perspective de l'urbanisation d'une grande surface, en coopération étroite avec les propriétaires concernés. Lors de l'élaboration d'un tel plan, on dispose souvent d'une marge de manœuvre considérable pour tenir compte des intérêts publics et privés. Le plan d'affectation spécial est donc particulièrement approprié pour prescrire des mesures favorables à un approvisionnement énergétique durable. Les modules photovoltaïques peuvent ainsi être concentrés dans des secteurs précis, ce qui permet de préserver les sites exposés. Un plan d'affectation spécial peut aussi contraindre les investisseurs à participer à un réseau énergétique ou à une communauté de consommation. Des surfaces de toit ou de façade peuvent être mises à disposition expressément pour le recours à l'énergie solaire.

Application pratique de la méthode

Comme indiqué plus haut, la méthode proposée a été élaborée et testée dans la ville de Carouge. Le présent chapitre fournit quelques exemples qui montrent à quoi ressemble la stratégie solaire qui y a été formulée.

Carouge, une petite ville helvétique

Le centre de Carouge est occupé par son noyau historique, le « Vieux Carouge », bâti au XVIII^e siècle sur un plan en damier. Il jouxte des zones urbaines datant du XIX^e siècle, ainsi que le quartier des Tours, une extension de la ville remontant aux années 1960. Carouge se situe au bord de l'Arve, rivière dont les rives accueillent de nombreux espaces verts et surfaces non bâties.

En dehors du centre, on rencontre des secteurs structurellement très différents. Au nord-ouest s'étend le quartier Praille Acacias Vernets (PAV), dont une grande partie appartient à Carouge. Cette vaste zone industrielle est progressivement reconvertie en un secteur urbain mixte à forte densité pour la société à 2000 watts. À l'est et au sud, les quartiers évoluent également : le tissu artisanal constitué de petites unités est remplacé par de grands îlots urbains à fonction résidentielle et commerciale. On densifie en outre des quartiers de maisons individuelles.

La ville, dans son ensemble, présente des qualités spatiales et architecturales considérables et figure donc à *l'Inventaire fédéral des sites construits d'importance nationale à protéger en Suisse (ISOS)*.

Les diverses parties de Carouge vont évoluer de manière très variable au cours des prochaines décennies : le tissu du centre historique ne va pas connaître de changements importants, contrairement aux quartiers environnants et notamment à Praille Acacias Vernets (PAV). Le nombre d'emplois et d'habitants va fortement s'accroître. La consommation d'énergie progressera aussi, en même temps que la nécessité de passer à une production plus durable.

Le défi pour Carouge consiste donc à permettre un développement moderne, notamment en matière de production d'énergie, tout en protégeant un site construit de grande valeur culturelle dans lequel les enjeux patrimoniaux sont importants. En cela, Carouge est typique de nombreuses communes suisses.

Planification de la valorisation de l'énergie solaire à Carouge

Pour Carouge, trente périmètres ont été définis et analysés à l'aide de la méthode décrite aux pages 19 à 24. La présente publication met en évidence les résultats de l'analyse du territoire communal en prenant pour exemples cinq périmètres tests dont les priorités de valorisation de l'énergie solaire sont variables. Les fiches détaillées peuvent être consultées aux pages 35 à 56. En voici un résumé :

Périmètre à priorité élevée

PAV Grosselin

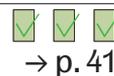


→ p. 37

Le périmètre est en complète mutation : il doit être affecté à une utilisation mixte de services et d'exploitations émettant peu ou pas du tout de nuisances, avec une part prépondérante de logements. Grâce au solaire, il pourra couvrir lui-même une bonne partie de ses besoins énergétiques (en particulier pour l'eau chaude). Des installations photovoltaïques, sur les toits, contribueront à compenser les lacunes d'autres périmètres. Ce secteur pourrait devenir une zone pilote pour la mise en œuvre de solutions solaires intégrées à l'architecture dès la phase de conception, ainsi que pour des installations solaires conçues à l'échelle du quartier.



Périmètre à priorité élevée Moraines Théâtre



Le périmètre traverse une phase de mutation importante. À moyen terme, de nombreux bâtiments seront remplacés. Il n'y a guère de restrictions du point de vue patrimonial. Toutefois, la proximité du périmètre protégé du Vieux Carouge exige d'être très prudent lors de la mise en place d'éventuelles installations solaires. Le *Plan guide Carouge Est* définit les critères d'une bonne intégration architecturale des installations solaires dans les toitures des nouveaux complexes : équipements intégrés aux toits, couleurs coordonnées, forme, prise en compte des lignes, regroupement des collecteurs et des modules.



Périmètre à priorité moyenne Pinchat Nord



Le périmètre traverse une phase de forte transformation. De nombreux petits bâtiments vont être remplacés prochainement par des volumes plus importants. Des structures paysagères remarquables ainsi que deux bâtiments présentent des enjeux patrimoniaux. En tenant compte des règles en vigueur, les bâtiments récents ou en projet sont adaptés pour accueillir des installations solaires sur leurs toitures. Pour les projets de constructions neuves, on devrait aussi étudier le potentiel de valorisation des façades.



Périmètre à priorité moyenne Pervenches



→ p. 49

Des ensembles protégés et des bâtiments dignes de protection avec des toits remarquables souvent composés de petits éléments revêtent une grande importance patrimoniale. Ils jouxtent une installation sportive à toit plat et un immeuble d'habitation à toit à faible pente qui présentent tous deux un bon potentiel solaire. La valorisation énergétique devrait se concentrer sur ces deux édifices. Des modèles d'affaires participatifs peuvent être étudiés.



Périmètre non prioritaire Vieux Carouge



→ p. 53

En raison de son tissu homogène où les enjeux patrimoniaux sont importants, ce périmètre n'est pas adapté pour le solaire. Les besoins en eau chaude sanitaire et en électricité seront couverts sur place avec d'autres sources d'énergie renouvelables (chauffage à distance, géothermie ou autre) ou comblés par d'autres périmètres auxquels une priorité élevée a été attribuée.



Exemples concrets issus de diverses communes

Les chapitres précédents ont présenté une méthode développée à l'exemple de Carouge. Celle-ci permet aux communes de formuler une stratégie solaire. Dans le présent chapitre, quelques exemples issus d'autres communes montrent à quoi peuvent ressembler les projets dans la pratique.

Périmètre à priorité élevée



- Meyrin (GE)
- Promotion d'un écoquartier par la commune, des investisseurs privés, des coopératives et l'entreprise énergétique locale

Dans l'écoquartier « Les Vergers », à Meyrin, quelque 1350 logements seront construits vers 2020, pour environ 3000 personnes. La commune dispose d'environ la moitié des droits de superficie, si bien qu'elle a pu fortement influencer le développement du secteur: la durabilité doit y être à la fois sociale, écologique et économique. Cela se fait notamment grâce à l'octroi de droits de superficie à certains investisseurs, au lancement de concours d'architecture et à l'imposition d'un concept énergétique novateur.

« Les Vergers » seront certifiés « site 2000 watts ». Tous les bâtiments respectent le standard Minergie A: ils produisent autant d'énergie qu'ils en consomment pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire. L'approvisionnement calorifique se fait grâce à des pompes à chaleur alimentées à 100 % par de l'électricité issue d'équipements photovoltaïques placés sur les toits. Le système de chauffage à distance mis en place par les Services industriels de Genève (SIG) utilise des puits de pompage désaffectés qui transportent l'eau vers un quartier industriel, où elle est chauffée par les rejets de chaleur des exploitations.

→ www.lesvergers-meyrin.ch
Le projet → Les Vergers → Les objectifs du quartier → Performance du label Minergie-A

Périmètre à priorité moyenne



- Carouge (GE)
 - Encouragement de l'autoconsommation par l'entreprise énergétique locale
- Les Services industriels de Genève (SIG) coopèrent avec les propriétaires de diverses grandes surfaces publiques ou privées. Dans ce cadre, des projets de production d'électricité solaire en autoconsommation ont vu le jour. À l'école de la Tambourine, à Carouge, une installation photovoltaïque de 662 m² a été mise en service. Elle est le fruit d'une coopération entre la commune et les SIG; ces derniers en resteront propriétaires pendant 25 ans et prélèveront un loyer symbolique d'un franc par année. L'installation sera ensuite remise à la ville de Carouge. Les SIG revendent à cette dernière le courant produit comme de l'électricité « 100 % solaire », donc au tarif le plus élevé. Le taux d'autoconsommation est de 100 %, la production dépassant très légèrement les besoins.

→ www.rts.ch
Info → Régions → Genève → 🔍 Genève généralise l'énergie solaire sur ses nouveaux bâtiments publics

Périmètre à priorité faible

- Renens (VD)
- Bourse solaire communale

La bourse solaire de Renens a pris la forme d'une coopérative. La population de la commune peut souscrire des parts sociales pour financer l'installation de panneaux solaires sur les toits des bâtiments communaux adaptés. Plus tard, il est prévu de valoriser aussi les toits d'autres propriétaires publics ou semi-publics, ou d'entreprises privées sises à Renens. La commune joue ainsi son rôle de modèle et use de son influence pour garantir une bonne intégration des installations.

Il existe aussi en Suisse des coopératives solaires aux mains de privés, par exemple OptimaSolar, une fédération de trois coopératives possédant 28 installations photovoltaïques.

→ www.renens.ch
Territoire et économie → Développement durable → Politique énergétique → Projet de bourse solaire participative

Périmètre non prioritaire

- Yverdon-les-Bains (VD)
- Investissement participatif dans des centrales solaires détenues par la commune

Depuis 2010, Yverdon-les-Bains est une Cité de l'énergie. Avec sa centrale solaire participative, la ville offre à sa population la possibilité d'investir de manière sûre tout en accroissant la production locale d'énergie renouvelable. Cette offre s'adresse aux locataires, aux propriétaires de bâtiments historiques en vieille ville, aux propriétaires par étage et aux détenteurs de biens immobiliers qui ne veulent pas exploiter leur propre installation. La ville est propriétaire des équipements et conclut une convention avec le propriétaire du bâtiment dont elle souhaite louer la surface de toit, ainsi qu'avec les divers investisseurs. Elle joue le rôle de plateforme de financement participatif. Le capital est souscrit en parts de 500 francs, qui sont rétribuées en fonction de la production électrique. La centrale reste la propriété de la commune, qui confie son exploitation à l'entreprise énergétique locale.

→ www.yverdon-energies.ch
Particuliers → Énergies renouvelables → Mix énergétique d'Yverdon-les-Bains Énergies → Solaire participatif



PAV Grosselin



Périmètre très adapté à la pose d'installations



Priorité élevée pour la valorisation de l'énergie solaire

Vue d'ensemble

Définition	Faisceau ferroviaire, avenue Vibert, rue Jacques-Grosselin, route de Saint-Julien Tissu bâti en mutation radicale
Aménagement	Zone 2 de développement Projets d'aménagement selon <i>Plan directeur de quartier PAV</i> (PDQ PAV avril 2015) + Loi PAV (L 10788) + projet d'image directrice, état mars 2018
ISOS	Carouge : site d'importance nationale ; partie du site avec objectif de sauvegarde (b)

Résumé

Très adapté à la pose d'installations solaires, ce périmètre en mutation totale sera dévolu à une affectation mixte, comportant des activités tertiaires, des entreprises sans nuisances ou moyennement gênantes, avec une nette prédominance de logements.

Offrant de forts potentiels TH et PV, ce périmètre à priorité élevée pour la valorisation des ressources solaires peut non seulement couvrir une bonne partie de ses besoins énergétiques (en particulier ECS), mais aussi mettre à disposition ses toitures pour des installations PV mutualisées.

Recommandations

Le périmètre PAV Grosselin devrait faire l'objet d'une planification énergétique globale, avec l'ambition explicite de valoriser pleinement le potentiel solaire identifié, avec un concept énergétique à l'échelle du quartier entier.

Cet objectif devrait être intégré dans les outils de planification (plans localisés de quartier, PLQ), avec une haute exigence de qualité et un contrôle rigoureux des solutions proposées.

Le futur quartier de Grosselin pourrait ainsi devenir un territoire pilote pour la mise en œuvre de solutions intégrées à l'architecture dès sa conception et pour la promotion d'innovations technologiques par le canton, la commune et les milieux professionnels concernés.

Tous les bâtiments projetés dans le périmètre devraient proposer la valorisation de leur potentiel solaire, en toiture comme en façade. L'espace public fait partie de ce potentiel à valoriser.

Le canton/la commune :

- veillent à l'intégration dans les PLQ des objectifs de valorisation du TH et du PV,
- inscrivent dans les droits de superficie l'obligation d'installer du solaire TH et PV,
- développent avec les SIG ou une autre entreprise de développement solaire, un concept de « quartier à énergie positive »,
- s'associent avec les Hautes Écoles pour promouvoir des solutions solaires innovantes du point de vue architectural et urbanistique / projet pilote à l'échelle d'un périmètre / conseil aux opérateurs.

Culture du bâti

Urbanisation

Le développement de ce périmètre débute à la fin du XIX^e siècle avec l'implantation progressive d'établissements industriels.

La création de la zone industrielle et artisanale de la Praille en 1960 et la mise en place de la structure ferroviaire consacrent la vocation du site.

En 2005, le canton lance les réflexions pour la transformation du territoire Praille — Acacias — Vernets (PAV). La *loi de déclassement* adoptée en juin 2011 prévoit une mutation échelonnée sur 30 à 50 ans. Le *Plan directeur de quartier PAV* est adopté en avril 2015.

Le périmètre de Grosselin doit évoluer vers une affectation mixte, comportant des activités tertiaires, des entreprises sans nuisances ou moyennement gênantes, avec une nette prédominance de logements (75 % des surfaces brutes de plancher).

Caractéristiques et qualités urbaines et architecturales

L'ensemble du périmètre est organisé sur une trame de desserte routière et ferroviaire. À l'ouest, le faisceau de voies alimente des parcelles disposées à 45°, une orientation favorable du point de vue de l'occupation du sol et de l'exploitation ferroviaire, plus ou moins calquée sur celle de la route de Saint-Julien.

La mutation de ce périmètre en activité est envisagée comme un processus de densification fondé sur la trame viaire et la structure parcellaire existantes, avec une démolition—reconstruction progressive du bâti existant. Le programme de référence vise environ 3700 logements pour 7700 habitants, des activités et des équipements publics. La densité envisagée est élevée et les premières études directrices fixent trois hauteurs pour les nouveaux bâtiments (14 m, 24 m, 60 m).

Les espaces publics, qui jouent un rôle majeur dans la mutation du site, s'inscrivent dans la trame existante, avec le projet de remise à ciel ouvert de la rivière Drize et la transformation des espaces ferroviaires en parc linéaire le long du faisceau maintenu et en « coulées vertes » irriguant le quartier, des cours et jardins.

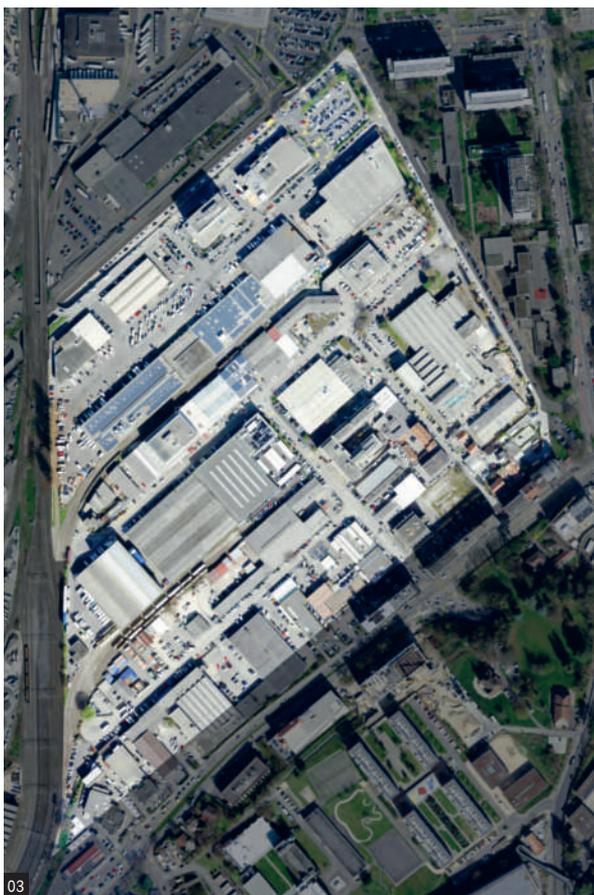
Enjeux patrimoniaux

Le secteur Praille — Acacias — Vernets a fait l'objet d'une étude historique et patrimoniale qui a procédé au recensement du patrimoine bâti dans le périmètre. Les deux bâtiments d'« intérêt secondaire » au chemin du Faubourg-de-Cruseilles pourraient être maintenus, en fonction de l'évolution des projets d'aménagements.

Adaptabilité à la pose d'installations solaires

La mutation complète envisagée, avec la promotion d'un urbanisme qui se veut exemplaire et la présence de coopératives d'habitation parmi les acteurs principaux, fait de ce périmètre un secteur particulièrement adapté à la mise en place d'installations collectives et/ou partagées, tant sur les édifices publics que sur les bâtiments d'habitation. La valorisation du potentiel solaire devra faire partie d'un concept énergétique et architectural global, visant des standards énergétiques élevés (Net Zero Building Energy NZEB). L'intégration de ces systèmes dans l'architecture des bâtiments comme un matériau contemporain pourrait contribuer à définir l'image urbaine future du quartier. Les édifices publics, en première ligne, devraient promouvoir des projets phares et des solutions exemplaires pour soutenir les stratégies énergétiques communale, cantonale et fédérale.

Un facteur également à prendre en compte est la durée pendant laquelle le quartier va se transformer, qui offre l'opportunité d'un pari sur l'avenir pour considérer des solutions techniques et architecturales innovantes qui deviendront économiquement plus accessibles.



01 Projet d'image directrice
état novembre 2018, Direction
PAV — Département du territoire

02 Mesures de protection
cantonales

Classement

Maison, immeuble, objets divers



Parcelle

Inscription à l'inventaire

Maison, immeuble, objets divers



Parcelle

Ensembles XIX^e–XX^e siècle



Périmètres protégés

Objets dignes de protection
(Recensement architectural cantonal)

Bâtiments exceptionnels
et leurs abords



Bâtiments intéressants
et leurs abords

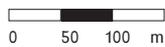


Bâtiments d'intérêt secondaire

Bâtiments recensés
non évalués



L'architecture à Genève 1919–1975
XX^e — Un siècle d'architecture
à Genève (Promenades)





04 Irradiation brute (kWh/m²/an)

- 1000–1100
- 1101–1200
- 1201–1300
- 1301–1395

Irradiation solaire annuelle brute ainsi que potentiel thermique et photovoltaïque selon le projet d'image directrice, état mars 2018



05 Potentiel solaire – thermique
Couverture des besoins annuels ECS

Concerne uniquement les bâtiments de logement

- Pas de potentiel
- < 30 %
- 30–60 %
- > 60 %

Bâtiments à enjeux patrimoniaux

● Panneaux thermiques exist.

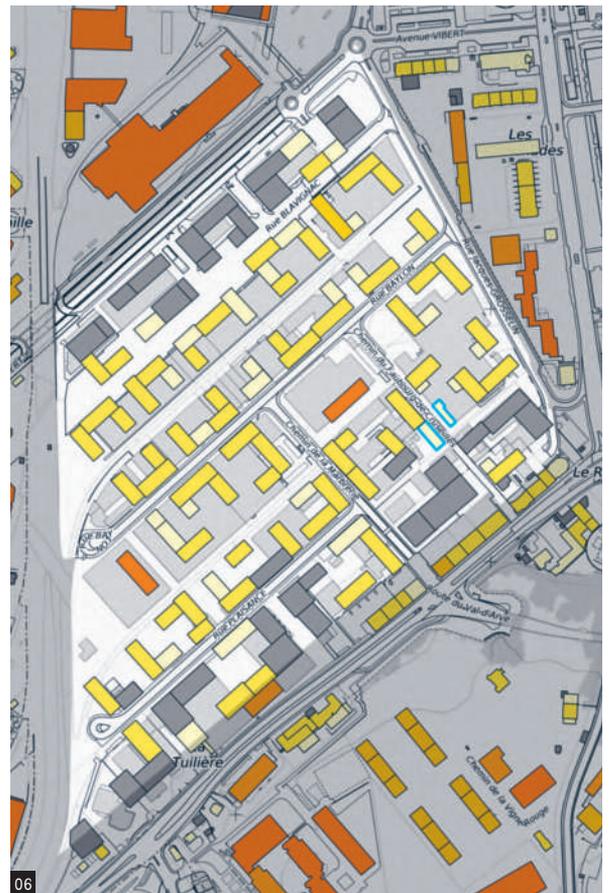
06 Potentiel solaire – PV
Puissance installable/Bât. (kWc)

Pas de potentiel

- < 10
- 10–30
- 30–60
- 60–100
- > 100

Bâtiments à enjeux patrimoniaux

● Panneaux photovoltaïques exist.



Potentiel solaire

Irradiation solaire annuelle brute

Ce périmètre en développement offre un grand nombre de surfaces bien irradiées et exploitables à l'horizon 2030.

Appréciation du potentiel solaire thermique

Le périmètre ne compte qu'une seule installation thermique existante, vouée à disparaître.

Considérant que le calcul porte uniquement sur les bâtiments de logement, qui seront majoritaires à terme dans le périmètre, le potentiel solaire est principalement déterminé par le solaire thermique. En moyenne 60,9% des besoins en ECS pourraient être couverts par cette ressource, grâce aux importantes surfaces de toiture bien irradiées des immeubles projetés.

En conséquence, le potentiel solaire thermique peut être considéré comme globalement « fort » à l'horizon 2030.

Appréciation du potentiel solaire photovoltaïque

Le périmètre compte deux installations PV existantes, vouées à disparaître.

Dans le cadre d'une production mixte qui donne la priorité au solaire thermique, le potentiel PV en toiture est réduit par rapport au potentiel total et ne couvrirait que 13,2% (polycristallin*) des besoins électriques du périmètre.

Les deux écoles projetées n'étant pas considérées dans le potentiel thermique, leurs toitures respectives sont totalement disponibles pour le solaire PV et offrent un fort potentiel d'installation, de l'ordre de 70 kWc.

L'emplacement sur la parcelle et la forme de chaque bâtiment scolaire sont donnés à titre indicatif afin de permettre une estimation du potentiel solaire ; la surface brute de plancher (SBP) totale de chaque groupe a été estimée à environ 3000 m² (20 classes) répartis sur quatre niveaux.

La valorisation des façades des bâtiments permettrait de couvrir 49,8% des besoins, portant le potentiel total de couverture à 63%. Ce différentiel montre le potentiel tout à fait significatif des façades dans la production solaire.

En conséquence, le potentiel PV peut être considéré globalement comme « fort » à l'horizon 2030.

* L'analyse sur le périmètre considère la technologie du polycristallin, qui est la plus répandue. Cette approche est volontairement conservatrice, sachant que le potentiel identifié peut être amélioré en choisissant le monocristallin et les autres technologies plus performantes à venir.

Irradiation solaire des façades des bâtiments projetés (horizon 2030)

Bien que le futur quartier présente une densité élevée avec des effets de masque importants, la hauteur et le dégagement de plusieurs bâtiments permettent globalement une bonne irradiation solaire sur les façades. Si l'on considère les parties de façade dont l'irradiation est supérieure à 750 kWh/m²/an et un taux moyen de façade opaque disponible de 50% (taux à affiner selon le projet de construction), le potentiel solaire valorisable en façade sur les nouveaux bâtiments à construire s'élève à 35 557 MWh/an (selon l'image directrice du projet de développement de Grosselin état mars 2018).

Sachant que les toitures permettent de bien satisfaire les besoins d'ECS, il est préférable de privilégier les panneaux PV en façade (également plus simple à mettre en œuvre) et de promouvoir leur intégration en amont dans le projet architectural. Ainsi, des panneaux solaires PV permettraient de couvrir 49,8% des besoins électriques du périmètre (avec une production de 4836 MWh/an).

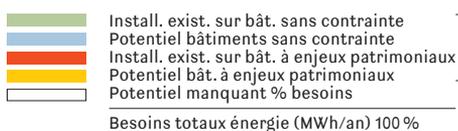
Potentiel total de production énergétique sur les toitures des bâtiments (thermique et photovoltaïque) et les façades des bâtiments en projet à construire (photovoltaïque) à l'horizon 2030

Calculé par rapport aux toitures exploitables représentées dans la carte d'irradiation et parties exploitables des façades

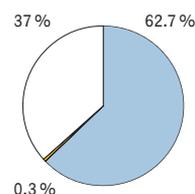
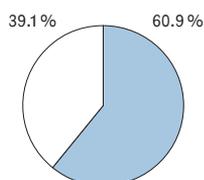
Valorisation	Technologie	Production potentielle	Puissance potentielle	Couverture potentielle besoins	Surface capteurs installables	Surface toitures exploitables	Toitures exploitables/ toitures totales	Surface totale toitures périmètre
		MWh/an	kWc	%	m ²	m ²	%	m ²
thermique	vitré	5 837	N.A.	60.9	12 739	29 626	51.3	
photovolt. / toitures	monocristallin	1 609	1 591	16.6	7 957	11 371	19.7	
	polycristallin	1 287	1 273	13.2				
photovolt. / façades	polycristallin	4 836	5 373	49.8	41 998	-	-	-
Total (surfaces)					62 694	40 997	71.1	57 700

Répartition du potentiel solaire thermique et photovoltaïque

	Potentiel thermique		Potentiel photovoltaïque	
	Surface capteurs (m ²)	Énergie (MWh/an)	Surface capteurs (m ²)	Énergie (MWh/an)
Total des besoins 100 %	N.A.	9 581	N.A.	9 719
Installations exist. sur bâtiments sans contrainte	0	0	0	0
Potentiel bâtiments sans contrainte	12 739	5 837	49 760	6 095
Install. exist. sur bât. à enjeux patrimoniaux	0	0	0	0
Potentiel bât. à enjeux patrimoniaux	0	0	195	28
Potentiel manquant % besoins	N.A.	3 744	N.A.	3 596



Besoins totaux énergie (MWh/an) 100 %



Moraines Théâtre



Périmètre adapté à la pose d'installations



Priorité élevée pour la valorisation de l'énergie solaire

Vue d'ensemble

Définition	Rue Ancienne — rue Joseph-Girard — rue des Moraines Tissu bâti en mutation Quartier urbain central Voisinage sensible, en prolongement du centre historique protégé
Aménagement	Zone 3 de développement Projets de construction selon <i>Plan guide Carouge Est</i> (2011, revu 2016)
ISOS	Carouge : site d'importance nationale ; partie du site avec objectif de sauvegarde (a) et (b)

Résumé

Dans ce périmètre en forte mutation, adapté à la pose d'installations solaires, de nombreuses constructions anciennes seront remplacées par de nouveaux bâtiments, offrant l'occasion d'une valorisation de qualité des ressources solaires, tant sur les bâtiments de logement que sur le nouveau théâtre. Les enjeux patrimoniaux sont faibles, mais le voisinage avec le périmètre protégé du Vieux Carouge exige un soin particulier dans la mise en œuvre d'éventuelles installations.

Avec un fort potentiel TH et PV, ce périmètre pourrait couvrir une bonne partie de ses besoins propres. Il possède une priorité élevée pour la valorisation de l'énergie solaire.

Recommandations

Les constructions projetées dans la moitié nord-est du périmètre se prêtent à la pose d'installations solaires en toiture et en façade. Le *Plan guide Carouge Est* définit les critères de bonne insertion architecturale des installations solaires en toiture dans les nouveaux îlots : pose intégrée, cohérence de couleur, forme et respect des lignes, regroupement des capteurs. La réflexion autour d'une valorisation du potentiel solaire en façade doit être intégrée dès le départ dans les projets d'architecture, afin d'obtenir un résultat de haute qualité.

Le projet de nouveau théâtre prévoit l'installation en toiture de 161 m² de panneaux PV pour une production électrique annuelle brute de 31 000 kWh/an. La toiture de la salle des fêtes, qui présente un enjeu patrimonial avec une très grande visibilité, dans le voisinage sensible du Vieux Carouge, ne se prête pas à la pose d'installations solaires. Les bâtiments existants permettent une pose libre en toiture, dans le respect des règles en vigueur.

Les éventuelles installations sur les ensembles protégés rue des Moraines et rue de la Tannerie ainsi que les autres bâtiments à enjeu patrimonial, soumises à autorisation de construire, devraient faire l'objet d'un projet soigné respectant la cohérence architecturale des bâtiments.

Le canton/la commune :

- veillent à l'intégration des objectifs liés au potentiel solaire identifié lors de la validation des PLQ,
- soutiennent une étude pour l'autoconsommation au sein du périmètre.

Culture du bâti

Urbanisation

Le flanc est du Vieux Carouge se développe dans la seconde moitié du XIX^e siècle, les premières constructions

s'implantant le long de la rue des Moraines. La vocation d'espace public de sa partie sud-ouest s'affirme avec une salle des fêtes inaugurée en 1892. De modestes maisons s'établissent au tournant du XX^e siècle de part et d'autre du chemin de la Tannerie. La situation n'évolue guère jusque dans les années 1950, qui voient la réalisation d'un ensemble de logement à la rue des Moraines et le quadrilatère Moraines — Joseph-Girard — Tannerie se remplir de nouvelles constructions.

Le périmètre franchit une étape importante de son histoire en 1972, quand est inauguré le nouveau Centre communal, qui réunit théâtre et salle des fêtes autour d'une grande place piétonne. L'ensemble est complété en 1995 par un parking public souterrain.

En 2019, la démolition-reconstruction du théâtre et la rénovation de la salle des fêtes va provoquer une transformation du périmètre, tout comme la mise en œuvre du *Plan guide Carouge Est*.

Caractéristiques et qualités urbaines et architecturales

Le périmètre Moraines Théâtre possède une complexité certaine, faite de la juxtaposition de bâtiments de gabarits, styles et affectations très différents, et de la présence d'un équipement communal et d'un espace public majeurs.

Dans la moitié nord-est du périmètre, le *Plan guide Carouge Est* prévoit la constitution d'un îlot dans le quadrilatère Moraines — Tannerie — Girard et l'établissement de deux barres de logement à l'intérieur du périmètre, implantées perpendiculairement à la rue des Moraines. Ces opérations impliquent la démolition de nombreuses constructions liées aux activités artisanales présentes dans le site et de certains bâtiments de logement.

La partie sud-ouest du périmètre va connaître très prochainement un réaménagement en profondeur, avec la construction d'un nouveau théâtre et la rénovation de la salle des fêtes.

Enjeux patrimoniaux

Jouxtant le Vieux Carouge, les projets d'aménagement se situent tous hors du périmètre de protection cantonal (plan de site), mais dans un voisinage sensible ; ils sont pourtant situés à l'intérieur de la partie du site ISOS avec objectif de sauvegarde (a) et (b). Ce voisinage avec les entités historiques — bâtiments, cours et jardins — nécessite une attention particulière.

Les immeubles situés rue des Moraines 18–20 (1879) constituent un « ensemble XIX^e–XX^e siècles » protégé au sens de la LCI (art. 89 ss.).

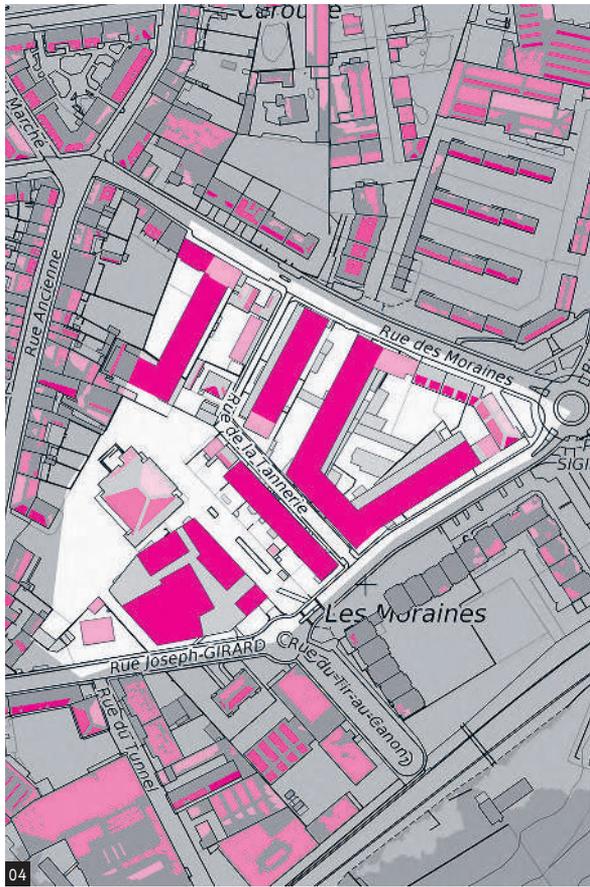
Le Recensement architectural cantonal attribue la valeur « intéressant » au Centre communal (salle des fêtes) rue Ancienne 37 (1969, ACAU arch.). La même valeur est attribuée aux maisons rue de la Tannerie 2, 2 bis, 6 et 8, aux immeubles d'habitation rue des Moraines 8 et 22 et rue Joseph-Girard 9.

Adaptabilité à la pose d'installations solaires

Ce périmètre en mutation doit être considéré adapté à la pose d'installations solaires.

Dans la moitié nord-est, le *Plan guide Carouge Est* demande que les bâtiments projetés soient équipés d'installations solaires en toiture, avec une insertion architecturale de qualité (projet architectural de la toiture), en fonction de l'emplacement de la construction (très exposée ou dans un environnement peu visible). Les réalisations projetées constituent une opportunité d'étudier des solutions d'installations en façade, pour permettre leur bonne intégration en amont du projet architectural, les distances entre bâtiments et la présence de cours intérieures et d'espaces non bâtis offrant les dégagements nécessaires pour valoriser des surfaces.

Les bâtiments existants qui seront maintenus ne présentent pas de qualités architecturales particulières s'opposant à la pose d'installations solaires en toiture dans le respect des règles en vigueur. Les ensembles à enjeux



Irradiation solaire annuelle brute ainsi que potentiel thermique et photovoltaïque selon l'image directrice du projet de développement Moraines Théâtre, état juillet 2017

05 Potentiel solaire – thermique
Couverture des besoins annuels ECS

Concerne uniquement les bâtiments de logement

- Pas de potentiel
- < 30 %
- 30–60 %
- > 60 %

Bâtiments à enjeux patrimoniaux

● Panneaux thermiques exist.

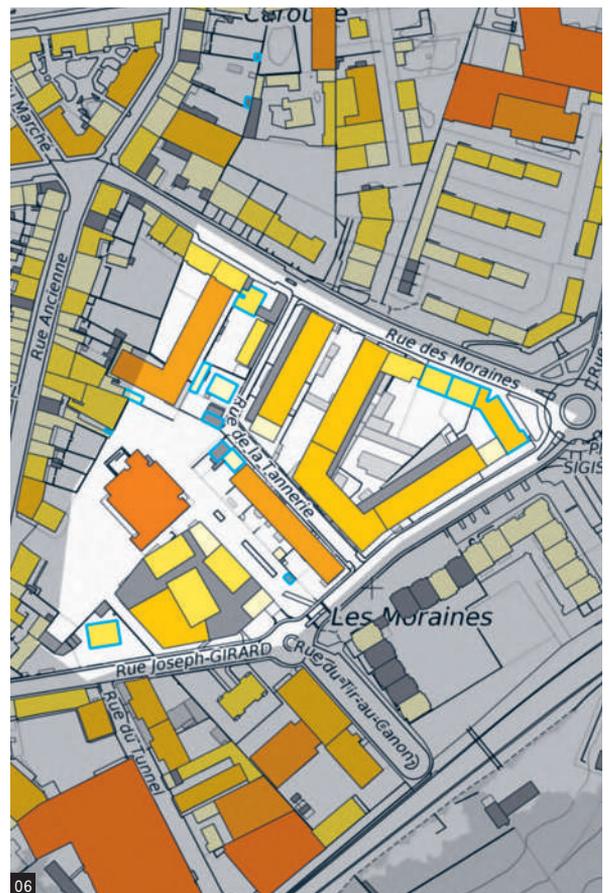
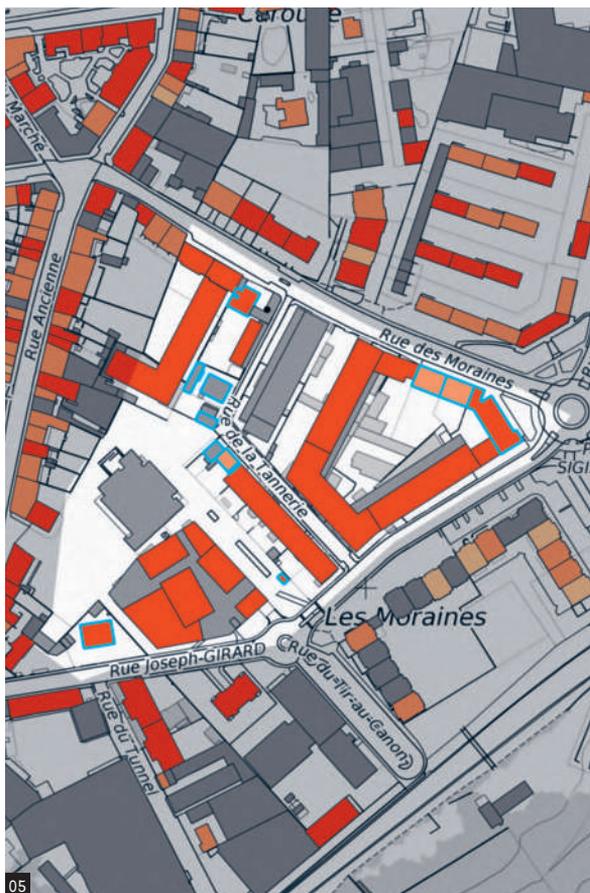
06 Potentiel solaire – PV
Puissance installable/Bât. (kWc)

Pas de potentiel

- < 10
- 10–30
- 30–60
- 60–100
- > 100

Bâtiments à enjeux patrimoniaux

● Panneaux photovoltaïques exist.



patrimoniaux situés sur la rue des Moraines offrent des pans de toiture bien orientés au sud : d'éventuelles installations solaires, soumises à autorisation, devraient faire l'objet d'un projet soigné garantissant une excellente intégration dans la toiture.

Dans la moitié sud-ouest, la commune a prévu d'équiper la toiture du nouveau théâtre de panneaux photovoltaïques, mais a considéré que la visibilité de la toiture de la salle des fêtes, à proximité du Vieux Carouge, ne se prêtait pas à la pose de capteurs solaires.

Potentiel solaire

Irradiation solaire annuelle brute

Le périmètre offre de larges surfaces bien irradiées et exploitables en particulier sur les bâtiments projetés, qui seront majoritaires dans le périmètre à l'horizon 2030.

Appréciation du potentiel solaire thermique

Le périmètre compte une seule installation thermique qui représente une couverture de 1,8 % des besoins en ECS du périmètre à l'horizon 2030. Mais sur ce bâtiment, le cadastre solaire n'a pas identifié d'irradiation suffisante (< 1000 kWh/m²/an en moyenne sur la toiture) pour considérer la toiture comme exploitable.

Considérant que le calcul porte uniquement sur les bâtiments de logement, qui seront majoritaires dans le périmètre, le potentiel solaire est principalement déterminé par le solaire thermique. En moyenne 75,7 % des besoins en ECS pourraient être couverts par cette ressource, entre les installations actuelles et le potentiel sur l'ensemble du périmètre, grâce aux importantes surfaces de toiture bien irradiées des immeubles en projet.

Le potentiel sur les bâtiments à enjeux patrimoniaux (1,4 %) est faible.

En conséquence, le potentiel solaire thermique peut être considéré comme globalement « fort » à l'horizon 2030.

Appréciation du potentiel solaire photovoltaïque

Le périmètre ne possède pas d'installation PV existante. Même si le solaire thermique est prioritaire sur les immeubles de logement, les toitures et les façades des constructions projetées présentent des surfaces exploitables suffisamment importantes pour couvrir, avec les autres bâtiments existants, 41,6 % des besoins électriques du périmètre avec du solaire PV polycristallin*. 4,2 % du potentiel PV se situe sur des bâtiments à enjeux patrimoniaux. En conséquence, le potentiel PV peut être considéré globalement comme « fort » à l'horizon 2030.

* L'analyse sur le périmètre considère la technologie du polycristallin, qui est la plus répandue. Cette approche est volontairement conservatrice, sachant que le potentiel identifié peut être amélioré en choisissant le monocristallin et les autres technologies plus performantes à venir.

Irradiation solaire des façades des bâtiments projetés (horizon 2030)

La configuration en îlots et des effets de masque tendent à réduire la proportion de façades bien irradiées sur les bâtiments projetés.

Toutefois, si l'on considère les parties de façade dont l'irradiation est supérieure à 750 kWh/m²/an et un taux moyen de façade opaque disponible de 50 % (taux à affiner selon le projet de construction), le potentiel solaire valorisable sur les façades des bâtiments projetés (selon l'image directrice du projet de développement Moraines Théâtre état juillet 2017) s'élève à 4430 MWh/an. Sachant que les toitures permettent de bien satisfaire les besoins d'ECS, il est préférable de privilégier le PV en façade (également plus simple à mettre en œuvre) et de promouvoir son intégration en amont dans le projet architectural. Ainsi, des panneaux solaires PV permettraient de couvrir 18,7 % des besoins électriques du périmètre (avec une production de 602 MWh/an).

Potentiel total de production énergétique sur les toitures des bâtiments (thermique et photovoltaïque) et les façades des bâtiments en projet à construire (photovoltaïque) à l'horizon 2030

Calculé par rapport aux toitures exploitables représentées dans la carte d'irradiation et parties exploitables des façades

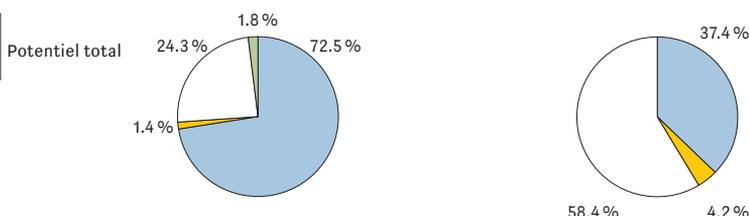
Valorisation	Technologie	Production potentielle	Puissance potentielle	Couverture potentielle besoins	Surface capteurs installables	Surface toitures exploitables	Toitures exploitables/ toitures totales	Surface totale toitures périmètre
		MWh/an	kWc	%	m ²	m ²	%	m ²
thermique	vitré	672	N.A.	75.7	1 584	3 470	18.8	
photovolt. / toitures	monocristallin	923	901	28.6	4 508	5 932	32.2	
	polycristallin	738	721	22.9				
photovolt. / façades	polycristallin	602	669	18.7	5 209	-	-	-
Total (surfaces)					11 301	9 402	51.1	18 411

Répartition du potentiel solaire thermique et photovoltaïque

	Potentiel thermique		Potentiel photovoltaïque	
	Surface capteurs (m ²)	Énergie (MWh/an)	Surface capteurs (m ²)	Énergie (MWh/an)
Total des besoins 100 %	N.A.	887	N.A.	3 225
Installations exist. sur bâtiments sans contrainte	35	16	0	0
Potentiel bâtiments sans contrainte	1 513	644	8 814	1 205
Install. exist. sur bât. à enjeux patrimoniaux	0	0	0	0
Potentiel bât. à enjeux patrimoniaux	36	13	903	136
Potentiel manquant % besoins	N.A.	215	N.A.	1 884

■	Install. exist. sur bât. sans contrainte
■	Potentiel bâtiments sans contrainte
■	Install. exist. sur bât. à enjeux patrimoniaux
■	Potentiel bât. à enjeux patrimoniaux
■	Potentiel manquant % besoins

Besoins totaux énergie (MWh/an) 100 %



Pinchat Nord



Périmètre adapté à la pose d'installations



Priorité moyenne pour la valorisation de l'énergie solaire

Vue d'ensemble

Définition	Limites parcellaires au-dessus de la route du Val d'Arve — chemin Fillion — chemin Poluzzi — chemin de Pinchat Quartier de villas Tissu bâti en mutation
Aménagement	Zone 4A + zone 5 Déclassement prévu en zone 4A de développement et 4B de développement (Stratégie d'aménagement Carouge Sud 2015)
ISOS	Carouge : site d'importance nationale ; partie du site avec objectif de sauvegarde (a) et (b)

Résumé

Ce périmètre en forte mutation, adapté à la pose d'installations solaires, où de nombreuses constructions existantes seront remplacées par de nouveaux bâtiments, offre l'occasion d'une valorisation de qualité des ressources solaires. Il se distingue par des structures paysagères remarquables qui constituent un enjeu patrimonial, tout comme les deux bâtiments dignes de protection situés au chemin Fillion.

Avec un potentiel TH fort et PV moyen, le périmètre possède une priorité moyenne pour la valorisation de l'énergie solaire.

Recommandations

Les bâtiments récents et projetés dans le cadre de la mutation du périmètre se prêtent à une pose libre en toiture, dans le respect des règles en vigueur, et dans le cadre de projets d'architecture, qui devraient également considérer la valorisation d'un éventuel potentiel en façade.

Présentant des toitures affirmées et un potentiel solaire très modeste, les deux bâtiments à enjeux patrimoniaux (chemin Fillion 1 et 3) ne se prêtent pas à la pose d'installations solaires.

Le canton/la commune :

- veillent à intégrer les objectifs de la valorisation solaire dans les études d'urbanisme,
- font inscrire ces objectifs dans les PLQ et les règlements de quartier,
- demandent à SIC d'être proactif vis-à-vis des propriétaires pour leur proposer une démarche coordonnée pour la valorisation du potentiel TH et PV.

Culture du bâti

Urbanisation

Délimité au nord et à l'ouest par la moraine qui domine Carouge et qui descend vers l'Arve, le plateau de Pinchat est resté longtemps agricole, avec de grands champs, des bois et bosquets, des allées d'arbres, et un ensemble rural établi en bordure du chemin Fillion, au lieu-dit Pinchat Dessus.

Dans la deuxième moitié du XIX^e siècle, les premières villas s'installent de part et d'autre du chemin de Pinchat et le long du chemin Fillion.

Le déclassement d'une parcelle en zone 4A, en 2013, a donné lieu à la construction d'un bâtiment de gabarit urbain, accueillant des logements étudiants et une crèche.

La politique cantonale d'aménagement fait de ce périmètre une zone réservée*, avec un objectif de densification moyenne à élevée.

* Une zone réservée est un secteur de la zone villas que l'État souhaite densifier et où toute construction de nature à compromettre cet objectif est interdite à titre provisoire et durant cinq ans.

Caractéristiques et qualités urbaines et architecturales

Ce périmètre est actuellement un quartier résidentiel, intégré dans un espace paysager de valeur, avec des maisons individuelles de maximum deux niveaux et combles habitables.

La planification envisage une densification moyenne à élevée. Elle prévoit le maintien — ou la reconstitution — des chambres de verdure qui caractérisent le lieu ainsi que le maintien des bâtiments à valeur patrimoniale.

Enjeux patrimoniaux

Les deux grandes maisons et leurs annexes situées au chemin Fillion 1 et 3 font partie des bâtiments les plus anciens du plateau de Pinchat, identifiés comme « bâtiment exceptionnel avec ses abords » au *Recensement architectural cantonal*. La villa située chemin de Pinchat 20 s'est vue attribuer une valeur « d'intérêt secondaire ».

Les structures paysagères constituent un enjeu patrimonial significatif.

Adaptabilité à la pose d'installations solaires

Ce périmètre en forte mutation est adapté à la pose d'installations solaires en toiture dans le respect des règles en vigueur ainsi qu'en façade sur les bâtiments projetés.

Les deux bâtiments de valeur patrimoniale présentent des toitures affirmées et articulées qui se prêtent mal à une intégration soignée d'installations solaires.

Potentiel solaire

Irradiation solaire annuelle brute

Le grand bâtiment de logements construit récemment (chemin de Pinchat 21–23) possède d'importantes surfaces exploitables. Pour les bâtiments projetés, les calculs du potentiel solaire prennent en considération un scénario d'implantation comprenant 17 bâtiments nouveaux et intègrent la couche arborisée actuelle.

Cette arborisation diminue fortement le potentiel de certains des bâtiments projetés, mais la plupart d'entre eux possède des surfaces exploitables importantes.

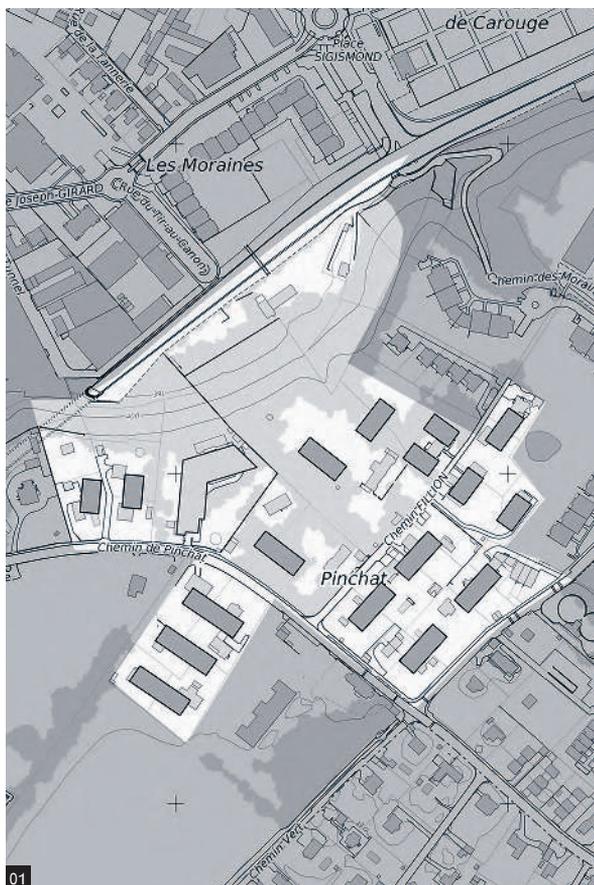
Appréciation du potentiel solaire thermique

Le périmètre compte une seule installation solaire thermique existante (villa) qui couvre 0,3% des besoins en ECS du périmètre. Mais sur cette villa, le cadastre solaire n'a pas identifié d'irradiation suffisante (< 1000 kWh/m²/an en moyenne sur la toiture) pour considérer la toiture comme exploitable.

Considérant que le calcul porte uniquement sur les bâtiments de logement, le potentiel solaire est principalement déterminé par le solaire thermique. Il se concentre sur le bâtiment nouvellement construit (chemin de Pinchat 21–23) ainsi que sur 16 bâtiments en projet, le 17^{ème} étant fortement ombragé par l'arborisation existante, qui sera maintenue.

Entre les installations actuelles et le potentiel sur les bâtiments projetés, 69,6% des besoins en ECS pourraient être couverts par le solaire thermique. Une partie très modeste de ce potentiel (1%) se situe sur des bâtiments à enjeux patrimoniaux.

En conséquence, le potentiel solaire thermique peut être considéré comme globalement « fort » à l'horizon 2030.



01 Test schématique du potentiel constructible
selon les tests d'implantation pour les parties nord et sud du périmètre; *Stratégie d'aménagement Carouge Sud*, état 2013, (Urbaplan)

02 Mesures de protection cantonales

Classement

Maison, immeuble, objets divers

Parcelle

Parcelle

Inscription à l'inventaire

Maison, immeuble, objets divers

Parcelle

Parcelle

Ensembles XIX^e–XX^e siècle

Périmètres protégés

Périmètres protégés

Objets dignes de protection

(Recensement architectural cantonal)

Bâtiments exceptionnels et leurs abords

Bâtiments intéressants et leurs abords

Bâtiments d'intérêt secondaire

Bâtiments recensés non évalués

Bâtiments recensés non évalués

L'architecture à Genève 1919–1975
XX^e – Un siècle d'architecture à Genève (Promenades)

0 50 100 m



04 Irradiation brute (kWh/m²/an)
 1000—1100
 1101—1200
 1201—1300
 1301—1395

Irradiation solaire annuelle brute ainsi que potentiel thermique et photovoltaïque selon tests d'implantation pour les parties nord et sud du périmètre; *Stratégie d'aménagement Carouge Sud, Urbaplan*



05 Potentiel solaire – thermique
 Couverture des besoins annuels ECS
Concerne uniquement les bâtiments de logement
 Pas de potentiel
 < 30 %
 30—60 %
 > 60 %
 Bâtiments à enjeux patrimoniaux
 ● Panneaux thermiques exist.

06 Potentiel solaire – PV
 Puissance installable/Bât. (kWc)
 Pas de potentiel
 < 10
 10—30
 30—60
 60—100
 > 100
 Bâtiments à enjeux patrimoniaux
 ● Panneaux photovoltaïques exist.



Appréciation du potentiel solaire photovoltaïque

Le périmètre ne possède pas d'installation PV. Le bâtiment de logements récemment construit (chemin de Pinchat 21–23) offre une surface de toiture suffisamment grande pour accueillir des panneaux PV (d'une puissance d'environ 30 kWc), en plus des panneaux solaires thermiques couvrant une partie de ses besoins d'ECS (environ 76 %).

Le potentiel global de couverture des besoins électriques par du PV en toiture est de 50,6% dont un très modeste 0,8% sur des bâtiments à enjeux patrimoniaux.

En conséquence, le potentiel PV peut être considéré globalement comme « moyen » à l'horizon 2030.

Irradiation solaire des façades des bâtiments projetés (horizon 2030)

En raison de la forte arborisation des limites des îlots d'implantation des bâtiments projetés, avec des effets de masque importants, la proportion de façades bien irradiées est relativement modeste. Toutefois, si l'on considère les parties de façade dont l'irradiation est supérieure à 750 kWh/m²/an et un taux moyen de façade opaque disponible de 50% (taux à affiner selon le projet de construction), le potentiel solaire valorisable sur les façades des bâtiments projetés s'élève à 1678 MWh/an (selon tests d'implantation pour les parties nord et sud du périmètre, *Stratégie d'aménagement Carouge Sud*, Urbaplan). Sachant que les toitures permettent de bien satisfaire les besoins d'ECS, il est préférable de privilégier les panneaux PV en façade (également plus simples à mettre en œuvre) et de promouvoir leur intégration en amont dans le projet architectural.

Ces panneaux PV permettraient de couvrir 21,5% des besoins électriques du périmètre (avec une production de 228 MWh/an).

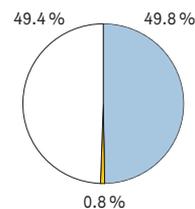
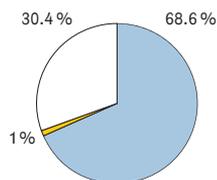
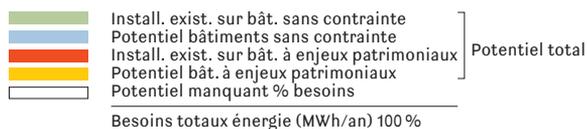
Potentiel total de production énergétique sur les toitures des bâtiments (thermique et photovoltaïque) et les façades des bâtiments en projet à construire (photovoltaïque) à l'horizon 2030

Calculé par rapport aux toitures exploitables représentées dans la carte d'irradiation et parties exploitables des façades

Valorisation	Technologie	Production potentielle	Puissance potentielle	Couverture potentielle besoins	Surface capteurs installables	Surface toitures exploitables	Toitures exploitables/ toitures totales	Surface totale toitures périmètre
		MWh/an	kWc	%	m ²	m ²	%	m ²
thermique	vitré	606	N.A.	69.6	1485	3 299	36.9	
photovolt./ toitures	monocristallin	466	450	39.2	2 249	3 192	35.7	
	polycristallin	373	360	31.4				
photovolt./ façades	polycristallin	228	254	19.2	1 631	-	-	-
Total (surfaces)					3 734	6 491	72.7	8 930

Répartition du potentiel solaire thermique et photovoltaïque

	Potentiel thermique		Potentiel photovoltaïque	
	Surface capteurs (m ²)	Énergie (MWh/an)	Surface capteurs (m ²)	Énergie (MWh/an)
Total des besoins 100 %	N.A.	871	N.A.	1 187
Installations exist. sur bâtiments sans contrainte	0	0	0	0
Potentiel bâtiments sans contrainte	1 485	597	3 814	591
Install. exist. sur bât. à enjeux patrimoniaux	0	0	0	0
Potentiel bât. à enjeux patrimoniaux	27	9	66	9
Potentiel manquant % besoins	N.A.	265	N.A.	586



Pervenches



Périmètre adapté sous conditions à la pose d'installations



Priorité moyenne pour la valorisation de l'énergie solaire

Vue d'ensemble

Définition	Rue Louis-de-Montfalcon — rue du Centenaire — rue Jacques-Crosselin Quartier urbain central Voisinage moyennement sensible, à proximité du quartier des Tours
Aménagement	Zone 3/Zone 3 de développement/ Zone de verdure
ISOS	Carouge: site d'importance nationale; partie du site avec objectif de sauvegarde (a) et (b)

Résumé

Adapté sous conditions à la pose d'installations, ce périmètre d'affectation mixte présente des caractéristiques urbaines et architecturales contrastées. Des ensembles protégés et des bâtiments dignes de protection (école, chapelle), dont les toitures se distinguent par une expression marquée, avec une visibilité élevée et constituant des enjeux patrimoniaux importants, côtoient un centre sportif à toit plat et une barre de logement à toit à faible pente, qui tous deux présentent un potentiel intéressant.

Offrant globalement un potentiel TH et PV moyen, c'est un périmètre à priorité moyenne pour la valorisation des ressources solaires.

Recommandations

Dans ce périmètre adapté sous conditions à la pose d'installations solaires, la valorisation du potentiel solaire devrait se concentrer sur la barre d'habitation située tout au nord, bâtiment recensé mais non évalué, et sur le centre sportif de la rue Jacques-Crosselin, bâtiments autorisant une pose libre en toiture dans le respect des règles en vigueur.

Propriété de la commune, la toiture du centre sportif pourrait être mise à contribution dans le cadre d'une opération d'investissement participatif.

Il serait préférable de renoncer à une pose en toiture sur l'école, les ensembles de logement protégés formant le square au centre du périmètre et la chapelle, en raison de la forte visibilité de leur couverture, de leur expression architecturale très affirmée, mais aussi de leur potentiel solaire relativement faible et difficile à valoriser.

La commune :

- présente une résolution au conseil municipal de la Ville de Carouge pour la mise à disposition des surfaces exploitables propriétés de la commune,
- lance un appel d'offres pour la valorisation de ces surfaces,
- soutient la création d'une coopérative solaire municipale ou une autre forme d'investissement participatif,
- informe la population et les propriétaires dans les périmètres peu ou pas adaptés,
- cherche l'adhésion au projet d'autres propriétaires publics et parapublics.

Culture du bâti

Urbanisation

L'urbanisation du périmètre remonte au début du XX^e siècle, avec la construction de l'école des Pervenches en 1911 et de la chapelle de l'Église évangélique libre en 1913. Après la Première Guerre mondiale, la rue Louis-de-Montfalcon et la rue du Centenaire sont créées. Le long de cette dernière est élevé un premier ensemble de trois bâtiments locatifs, suivi de près par un second ensemble de quatre blocs implantés de part et d'autre d'un vaste square bordé par deux allées d'arbres. À la fin des années 1960, la Fondation HLM de la Ville de Carouge fait construire un bâtiment d'habitation le long de la rue Louis-de-Montfalcon, à l'extrémité nord du périmètre. En 1979, l'école des Pervenches est dotée d'installations sportives, édifiées le long de la rue Jacques-Crosselin.

Caractéristiques et qualités urbaines et architecturales

Formant un triangle allongé, ce périmètre d'affectation mixte (habitation, équipements publics, activités) est constitué de quatre entités bâties, avec d'importants dégagements qui confèrent aux bâtiments qui le composent une visibilité forte.

Au nord, la barre de logement orientée nord-sud est allignée en léger retrait sur la rue Louis-de-Montfalcon, dégagant un parc public à l'arrière, sur la rue Jacques-Crosselin. Occupant le centre du périmètre, l'école des Pervenches est implantée selon un axe est-ouest et donne sur un préau, bordé au sud-ouest par le centre sportif.

Dans la moitié sud du périmètre, les ensembles de logement implantés en front de rue forment un îlot s'ouvrant visuellement sur l'école, autour d'un square central arboré, ponctué à l'angle sud-ouest par la chapelle de l'Église évangélique libre.

L'école de 1911, les deux groupes d'immeubles locatifs de la première moitié du XX^e siècle et la chapelle se distinguent par une expression architecturale affirmée, notamment au niveau des toitures, qui leur confère une grande visibilité et une qualité d'ensemble urbain remarquable.

Enjeux patrimoniaux

Les immeubles de logements rue Louis-de-Montfalcon 6–12 et rue Jacques-Crosselin 1–9 (1930–1934, Néri arch., 1939 Roch arch.) ainsi que le groupe de trois immeubles rue du Centenaire 2–6 (1927–1930) constituent des « ensembles XIX^e–XX^e siècles » protégés au sens de la LCI (art. 89 ss.).

L'école des Pervenches (1911, Carcin & Bizot arch.) et la chapelle de l'Église évangélique libre (1912) sont identifiées comme « bâtiment intéressant et ses abords » au *Recensement architectural cantonal*.

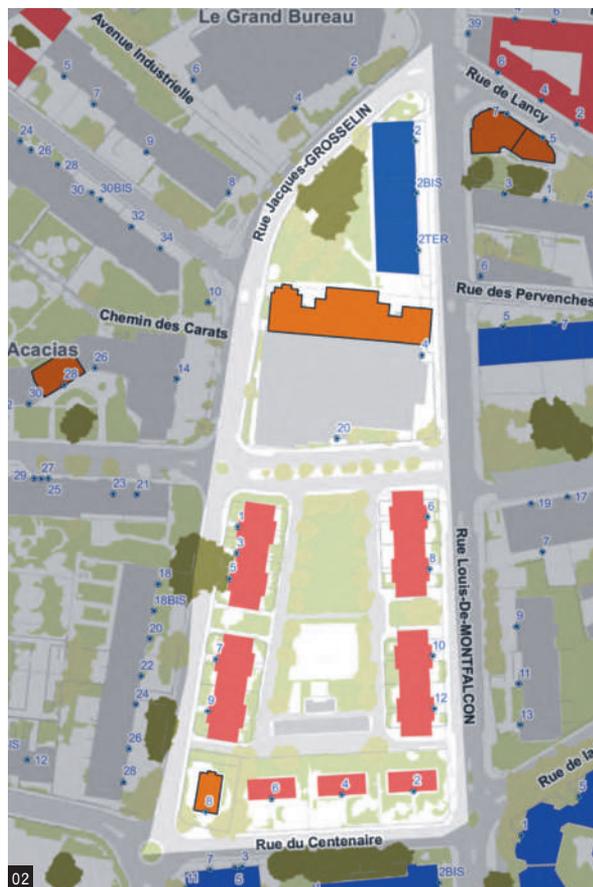
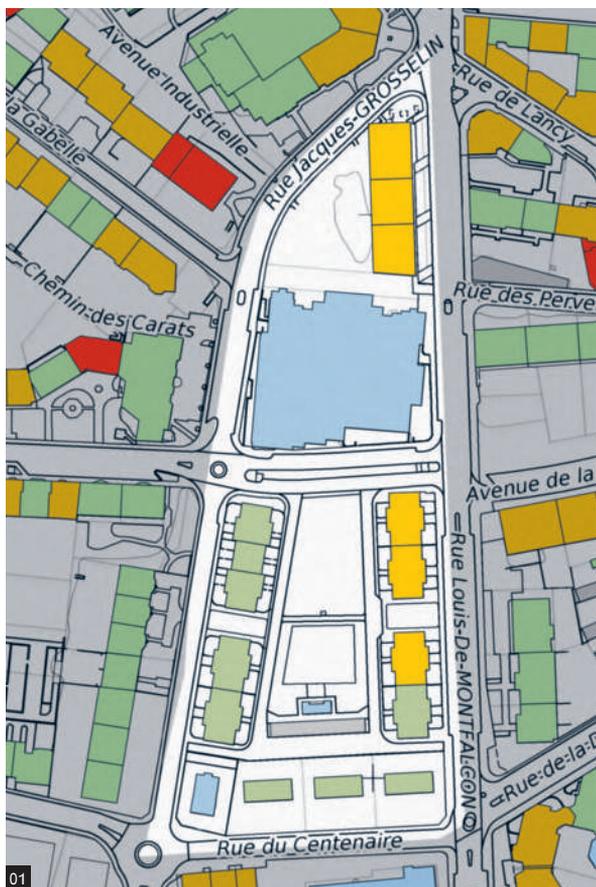
L'immeuble rue Louis-de-Montfalcon 2 (1964–1966, Dama, Burky & Montessuit arch.), recensé en XX^e — *Un siècle d'architecture à Genève*, mais non évalué, ne présente pas d'enjeux patrimoniaux pour la pose d'installations solaires.

Adaptabilité à la pose d'installations solaires

L'implantation des bâtiments le long de larges artères orientées nord-sud, et les grands espaces de cour (école) et de parc sont des facteurs favorables en termes d'irradiation, mais leur confèrent aussi une visibilité importante.

Les deux réalisations plus récentes, soit l'immeuble de la Fondation HLM (toiture à faible pente) et le centre sportif des Pervenches (toiture plate), possèdent une sensibilité faible et une adaptabilité élevée favorisant la pose d'installations solaires.

Avec une articulation complexe des couvertures et des façades et la présence d'éléments architecturaux (lucarnes, chiens-assis, cheminées, ...), les toitures très visibles de l'école et des ensembles protégés au sud et au centre du périmètre ainsi que de la chapelle se prêtent mal à une intégration soignée d'installations solaires.



01 Affectations des bâtiments

Les bâtiments à affectation mixte sont comptabilisés comme «logement»

- Activités
- Équipements publics
- Habitation
- Mixte
- Autre

02 Mesures de protection cantonales

Classement

- Maison, immeuble, objets divers
- Parcelle

Inscription à l'inventaire

- Maison, immeuble, objets divers
- Parcelle
- Ensembles XIX^e–XX^e siècle
- Périmètres protégés

Objets dignes de protection (Recensement architectural cantonal)

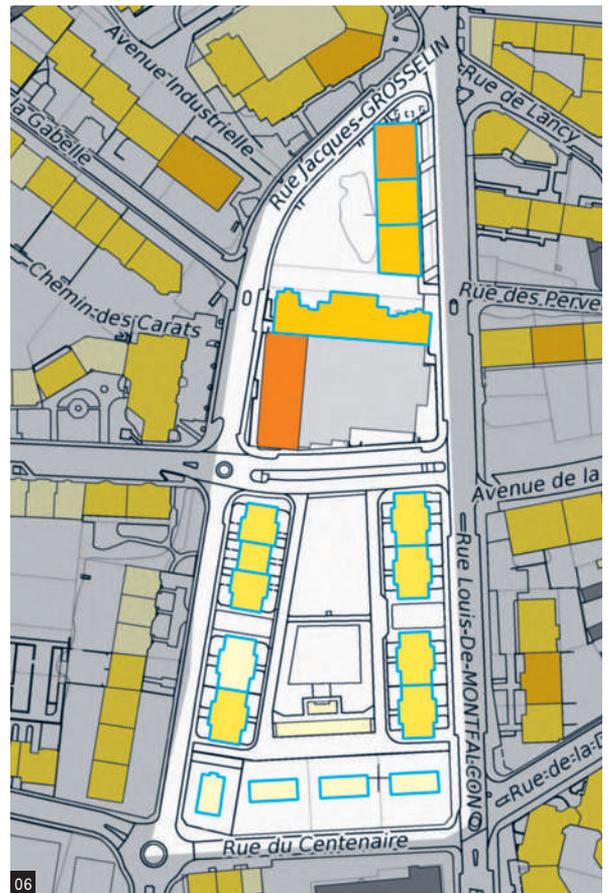
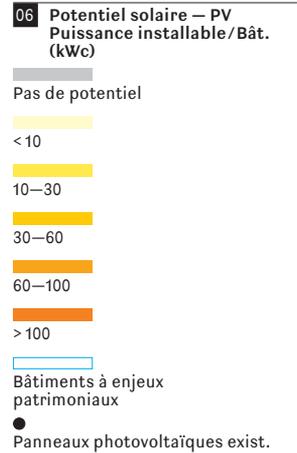
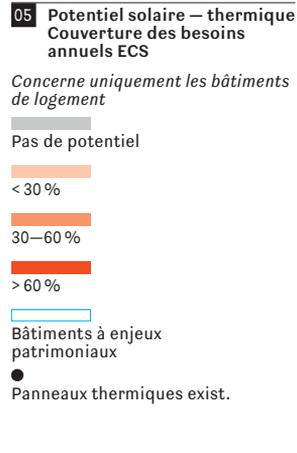
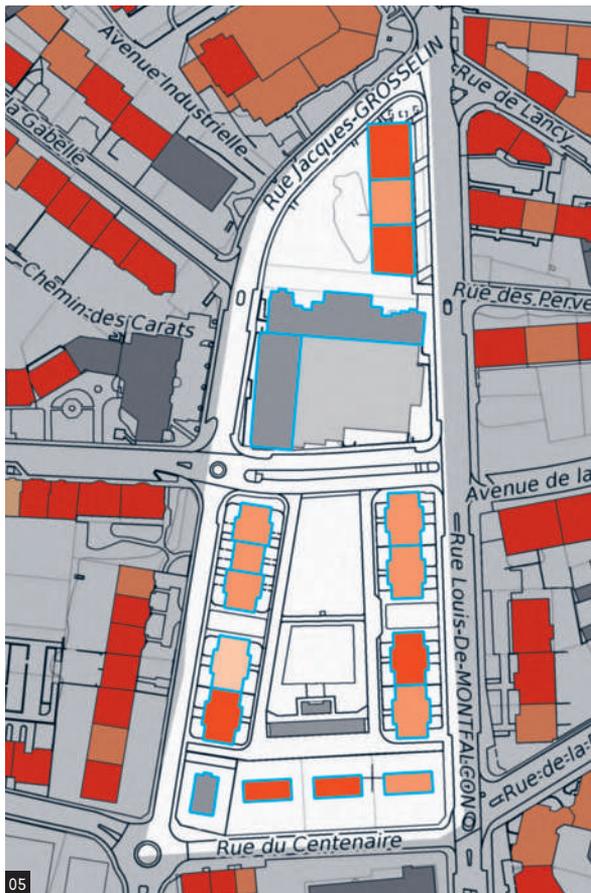
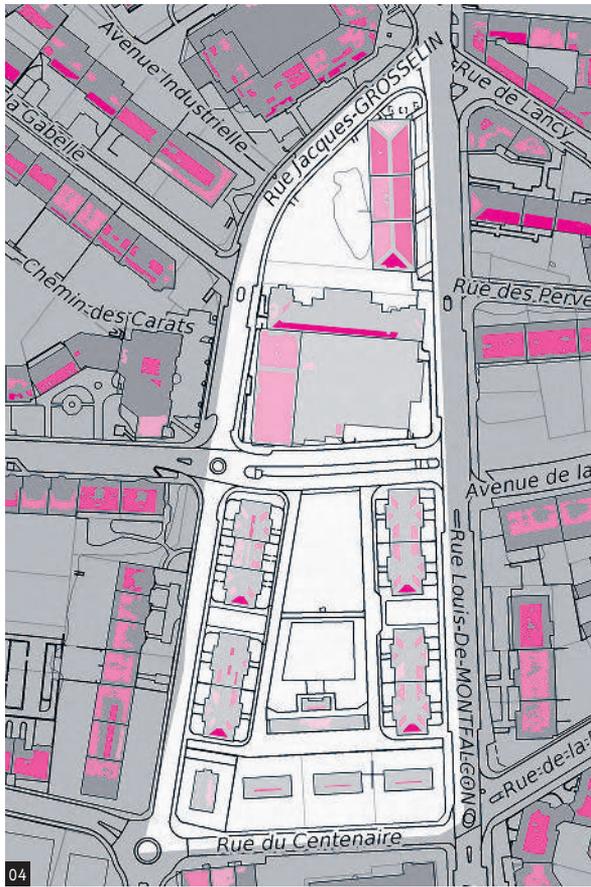
- Bâtiments exceptionnels et leurs abords
- Bâtiments intéressants et leurs abords
- Bâtiments d'intérêt secondaire

Bâtiments recensés non évalués

-

*L'architecture à Genève 1919–1975
XX^e – Un siècle d'architecture
à Genève (Promenades)*

0 50 m



Le périmètre est adapté sous conditions à la pose d'installations solaires, concentrant les interventions sur le centre sportif à toiture plate et le bâtiment recensé en XX^e – *Un siècle d'architecture à Genève*, mais non évalué, dont la toiture à très faible pente présente une visibilité réduite.

La toiture du centre sportif offre des surfaces exploitables susceptibles de couvrir 8,1% des besoins électriques du périmètre, à moins qu'elles ne soient plutôt attribuées à de la production thermique pour les douches.

En conséquence, compte tenu des enjeux patrimoniaux, le potentiel solaire photovoltaïque peut être considéré « moyen » à l'horizon 2030.

Potentiel solaire

Irradiation solaire annuelle brute

L'irradiation solaire se concentre sur le centre sportif et le bâtiment locatif au nord du périmètre. Elle est faible sur les bâtiments au sud, en raison de la géométrie complexe des toitures.

Appréciation du potentiel solaire thermique

Le périmètre ne possède pas d'installation thermique existante. La totalité du potentiel (57,1%) se situe sur des bâtiments à enjeux patrimoniaux. Le potentiel solaire thermique peut être considéré « moyen » à l'horizon 2030 soit pour des raisons d'enjeux patrimoniaux, mais aussi à cause de l'irradiation limitée sur les bâtiments au sud, en raison de la géométrie complexe des toitures et des surfaces réduites à disposition.

Dans ce cas particulier, la surface de toit du centre sportif pourrait être envisagée pour la production de chaleur solaire pour les douches, au lieu d'une production d'énergie photovoltaïque.

Appréciation du potentiel solaire photovoltaïque

Le périmètre ne possède pas d'installation PV existante. Le 13,8% du potentiel solaire photovoltaïque se situe sur des bâtiments à enjeux patrimoniaux; il s'agit en particulier des bâtiments locatifs situés au nord sur lesquels sont intégrables en priorité des panneaux TH, puis du PV, avec le soin nécessaire pour arriver à une intégration parfaite en respectant une culture du bâti de qualité.

Potentiel total de production énergétique (thermique et photovoltaïque) sur les toitures des bâtiments (horizon 2030)

Calculé par rapport aux toitures exploitables représentées dans la carte d'irradiation

Valorisation	Technologie	Production potentielle	Puissance potentielle	Couverture potentielle besoins	Surface capteurs installables	Surface toitures exploitables	Toitures exploitables/toitures totales	Surface totale toitures périmètre
		MWh/an	kWc	%	m ²	m ²	%	m ²
thermique	vitré	245	N.A.	57.1	698	717	7.5	
photovoltaïque	monocristallin	329	347	27.3	1725	1968	20.5	
	polycristallin	263	277	21.9				
Total (surfaces)					2423	2685	28.0	9582

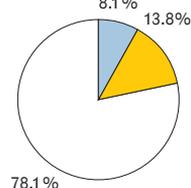
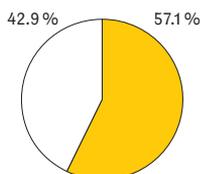
Répartition du potentiel solaire thermique et photovoltaïque

	Potentiel thermique		Potentiel photovoltaïque	
	Surface capteurs (m ²)	Énergie (MWh/an)	Surface capteurs (m ²)	Énergie (MWh/an)
Total des besoins 100 %	N.A.	429	N.A.	1205
Installations exist. sur bâtiments sans contrainte	0	0	0	0
Potentiel bâtiments sans contrainte	0	0	631	97
Install. exist. sur bât. à enjeux patrimoniaux	0	0	0	0
Potentiel bât. à enjeux patrimoniaux	698	245	1094	166
Potentiel manquant % besoins	N.A.	184	N.A.	941

- Install. exist. sur bât. sans contrainte
- Potentiel bâtiments sans contrainte
- Install. exist. sur bât. à enjeux patrimoniaux
- Potentiel bât. à enjeux patrimoniaux
- Potentiel manquant % besoins

Besoins totaux énergie (MWh/an) 100 %

Potentiel total



Vieux Carouge



Périmètre non adapté à la pose d'installations



Non prioritaire pour la valorisation de l'énergie solaire

Vue d'ensemble

Définition	Limites du périmètre du <i>Plan de site</i> du Vieux Carouge Centre historique
Aménagement	Zone 4A Zone protégée (LCI, art. 94–04) <i>Plan de site</i> du Vieux Carouge et règlement
ISOS	Carouge: site d'importance nationale; partie du site avec objectif de sauvegarde (A)

Résumé

Ville nouvelle du XVIII^e siècle, le Vieux Carouge occupe le centre du site construit d'importance nationale de l'*Inventaire fédéral des sites construits d'importance nationale à protéger en Suisse (ISOS)* et est au bénéfice depuis 1982 d'un *Plan de site* cantonal. Le paysage des toitures joue un rôle prépondérant dans la morphologie de la cité, leur revêtement de tuiles plates constituant un élément fondamental de la qualité patrimoniale de l'ensemble.

Présentant un tissu bâti homogène et hautement sensible, avec un objectif prioritaire de sauvegarde du matériau et de l'aspect originaux ainsi que des enjeux patrimoniaux élevés, le périmètre du Vieux Carouge doit être considéré comme non adapté à la pose d'installations solaires.

Recommandations

Dans ce périmètre non adapté à la pose d'installations solaires, la couverture des besoins en ECS et en électricité devra être assurée soit sur le site par d'autres modes de production renouvelables (chauffage à distance, géothermie ou autres technologies), soit en compensation dans des périmètres prioritaires pour la valorisation de l'énergie solaire photovoltaïque.

La commune:

- informe la population et les propriétaires du Vieux Carouge de la possibilité d'investir dans la production solaire sur le territoire communal,
- demande la mise à jour des concepts énergétiques territoriaux (CET) à la lumière des résultats de la stratégie solaire.

Culture du bâti

Urbanisation

Le développement de la ville nouvelle de Carouge selon un plan régulateur voulu par les autorités sardes s'enclenche dans les dernières décennies du XVIII^e siècle (plan Robilant 1781, plans Elia et Viana 1781–1783, plan Giardino 1787). L'espace à urbaniser s'ordonne autour d'axes de circulation, formant un quadrillage régulier d'îlots. Celui-ci se développe vers l'ouest à partir d'un axe existant, correspondant aux actuelles rues Vautier et Ancienne, dont le tracé vient rompre la régularité du plan en damier. La période de création s'étend sur une vingtaine d'années, de 1770 à 1790. Elle ralentit fortement par la suite, pour reprendre de façon plus soutenue à la fin du XIX^e siècle. Les îlots s'étoffaient, souvent avec des bâtiments dont le gabarit est en rupture avec ceux de la cité sarde. Cette situation prévaut jusqu'à l'adoption en 1982 du *Plan de site* et de mesures de protection pour préserver la spécificité du Vieux Carouge.

Caractéristiques et qualités urbaines et architecturales

Ce tissu urbain compact présente une morphologie régulière et une homogénéité remarquable, avec toutefois une certaine diversité dans l'architecture des bâtiments individuels. Celle-ci résulte d'une part de la longue période durant laquelle le plan en damier a fini de s'étoffer, d'autre part des opérations de transformation, construction et reconstruction qui, jusqu'à l'adoption du *Plan de site* en 1982, ne respectent pas nécessairement la grammaire de la ville nouvelle. La cité sarde se caractérise par une implantation des bâtiments délimitant des îlots privatifs autour de cours et jardins. Les qualités architecturales qui font la règle de ce périmètre protégé sont la proportion et la régularité des alignements, les matériaux et couleurs, la variation des gabarits et une variété subtile de l'expression des façades et du paysage des toitures.

Enjeux patrimoniaux

Au niveau cantonal, le Vieux Carouge est au bénéfice depuis 1982 d'un *Plan de site*. Celui-ci fixe les règles cantonales pour la conservation, la rénovation, la transformation et la construction, destinées à « préserver le caractère architectural historique et l'aménagement du centre de la ville de Carouge ». L'expression du découpage parcellaire doit être préservée. Le *Plan* distingue les bâtiments maintenus en catégorie A, « qui ne peuvent faire l'objet que de travaux d'entretien ou de transformations utiles à une amélioration des locaux, dans l'esprit de la conservation du bâtiment » et les bâtiments maintenus en catégorie B, « qui peuvent être transformés si les éléments intéressants de [leur] substance architecturale sont sauvegardés »; l'aménagement des combles reste possible, limité à un niveau.

Le règlement du *Plan de site* précise notamment qu'« en règle générale, les toitures doivent être recouvertes de tuiles plates ». L'article 6 alinéa 2 relatif à l'esthétique des bâtiments stipule que les matériaux et teintes doivent être en harmonie avec ceux des constructions existantes, et que les murs doivent être crépis à la main au mortier de chaux et ciment, dans les règles de l'art.

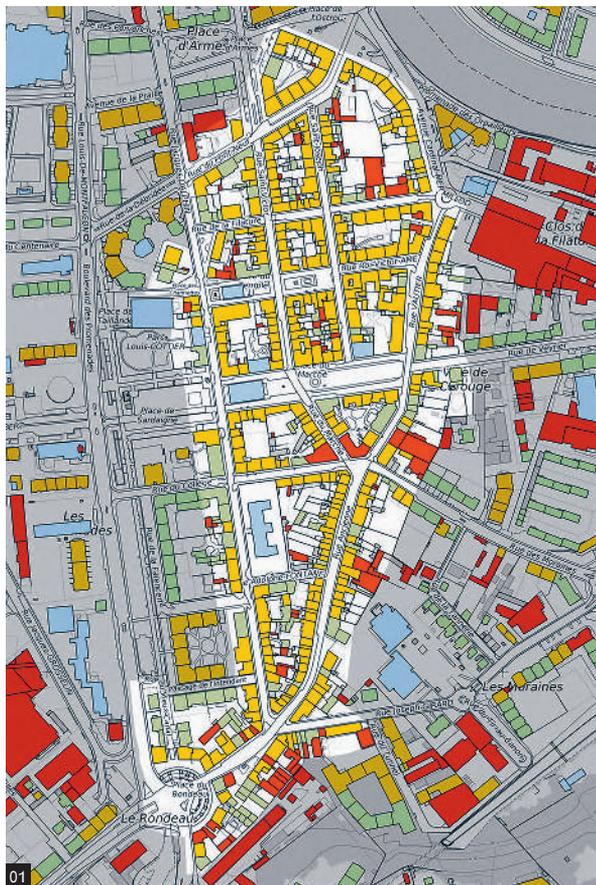
Le périmètre possède également un certain nombre de bâtiments et objets individuels bénéficiant de mesures de protection tant fédérales que cantonales.

Adaptabilité à la pose d'installations solaires

Noyau bâti historique d'importance nationale et périmètre protégé, le Vieux Carouge possède une qualité urbanistique et architecturale qui font de cette ville nouvelle du XVIII^e siècle un ensemble unique à l'échelle de la Suisse. Le paysage des toitures revêtues de tuiles plates joue un rôle clé dans la définition de son identité particulière, et l'ajout de panneaux solaires ne pourrait qu'en perturber la lecture. Dans ce périmètre à haute sensibilité patrimoniale, l'intégration cohérente d'installations solaires en toiture dans le respect du matériau et de l'aspect originaux s'avère extrêmement délicate. De plus, la plupart des toits du Vieux Carouge présentent un encombrement important (chiens-assis, lucarnes, cheminées, etc.) et des surfaces exploitables réduites, peu favorables donc à une pose adéquate, tant sur le plan qualitatif que quantitatif.

Enfin, la visibilité sur la cité depuis les hauteurs, notamment depuis les bâtiments de l'ensemble voisin des Tours et les futurs bâtiments hauts, constitue une contrainte supplémentaire.

La stratégie solaire de Carouge considère donc le périmètre du Vieux Carouge comme non adapté à la pose d'installations solaires et préconise le recours à d'autres énergies renouvelables, sur le site, ou une compensation dans les périmètres classés prioritaires pour la valorisation de l'énergie solaire.



01 Affectations des bâtiments

Les bâtiments à affectation mixte sont comptabilisés comme «logement»

- Activités
- Équipements publics
- Habitation
- Mixte
- Autre

02 Mesures de protection cantonales

Classement

- Maison, immeuble, objets divers
- Parcelle

Inscription à l'inventaire

- Maison, immeuble, objets divers
- Parcelle
- Ensembles XIX^e–XX^e siècle
- Périmètres protégés

Objets dignes de protection (Recensement architectural cantonal)

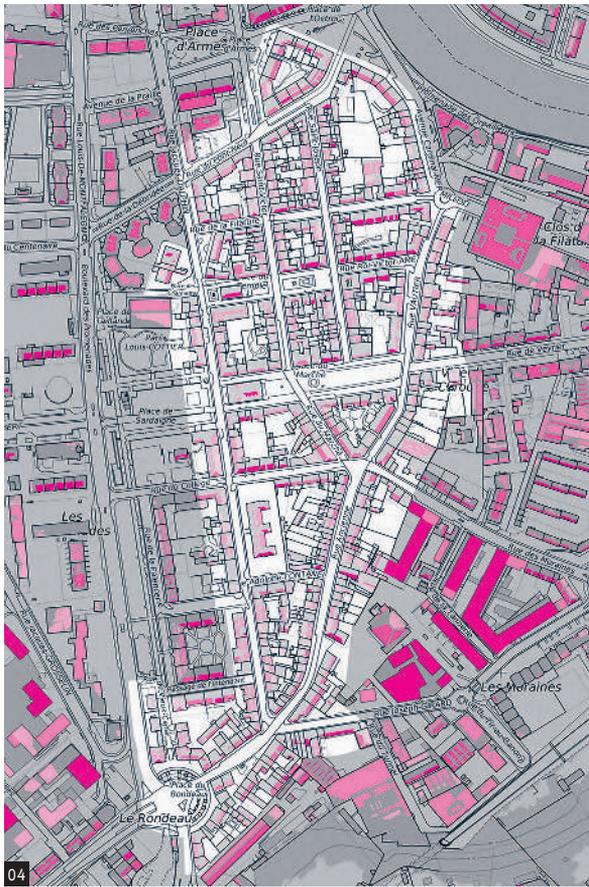
- Bâtiments exceptionnels et leurs abords
- Bâtiments intéressants et leurs abords
- Bâtiments d'intérêt secondaire

Bâtiments recensés non évalués

-

*L'architecture à Genève 1919–1975
XX^e – Un siècle d'architecture
à Genève (Promenades)*

0 50 100 200 m



04 Irradiation brute (kWh/m²/an)

- 1000–1100
- 1101–1200
- 1201–1300
- 1301–1395

05 Potentiel solaire – thermique
Couverture des besoins annuels ECS

Concerne uniquement les bâtiments de logement

- Pas de potentiel
- < 30 %
- 30–60 %
- > 60 %

Bâtiments à enjeux patrimoniaux

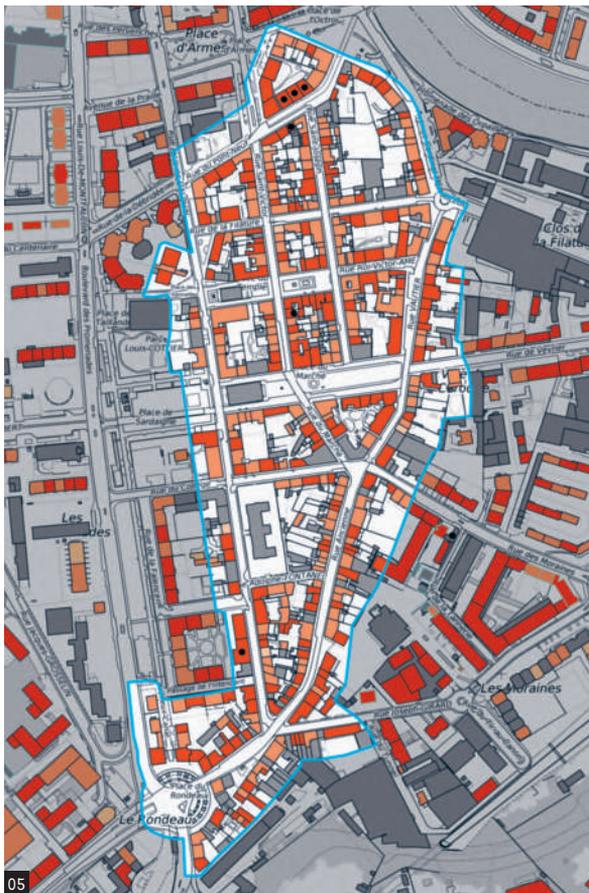
● Panneaux thermiques exist.

06 Potentiel solaire – PV
Puissance installable/Bât. (kWc)

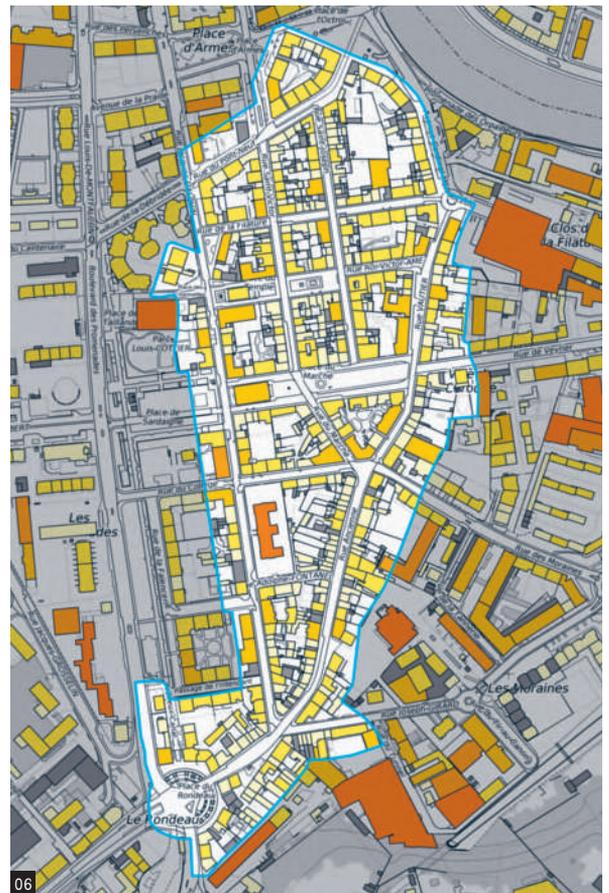
- Pas de potentiel
- < 10
- 10–30
- 30–60
- 60–100
- > 100

Bâtiments à enjeux patrimoniaux

● Panneaux photovoltaïques exist.



05



06

Irradiation solaire annuelle brute

Le périmètre offre un certain nombre de toitures avec des pans orientés sud, peu ombragés et encombrés et donc bien irradiés (surfaces en rose sur la carte). Il s'agit notamment des bâtiments situés rue du Pont-Neuf, de la Filature, Roi-Victor-Amé, du Collège et passage de l'Intendant. La majorité des toitures présentent pourtant une irradiation moyenne ou faible; elles sont souvent encombrées et découpées en surfaces exploitables plutôt réduites.

Appréciation du potentiel solaire thermique

Le périmètre compte 6 installations thermiques existantes qui couvrent 1,2% des besoins en ECS du périmètre. La totalité du potentiel (55,1%), déduction faite des installations existantes, se situe sur des bâtiments à enjeux patrimoniaux.

La très haute valeur patrimoniale du périmètre, qui concerne l'ensemble des bâtiments du Vieux Carouge, rend difficile voire économiquement très coûteuse une intégration de qualité supérieure qui ne perturbe pas la lecture du paysage des toitures. Le potentiel solaire thermique n'est donc pas considéré pertinent dans le cadre de la stratégie solaire.

Appréciation du potentiel solaire photovoltaïque

Le périmètre ne possède pas d'installations PV. La totalité du potentiel (23,1%) se situe sur des bâtiments à enjeux patrimoniaux.

La très haute valeur patrimoniale du périmètre, qui concerne l'ensemble des bâtiments du Vieux Carouge, rend difficile voire économiquement très coûteuse une intégration de qualité qui ne perturbe pas la lecture du paysage des toitures. Le potentiel solaire photovoltaïque n'est donc pas considéré pertinent dans le cadre de la stratégie solaire.

Un mécanisme de mutualisation avec d'autres périmètres à fort potentiel devrait permettre de compenser le potentiel solaire non exploitable sur le Vieux-Carouge tel que mis en évidence dans la présente analyse.

Potentiel total de production énergétique (thermique et photovoltaïque) sur les toitures des bâtiments (horizon 2030)

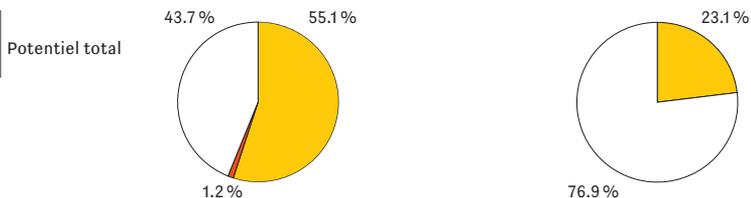
Calculé par rapport aux toitures exploitables représentées dans la carte d'irradiation

Valorisation	Technologie	Production potentielle	Puissance potentielle	Couverture potentielle besoins	Surface capteurs installables	Surface toitures exploitables	Toitures exploitables/ toitures totales	Surface totale toitures périmètre
		MWh/an	kWc	%	m ²	m ²	%	m ²
thermique	vitré	1526	N.A.	56.3	4 479	4 605	4.0	
photovoltaïque	monocristallin	3 508	3 784	28.9	18 865	19 160	16.8	
	polycristallin	2 807	3 027	23.1				
Total (surfaces)					23 344	23 765	20.9	113 749

Répartition du potentiel solaire thermique et photovoltaïque

	Potentiel thermique		Potentiel photovoltaïque	
	Surface capteurs (m ²)	Énergie (MWh/an)	Surface capteurs (m ²)	Énergie (MWh/an)
Total des besoins 100 %	N.A.	2 707	N.A.	12 133
Installations exist. sur bâtiments sans contrainte	0	0	0	0
Potentiel bâtiments sans contrainte	0	0	0	0
Install. exist. sur bât. à enjeux patrimoniaux	73	33	0	0
Potentiel bât. à enjeux patrimoniaux	4 406	1 493	18 865	2 807
Potentiel manquant % besoins	N.A.	1 215	N.A.	9 326

- Install. exist. sur bât. sans contrainte
 - Potentiel bâtiments sans contrainte
 - Install. exist. sur bât. à enjeux patrimoniaux
 - Potentiel bât. à enjeux patrimoniaux
 - Potentiel manquant % besoins
- Besoins totaux énergie (MWh/an) 100 %



Source des illustrations et des cartes

Photographies

Geoffrey Cottenceau & Romain Rousset, pages 5 à 16 et 59 à 60

Office fédéral de la culture, section Patrimoine culturel et monuments historiques, pages 30 à 32

Vues aériennes Swissimage 2018, reproduites avec l'autorisation de swisstopo (BA190052), pages 36, 38, 42, 46, 50 et 54

Cartes

Système d'information du territoire à Genève (SITC), état en 2019, sauf indication contraire

Carte de synthèse modifiée, extraite de: Camponovo, Frei 2018, page 35

Patrimoine architectural et sites — objets protégés et dignes de protection; Office du patrimoine et des sites (OPS), canton de Genève, état en 2018, pages 38, 42, 46, 50 et 54

PAV Grosselin; projet d'image directrice, état en novembre 2018, Direction PAV — DT, page 38

Projet d'aménagement du périmètre Moraines Théâtre; *Plan guide Carouge Est*, mise à jour 2016; Bassicarella architectes, page 42

Examen schématique du potentiel constructible du périmètre; *Stratégie d'aménagement Carouge Sud*, Urbaplan, état en 2013, page 46

Données de base pour le calcul du rayonnement solaire brut, du potentiel solaire thermique et du potentiel photovoltaïque dans les fiches: LIDAR 2008/2009

Données de base pour le rayonnement solaire brut, le potentiel solaire thermique et le potentiel photovoltaïque représentés dans les cartes de la présente publication: LIDAR 2013

Impressum

Éditeur

Office fédéral de la culture,
section Patrimoine culturel et
monuments historiques

Rédigé sur la base de

Camponovo, Frei 2018.
Reto Camponovo, Anita Frei (éd.),
*La planification solaire globale,
une démarche au service de la transition
énergétique et d'une culture
du bâti de qualité. Rapport d'étude.*
HEPIA, Genève 2018.

www.bak.admin.ch/culturesolaire

Textes

Texetera GmbH, Erik Thurnherr, Berne
(p. 17–26, 29–34)

*La stratégie solaire et les instruments
d'aménagement du territoire*
BauSatz GmbH, Philipp Maurer, Zurich
(p. 27–28)

Fiches de périmètres tests à Carouge
extraites de: Camponovo, Frei 2018
(p. 37–56)

Traduction

Stéphane Cuennet, Fribourg
(p. 1–35, 58)

Conception et réalisation graphiques

Julia Marti, Zurich

Cartographie

Opengis.ch GmbH, Matthias Kuhn,
Einsiedeln

Photographie

Geoffrey Cottenceau & Romain
Rousset, La Russille

Impression

Druckerei Odermatt AC, Dallenwil

PDF

www.bak.admin.ch/culturesolaire

© Office fédéral de la culture,
Berne 2019



