

h e p i a

Haute école du paysage, d'ingénierie
et d'architecture de Genève

h e t s

Haute école de travail social
Genève

h e g

Haute école de gestion
Genève

Plateforme du développement urbain HES-GE

TURN - Transition énergétique, inégalités territoriales et développement urbain



©Hospice général

Rapport final

Juin 2022

Avec le soutien de :



Table des matières

IMPRESSUM	4
REMERCIEMENTS	5
RÉSUMÉ	6
1. INTRODUCTION GÉNÉRALE, ENJEUX DU PROJET	8
2 APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE DU PROJET	10
2.1 Une approche interdisciplinaire.....	10
2.2 Etapes et échelles	11
3 CADRAGE INSTITUTIONNEL ET THÉORIQUE	13
3.1 Cadre institutionnel et légal autour de la transition et rénovation énergétique	13
3.1.1 Niveau fédéral	13
3.1.2 Niveau cantonal (Genève)	14
3.2 Notions théoriques sur la rénovation et transition énergétique du parc bâti	22
3.2.1 Transition énergétique du parc bâti	22
3.2.2 Sortie du fossile et solutions d’approvisionnement	23
3.2.3 Notions globales sur la rénovation énergétique	24
3.2.4 Approche constructive et architecturale.....	25
3.2.5 Patrimoine et rénovation énergétique	26
3.2.6 Echelle et stratégie d’intervention	28
3.2.7 Programmes et démarches en cours à Genève	30
3.3 La rénovation énergétique du bâti, un objet de recherche des sciences sociales	33
3.4 Évaluation économique des bénéfices environnementaux des projets de réhabilitation énergétique...	36
3.4.1 Introduction.....	36
3.4.2 Bénéfices environnementaux des projets de réhabilitation	36
3.4.3 Protocole d’évaluation	37
3.4.4 Économie d’énergie et de chaleur	38
3.4.5 Réduction de la consommation de chaleur et changement des combustibles de chauffage (fuel Switch) – cadre quantitatif et monétaire	43
3.4.6 Rentabilité économique et sociale des projets de réhabilitation énergétique	44
4 ATLAS GENÈVE	46
4.1 Cati-GE.....	46
4.1.1 Introduction et contexte	46
4.1.2 Synthèse du rapport d’analyse des inégalités territoriales dans le canton de Genève en 2020	46
4.2 Approche sociale et énergétique	49
4.2.1 Introduction.....	49
4.2.2 Méthode	49

4.2.3	Résultats	51
4.3	Evaluation des bénéfices environnementaux des projets de réhabilitation énergétique : Application au Canton de Genève.....	53
4.3.1	Sélection des bâtiments	53
4.3.2	Potentiel d'économie d'énergie et de changement de combustibles (fuel switch).....	54
4.3.3	Résultats : valeur des bénéfices environnementaux de la réhabilitation des bâtiments prioritaires du canton de Genève.....	56
5	CAS D'ÉTUDES – QUARTIERS.....	59
5.1	Présentations des cas d'étude genevois - portraits.....	59
5.2	Entretiens, synthèse, résultats.....	64
5.2.1	Rapport des acteurs à la rénovation énergétique du bâti.....	64
5.2.2	L'accompagnement des locataires	66
5.2.3	Rapport des acteurs à l'accompagnement	67
6	QUARTIER PILOTE : CHEMIN PONTETS 4-18.....	69
6.1	Motivation et objectifs	69
6.2	Contexte et présentation du quartier pilote	69
6.2.1	Choix et situation du quartier.....	69
6.2.2	Propriétaires et interventions passées	71
6.3	Interactions avec les propriétaires.....	72
6.3.1	Entretiens et workshops.....	72
6.3.2	Synthèse des rencontres	73
6.4	Bilan thermique et scénarios de rénovation	75
6.4.1	Bilan thermique	75
6.4.2	Scénarios de rénovation	77
6.4.3	Conclusions.....	78
6.5	Bilan de la démarche et recommandations.....	79
6.5.1	Une démarche de rénovation multipropriétaire possible	79
6.5.2	Feuille de route.....	79
7	CONCLUSION	81
8	BIBLIOGRAPHIE	82

Impressum

Rapport final du projet TURN (2020-2021).

Auteurs des études et du rapport :

Gilles Desthieux (HEPIA)

Simon Gaberell (HETS)

Giovanni Ferro-Luzzi (HEG)

David Maradan (HEG)

Lionel Riquet (HEPIA)

Betty Baud (HEPIA)

Abdelghani Hachemi (HEPIA)

Magali Dubey (HETS)

Kaoutar Harchi (HETS)

Caroline Scherrer (HEG)

Remerciements

L'équipe de projet TURN tient à remercier chaleureusement toutes les institutions et personnes ayant permis la réalisation du projet.

Financeurs :

- La HES-GE et la Plateforme de développement urbain qui a organisé l'appel à projets et financé les projets lauréats.
- L'Office cantonal de l'urbanisme (OU) qui a cofinancé le projet.
- L'Office cantonal de l'énergie (OCEN) qui a cofinancé le projet.
- Le Département de la cohésion sociale (DCSI) qui a cofinancé le projet.
- Services industriels de Genève (SIG) qui a cofinancé le projet.

Etudes de cas de rénovation

Les personnes et institutions contactées dans le cadre des entretiens autour des expériences passées de rénovation énergétique à Genève.

- Cité Carl Vogt (Hospice général, association 60x60)
- Libellules (Fondation genevoise de Désendettement, FASE)
- Chemin de la Montagne (Groupe Montagne, Swisslife)
- Minoteries (Ville de Genève / DPBA)

Ensemble pilote chemin Pontets 4-18, Lancy

- M. Pierre Olivier, consultant AMU et mandaté dans le cadre Lancy-Rénove, qui a facilité la prise de contact auprès des propriétaires et apporté une contribution précieuse à l'étude.
- Mme Claudia Bogenmann, Responsable de l'unité de développement durable de la Ville de Lancy, coordinatrice du programme Lancy-Rénove, pour sa contribution précieuse à l'étude.
- Les propriétaires de l'ensemble Pontets et leur représentant, pour leur participation aux entretiens et workshops :
 - CPEG
 - PARLOCA
 - Caisse de pension de la police (CP)

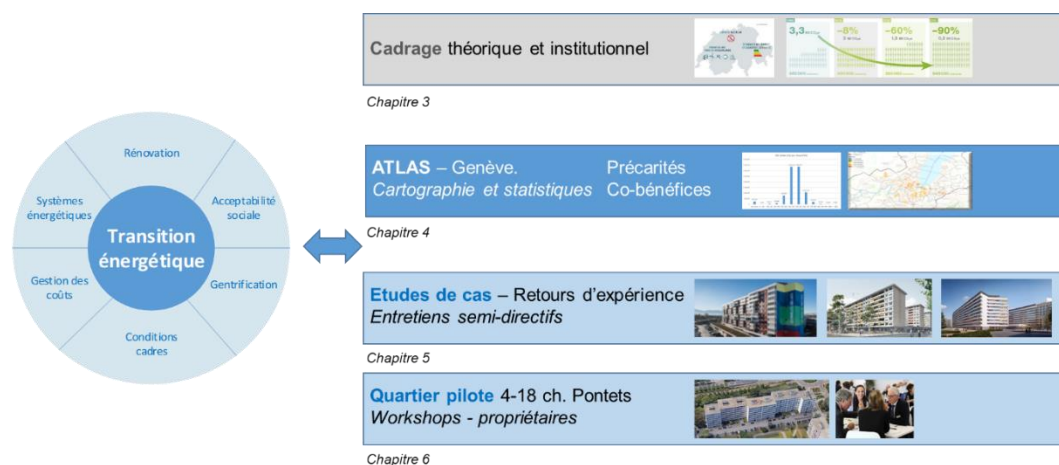
Résumé

Ce rapport présente les résultats du projet TURN (2020-2021) lauréat parmi quatre projets de l'appel à projets organisé par la Plateforme de développement urbain organisé de la HES-GE. Le projet pluridisciplinaire a été réalisé conjointement par HEPIA, HETS et HEG.

Il répond à la nécessité d'accélérer la transition énergétique et climatique de notre société, à travers notamment une plus grande efficacité énergétique du tissu bâti existant et une dépendance moins grande aux énergies non renouvelables, d'autant plus dans le contexte de la crise géopolitique actuelle. Ainsi, la rénovation énergétique des bâtiments existants, surtout ceux construits dans la période 1946 – 1990, constitue un levier essentiel. Cependant, malgré la mise en œuvre de la Stratégie fédérale 2050 et en particulier le Programme bâtiments de la Confédération et des cantons qui accorde de larges subventions pour la transition énergétique des bâtiments, le taux de rénovation énergétique, actuellement d'environ 1%/an, peine à s'accélérer. Les expériences actuelles montrent que la rénovation énergétique ne peut être résolue uniquement par des solutions technologiques, mais qu'elle implique de lever plusieurs freins d'ordre socio-économique.

Dans ce contexte, le projet TURN a pour mission d'élaborer une approche interdisciplinaire de planification de la transition énergétique de quartiers urbains existants. Il cherche à mieux comprendre, selon les acteurs, les perceptions des freins, des avantages directs et indirects de la rénovation énergétique. Il s'intéresse à mettre en perspective la rénovation avec la question des inégalités sociales dans les différents quartiers de Genève. Il vise à proposer au final des pistes d'actions et leviers pour encourager les propriétaires à la rénovation, mobiliser les acteurs et les coordonner autour de processus communs.

L'approche méthodologique mise en œuvre dans le projet TURN est structurée sur plusieurs niveaux comme illustré sur le schéma ci-dessous.



Le projet TURN se déploie sur deux niveaux.

➤ Atlas (Canton)

Le niveau cantonal « Atlas » porte premièrement sur une **analyse typologique et statistique des quartiers du Canton du point de vue social et énergétique**, en vue de classer les quartiers par opportunité de transition énergétique et de repérer ainsi les quartiers doublement prioritaires. Sur le plan social, dans le cadre de la démarche CATI-GE, les sous-secteurs statistiques (quartiers) sont classés selon des indicateurs de mixité, de cohésion sociale et de précarité. Le rapport conclut sur une persistance des inégalités. Si ces dernières sont plutôt stables entre communes, des déplacements progressifs de ces poches de précarité sont tout de même perceptibles, même si dans l'ensemble, les quartiers les plus touchés et les plus densément habités sont les mêmes que voici huit ans. L'analyse au niveau de l'énergie considère comme prioritaire pour la rénovation les grands ensembles collectifs

encore non rénovés construits entre 1946 et 1990, ayant une performance énergétique insatisfaisante (IDC), devant remplacer à brève échéance leur chaudière, et étant approvisionnés essentiellement avec des énergies fossiles. En mettant en perspective les critères sociaux de Cati-GE et les critères énergétiques, il en ressort que 19 sous-secteurs sont doublement prioritaires.

Deuxièmement, dans l'hypothèse d'une rénovation de la totalité des bâtiments cibles (au standard genevois HPE) et de sortir intégralement des énergies fossiles (remplacement des chaudières par des pompes à chaleur (PAC), ou raccordement à un réseau de chauffage à distance (CAD) renouvelable), une **évaluation économique des bénéfices environnementaux** liés à cette transition énergétique intégrale est réalisée sur le canton. Ces bénéfices sont liés à une amélioration de la qualité de l'air et donc de la santé publique et une diminution des émissions gaz à effet de serre (GES). Il en résulte pour Genève des bénéfices moyens de l'ordre de 40 mio CHF/an, montant proche des subventions du Programme bâtiments (35 mio CHF/an) accordées à Genève.

➤ Quartiers

L'approche méthodologique développée dans TURN pour la rénovation énergétique en milieu urbain se fonde non seulement sur le cadre légal et institutionnel tel que présenté ci-dessus, mais aussi sur les retours d'expériences des opérations de rénovation menées précédemment à Genève. Ces expériences passées permettent de mettre en évidence, par rapport aux difficultés et lacunes observées, les besoins auxquels devront répondre les futures opérations.

Ainsi, plusieurs **études de cas** ont été menées sur les opérations suivantes :

- Chemin de la Montagne (Chêne-Bougeries),
- Minoteries (Genève),
- Cité Carl-Vogt (Genève),
- Libellules (Vernier).

Pour chacun de ces cas, un à plusieurs entretiens semi-dirigés ont été menés auprès des porteurs de projet, architectes, et représentants des habitants notamment. Ces projets de rénovation ont la particularité de se situer sur des immeubles appartenant à un seul propriétaire. Il en ressort que l'aspect énergétique de la rénovation ne constitue généralement pas une motivation première pour déclencher les travaux, mais qu'il s'agit plutôt d'un gain accessoire. Les entretiens montrent aussi la difficulté de l'accompagnement des locataires, surtout lorsqu'il s'agit de chantiers habités, et de les sensibiliser sur des comportements sobres en matière de consommations après travaux.

Forts de ces éclairages institutionnels et théoriques et des retours d'expériences, la dernière phase porte sur la contribution du projet TURN à la transition énergétique d'un **quartier ou ensemble bâti pilote**, se situant notamment dans l'un des sous-secteurs doublement prioritaires au niveau social et énergétique (Atlas). Il s'agit de l'ensemble bâti situé au **ch. Pontets 4-18 à Lancy** qui a la particularité d'appartenir à 4 propriétaires différents. Ce quartier constitue en quelque sorte un « laboratoire » permettant d'élaborer et de tester une approche méthodologique interdisciplinaire en vue de favoriser et systématiser la transition énergétique des quartiers urbains existants. La dynamique multipropriétaire est un enjeu central, chaque propriétaire ayant sa propre logique de rentabilité économique, de rénovation (rénovation énergétique d'ensemble vs mesures ponctuelles d'optimisation) et d'approvisionnement (réseaux CAD centralisés vs pompes à chaleur). Malgré ces divergences le cas de Pontets témoigne d'une volonté des propriétaires d'initier une démarche commune sur l'ensemble, de recourir aux AMO-Energie et AMU proposés par le Canton et les SIG, ainsi qu'à la plateforme Lancy-Rénove pour faciliter le processus. Si le projet TURN aura permis de déclencher le processus en faisant dialoguer les propriétaires, les modalités pratiques de mise en œuvre resteront à définir.

1. Introduction générale, enjeux du projet

Dans le cadre de son 6^{ème} Rapport d'évaluation et ses trois rapports spéciaux publiés de juillet 2021 à avril 2022, le GIEC expose le risque d'un réchauffement climatique bien plus rapide qu'attendu, la nécessité d'atteindre d'ici 2025 un plafonnement des émissions de GES, puis de tendre rapidement vers une neutralité carbone en parallèle des mesures d'adaptation à prévoir.

L'usage des énergies fossiles constitue le principal facteur des émissions de CO₂ (75% en Suisse)¹. En particulier, le chauffage du parc bâti (ménages et services) représente plus de 40%² des consommations énergétiques en Suisse et 24%³ des émissions.

Dans ce contexte, la Suisse développe et met en œuvre depuis près de 10 ans la Stratégie énergétique fédérale 2050 qui consiste entre autres à encourager les mesures d'efficacité énergétique et de développement des énergies renouvelables sur le parc bâti à travers le Programme bâtiments permettant de soutenir les opérations de transition énergétique. Le peuple suisse a rejeté le projet de révision de la Loi CO₂ en juin 2021 qui visait à accompagner la transition vers la neutralité carbone d'ici 2050, mais avec des efforts financiers (taxes) que les citoyens n'ont pas voulu consentir. Vu l'urgence climatique, la Suisse devra rapidement proposer un autre projet de loi, mais qui devra, au sens du GIEC viser une neutralité certainement à plus brève échéance que 2050.

Le Canton de Genève affiche également des fortes ambitions, ayant déclaré l'urgence climatique en 2019, que ce soit à travers le Plan climat cantonal 2030⁴ publié en 2021 (-60% d'émission GES en 2030 par rapport à 1990 et neutralité carbone en 2050), ou encore le Plan directeur cantonal des énergies⁵. Ceux-ci posent les bases d'une intensification de la rénovation énergétique des bâtiments et d'une sortie massive des énergies fossiles en développant massivement les réseaux énergétiques structurants sur le canton.

La transition énergétique du parc bâti existant constitue un levier central en lien avec le climat. En effet, à Genève, l'indice moyen de consommation (IDC) est encore trop élevé par rapport aux ambitions politiques (490 MJ/m²/an selon le PDE) et se situe très loin des normes SIA actuelles de constructions, de plus, 90% des bâtiments⁶ sont alimentés par des énergies fossiles. Si les bâtiments sont mal isolés, la consommation d'énergie fossiles est très importante.

Ainsi la transition énergétique repose sur deux axes : d'une part sur la rénovation énergétique de l'enveloppe et des mesures d'efficacité énergétique au niveau des installations, d'autre part sur la sortie des énergies fossiles et l'usage des énergies de source renouvelable ou du moins non fossile. Ces deux axes sont complémentaires dans le sens où des bâtiments rénovés requerront des niveaux de températures de chauffage plus bas et plus en adéquation avec l'offre en ressources renouvelables locales (i.e chaleur de l'environnement à travers les pompes à chaleur notamment).

Or le rythme de la rénovation en Suisse et à Genève peine à suivre les attentes et objectifs (entre 0.5 et 1% par an en comparaison des 2.5% fixés par le Plan directeur des énergies et le Plan climat cantonal à l'horizon 2030) malgré les nombreuses incitations et subventions. Comme le relève le PDE, les rénovations sont rarement engagées sur des considérations énergétiques, les motivations sont davantage fondées sur le maintien en l'état du bien immobilier, la sécurité ou le confort des occupants,

¹ OFEN, Statistique globale suisse de l'énergie, 2018 (fig. 6)

² OFEN, Statistique globale suisse de l'énergie, 2018 (fig. 3)

³ OFEV, Emissions de gaz à effet de serre visées par la loi sur le CO₂, 2021

⁴ Etat de Genève, Plan climat cantonal 2030 2^{ème} génération, 2021

⁵ Etat de Genève, Plan directeur cantonal de l'énergie (PDE) 2020-2030, 2020

⁶ PDE, p. 38

les opportunités économiques, les contraintes légales, etc. Plusieurs raisons expliquent ce faible taux du point de vue des propriétaires : barrières administratives, contraintes patrimoniales, renégociations des loyers, gestion des plaintes des locataires, faible prix de l'énergie (si le prix de l'énergie est bas, une rénovation aura moins d'impact en matière de baisse des charges), faisabilité technique, coûts des travaux et rentabilité, difficulté à mettre en œuvre un chantier en site occupé, ampleur et difficulté technique des travaux, manque de savoir-faire et disponibilité de spécialistes qualifiés, doutes sur l'efficacité des travaux de rénovation (non atteinte des objectifs énoncés sur la grande majorité des rénovations terminées – « performance gap »), craintes et conservatismes de toute sorte. De plus, comme le relève le projet eREN, si des rénovations énergétiques sont engagées, elles font souvent l'économie d'études globales et sérieuses et se limitent à des interventions ponctuelles ou mettent en œuvre des solutions convenues pas toujours bien réfléchies.

Mais la rénovation énergétique n'est pas d'ordre uniquement technique et économique, elle implique des enjeux sociaux importants, en particulier dans le contexte suisse et genevois, où la majorité de la population est locataire et n'a donc aucun poids dans les décisions d'investissement et où le très faible taux de vacances dans le logement implique la plupart du temps de réaliser les travaux de rénovation en site occupé. La question se pose ainsi de quel accompagnement ont besoin locataires dans le cadre des processus de rénovation, de quelle façon faciliter leur adhésion, dans un premier temps en lien avec les nuisances provoquées par un chantier en site occupé, puis dans un deuxième temps par rapport aux nouveaux comportements du quotidiens (éco-gestes) à adopter après les travaux pour garantir que les économies théoriques se traduiront bien dans les faits. D'autres questions concernent aussi le report des coûts des travaux sur les loyers : dans quelle mesure sont-ils supportables pour les locataires, en particulier dans les quartiers à haute précarité ? Et dans quelle mesure une difficulté ou une impossibilité de report peut-elle amener un propriétaire à renoncer à ces travaux de rénovation énergétique. Le rejet de la Loi CO₂ a en effet principalement été motivé par la question des coûts reportés sur les particuliers.

Ce sont tous ces enjeux – énergétique, constructif, architectural, social, économique, administratif - qui sont traités dans le projet TURN au travers d'entretiens, de cas d'étude et d'un projet pilote de rénovation.

Dans ce contexte, le projet TURN a pour mission d'élaborer une approche interdisciplinaire d'aide à la décision et à la planification de la transition énergétique de quartiers urbains existants caractérisés par un niveau élevé de précarité sociale. Il profite de l'opportunité que représente la transition énergétique du milieu bâti existant pour travailler à la mise en œuvre des politiques intégrées et coordonnées de développement du quartier renforçant la participation citoyenne. La question énergétique, qui est le point d'entrée du projet TURN, doit ainsi s'inscrire dans un véritable projet de société.

2 Approche méthodologique du projet

L'approche méthodologique mise en œuvre dans le projet TURN est structurée sur plusieurs niveaux comme illustré sur le schéma ci-dessous.

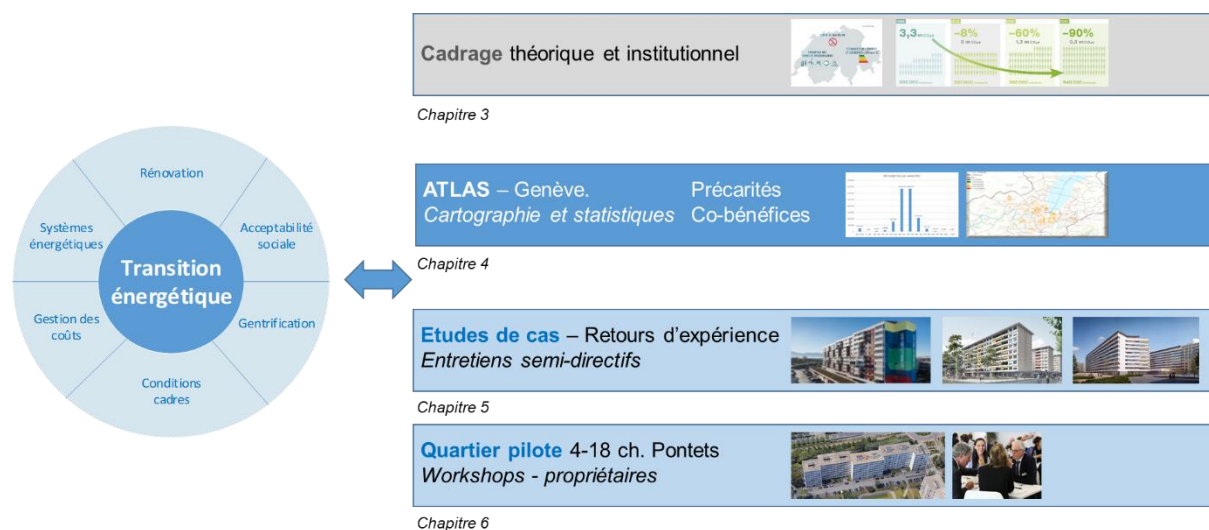


Figure 1. Vue synoptique de l'approche méthodologique de TURN.

2.1 Une approche interdisciplinaire

En premier lieu, quel que soit le niveau, la problématique de la transition énergétique en milieu urbain est traitée dans une approche interdisciplinaire, comme illustrée sur la partie gauche de la figure, en lien avec les différentes écoles HES impliquées.

Ainsi, les thématiques suivantes sont considérées :

- Systèmes multi-énergie : intégration non seulement de différents vecteurs énergétiques et niveaux de température mais aussi de types de prestation (chaleur, électricité, froid), échelonnement dans le temps du déploiement de ces systèmes, rôle des solutions transitoires, et dans ce cadre des filières plus conventionnelles et pas nécessairement renouvelables comme le gaz et les réseaux CAD, coordination des différents acteurs, stratégies de financement (contracting notamment).
- Efficacité énergétique (rénovation) : orientations et axes d'intervention en matière de rénovation selon les types de bâtiments (architecture, époque, affectation) en cohérence avec les systèmes énergétiques possibles.
- Aspects économiques et financiers liés au montage d'infrastructures énergétiques (système) et à la rénovation ; aspects financiers (critères de l'accès au financement, fiscaux et légaux (droit du bail) pour les propriétaires).
- Acceptabilité sociale : attractivité sociale des stratégies proposées de transition énergétique, acceptabilité des technologies par les usagers finaux, report des coûts d'investissement sur la baisse des charges et les loyers ; évaluation des mesures de réhabilitation en matière d'inégalité sociale.
- Conditions cadres au niveau institutionnel et légal : identification des freins et opportunités liés à ces conditions, et proposition d'évolution de ces conditions dans la marge de manœuvre possible.

- Rentabilité économique-environnementale : analyse financière intégrant les coûts et bénéfices externes des projets de réhabilitation, identification des facteurs de rentabilité des projets de réhabilitation.
- Analyse des impacts sociaux et des risques de gentrification : analyse qualitative des risques de gentrification et de ségrégation spatiale et identification des mesures pour les limiter.
- Mise en synergie des aspects économiques, sociaux et environnementaux : analyse multicritère des projets de réhabilitation réunissant les aspects économiques, environnementaux et sociaux identifiés lors de l'analyse de la rentabilité et des impacts sociaux.

2.2 Etapes et échelles

➤ Cadre théorique et institutionnel

La question de la rénovation énergétique en milieu urbain est complexe et s'inscrit dans un cadre évolutif alors même que la temporalité des projets de construction est de l'ordre de plusieurs années. Cela implique de poser au préalable le **cadre théorique et institutionnel** en lien avec la thématique, tel que présenté au chapitre 3.

Sur le plan institutionnel (3.1), ce chapitre référence et synthétise tout d'abord les stratégies et visions directrices au niveau fédéral (Stratégie fédérale 2050, politique climatique) et cantonal (Plan directeur de l'énergie 2020-2030 et Plan climat 2030), les lois (LEn, LDTR), les procédures administratives liées à la rénovation, les règles et barèmes financiers. Tout ceci permet de définir les objectifs et le cadre d'actions en matière de rénovation.

Des éclairages et notions théoriques sont ensuite apportés dans trois domaines :

- Energie et construction (3.2) : incluant les notions et enjeux sur la transition énergétique et sortie du fossile, les approches techniques et architecturales en matière de rénovation, les questions patrimoniales, les échelles d'intervention, les démarches et programmes en cours à Genève tels que les Communes rénovent.
- Accompagnement social (3.3) : les résidents pour la plupart locataires sont les principaux bénéficiaires des rénovations ; mais les travaux ne sont pas sans effet en matière d'impact financier sur les loyers et d'inconfort durant les chantiers.
- Evaluation économique (3.4) : concernant les bénéfices environnementaux des projets de rénovation énergétique. Une méthode d'évaluation est proposée, pour être ensuite appliquée au Canton de Genève (cf. ch. 4.3).

Le projet TURN se déploie ensuite sur deux niveaux.

➤ Atlas (Canton)

Le niveau cantonal « **Atlas** » porte premièrement sur une **analyse typologique et statistique des quartiers du Canton du point de vue social et énergétique** (ch. 4.1 et 4.2), en vue de classer les quartiers par opportunité de transition énergétique et de repérer ainsi les quartiers doublement prioritaires au niveau social et énergie. Sur le plan social, dans le cadre de la démarche CATI-GE, les sous-secteurs statistiques (quartiers) sont classés selon des indicateurs de mixité, de cohésion sociale et de précarité. L'analyse au niveau de l'énergie considère comme prioritaire pour la rénovation les grands ensembles collectifs encore non rénovés construits entre 1946 et 1990, ayant une performance énergétique insatisfaisante (IDC), devant remplacer à brève échéance leur chaudière, et étant approvisionnés essentiellement avec des énergies fossiles.

Deuxièmement, dans l'hypothèse de rénover la totalité des bâtiments cibles et de sortir intégralement des énergies fossiles (remplacement des chaudières par des PAC), une **évaluation économique des**

bénéfices environnementaux liés à cette transition énergétique intégrale est réalisée sur le canton (ch. 4.3).

➤ **Quartiers**

L'approche méthodologique développée dans TURN pour la rénovation énergétique en milieu urbain se fonde non seulement sur le cadre légal et institutionnel tel que présenté ci-dessus, mais aussi sur les retours d'expériences des opérations de rénovation menées précédemment à Genève. Ces expériences passées permettent de mettre en évidence, par rapport aux difficultés et lacunes observés, les besoins auxquels devront répondre les futures opérations.

Ainsi, plusieurs **études de cas** ont été menées sur les opérations suivantes :

- Chemin de la Montagne (Chêne-Bougeries),
- Minoteries (Genève),
- Cité Carl-Vogt (Genève),
- Libellules (Vernier).

Pour chacun de ces cas, un à plusieurs entretiens semi-dirigés ont été menés auprès des porteurs de projet, architectes, représentant des habitants notamment. Ces projets de rénovation ont la particularité de se situer sur des immeubles appartenant à un seul propriétaire.

Forts de ces éclairages institutionnels et théoriques et des retours d'expériences, la dernière phase porte sur la contribution du projet TURN à la transition énergétique d'un **quartier ou ensemble bâti pilote**, se situant notamment dans l'un des sous-secteurs doublement prioritaires au niveau social et énergétique (Atlas). Il s'agit de l'ensemble bâti situé au ch. Pontets 4-18 qui a la particularité d'appartenir à 4 propriétaires différents. Ce quartier constitue en quelque sorte un « laboratoire » permettant d'élaborer et de tester une approche méthodologique interdisciplinaire en vue de favoriser et systématiser la transition énergétique des quartiers urbains existants.

3 Cadrage institutionnel et théorique

3.1 Cadre institutionnel et légal autour de la transition et rénovation énergétique

Les principaux dispositifs légaux et institutionnels aux niveaux national et cantonal en lien avec la transition énergétique du parc bâti sont résumés ci-dessous.

3.1.1 Niveau fédéral

➤ Stratégie fédérale 2050 (2017) et loi fédérale sur l'énergie (2018)

Initiée en 2011 à la suite de l'accident nucléaire de Fukushima et adoptée par la population suisse en 2017, la Stratégie fédérale 2050 vise à encadrer la sortie progressive de l'énergie nucléaire en substituant cette énergie par des sources renouvelables, et améliorer sensiblement l'efficacité énergétique en diminuant les consommations par personne en énergie finale totale (-16% en 2020 et -43% par rapport à 2000), et électricité (-3% en 2020 et -13% en 2035).

Le Programme bâtiment alimenté par la taxe CO₂ (budget de 450 millions CHF/an réparti par canton) constitue le bras armé de la Stratégie pour soutenir la transition énergétique du parc bâti existant (rénovation et sortie du fossile). Dans le cadre de ce programme, le Canton de Genève met à disposition un budget de 35 millions de CHF en 2021 pour la rénovation et transition énergétique du parc bâti.

La Stratégie se matérialise par la révision de la Loi fédérale sur l'énergie (LEne) entrée en vigueur le 1er janvier 2018, qui encourage, entre autres, le regroupement des consommateurs propres du solaire PV au sein des bâtiments et des quartiers (bâtiments situés sur des parcelles adjacentes pouvant être séparées par des routes) non seulement neufs mais aussi existants.

➤ Loi fédérale CO₂ (2011)

La loi en vigueur datant de 2011 vise à réduire les émissions de -20% d'ici 2020 par rapport à 1990 (la réduction observée étant de l'ordre de 10% en réalité). Elle s'accompagne notamment d'une taxe CO₂ sur les combustibles (mazout et gaz naturel) de 96 CHF/tonne, 1/3 des produits de la taxe alimentant le Programme bâtiments.

Le projet de révision de la loi CO₂ a été rejetée par la population en juin 2021. Elle visait une réduction de 50% des émissions entre 1990 et 2030, et de 35% entre 2020 et 2035 et s'accompagnait de nouvelles taxes : sur l'essence et les billets d'avion. Elle aurait eu un impact important sur le parc bâti existant en limitant les émissions issues des combustibles fossiles dès 2023 pour les bâtiments dont le chauffage doit être remplacé : 20 kg CO₂/m², puis -5 kg tous les 5 ans.

Un nouveau projet de loi CO₂ porté par le Conseil Fédéral a été mis en consultation entre décembre 2021 et avril 2022, avec pour ambition de faire voter la nouvelle loi par les chambres pour une mise en application avant 2025.

➤ MOPEC (2014)

Le MoPEC (www.ENDK.ch), Modèle de prescriptions énergétiques des cantons regroupe des prescriptions énergétiques élaborées par les cantons sur la base de leurs expériences en matière d'exécution dans le domaine du bâtiment.

L'objectif de ces prescriptions conjointes est de permettre une harmonisation dans le domaine des prescriptions énergétiques cantonales. La dernière version du MoPEC date de 2014. Les cantons sont fortement recommandés d'intégrer les prescriptions du MoPEC dans leur réglementation cantonale sur l'énergie.

Dans le cas des bâtiments existants, il vise à faire progresser le nombre de rénovations énergétiques en proposant, par exemple, pour les bâtiments qui n'ont pas de certification Minergie et dont la note d'efficacité énergétique totale du CECB® est inférieure à D, onze solutions standard pour le remplacement d'un chauffage à énergie fossile.

3.1.2 Niveau cantonal (Genève)

➤ Plan directeur cantonal de l'énergie 2020 – 2030 (2020)

Après le vote par le Grand conseil, en 2019, de la motion 2520 intitulé « une réponse politique à l'appel des jeunes pour le climat » et la déclaration d'urgence climatique qui vise la neutralité carbone en 2050 par le Conseil d'Etat, le canton s'est doté d'un programme d'action au travers du plan directeur de l'énergie (PDE) pour mettre en œuvre et atteindre les objectifs fixés au horizons 2030 et 2050 par la motion 2520.

Adopté le 2 décembre 2020 par le conseil d'état, le PDE s'articule autour de deux orientations qui sont :

- Une maîtrise et une réduction de la consommation grâce notamment à une augmentation de l'efficacité énergétique et la rénovation du parc bâti genevois.
- Une optimisation de l'approvisionnement en ressources énergétique locale en valorisant les ressources locales renouvelables, la mise en place d'un système de stockage et de gestion et la mise en place d'une infrastructure énergétique de partage (PDER).

Les principales directives du PDE en lien avec la transition énergétique du parc bâti sont les suivantes :

- Accélérer la rénovation énergétique du parc bâti, en quantité et qualité, pour atteindre un taux de rénovation de 4%/an d'ici à 2050 (Figure 1), et réduire la consommation énergétique par m² grâce à des mesures d'optimisation (baisse de l'IDC moyen du parc immobilier genevois).
- Introduire dans la loi d'une obligation de raccordement des bâtiments situés dans le périmètre des réseaux thermiques structurants (RTS), dont le déploiement est de la responsabilité des SIG dans le cadre de leur mission de service public, assortie d'une garantie concernant le « juste prix » de l'énergie. Les SIG s'engagent à fournir 80% d'énergies renouvelables et de récupération dans les réseaux à l'horizon 2030.
- Abaissement progressif à **450 MJ/m²** du seuil IDC entraînant une obligation d'assainissement, en remplacement des différents seuils existants, et extension de cette obligation à l'ensemble du parc bâti (hors dispenses prévues par le REEn). Cet abaissement du seuil IDC figure dans la révision du règlement d'application de la loi sur l'énergie adopté par le Conseil d'Etat le 13 avril 2022.
- Interdiction du remplacement d'installation de chauffage à énergie fossile par une nouvelle installation à énergie fossile (fiche 2.2).

Le PDE est détaillé à travers 28 fiches de mesures. La fiche 2.1 concerne la rénovation du parc bâti et met l'accent sur l'accompagnement des propriétaires et les partenariats.

Plus d'informations sur : <https://www.ge.ch/document/22488/telecharger>

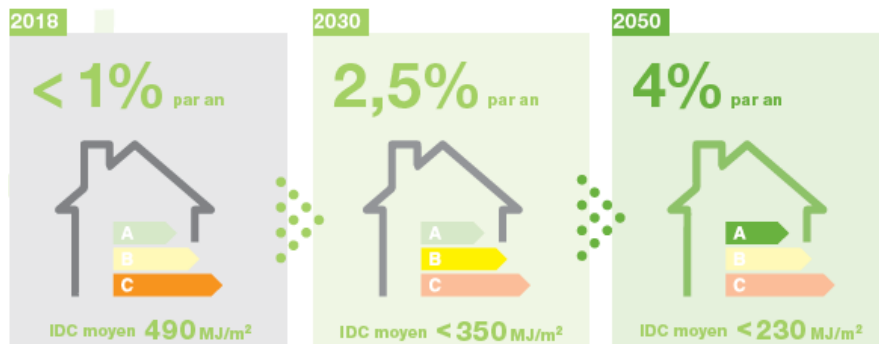


Figure 2. Evolution du taux annuel de rénovation et de l'IDC moyen selon PDE.

➤ Plan climat cantonal 2030 (2021)

Afin de limiter la hausse des températures, le Conseil d'Etat a adopté un nouveau Plan climat – 2ème génération, le 14 avril 2021, contenant 41 mesures. Celles-ci se répartissent en 6 axes principaux, avec un 7ème axe transversal qui vient compléter les autres : énergie et les bâtiments, mobilité, biens de consommation, aménagement du territoire, santé, espaces naturels et biodiversité. Ce plan prend comme référence le Plan directeur de l'énergie 2020-2030 (PDE).

Grâce à la politique énergétique de Genève, les émissions de GES liées aux bâtiments, qui représentaient en 2012 une part de 40%, ont pu être diminués de 18%, entre 1990 et 2018, ce qui indique une évolution positive, cependant insuffisante pour atteindre les objectifs fixés par le PCC et la Loi fédérale CO₂.



Figure 3. Objectifs du PCC. Les objectifs de réduction sont exprimés par rapport à 1990.

Dans le domaine énergie et bâtiment, les principales mesures sont :

- Maîtriser et réduire la demande en énergie au travers d'une plus grande sobriété.
- Réduire la consommation énergétique des bâtiments en accélérant le rythme de leurs rénovations.
- Remplacer l'intégralité des chauffages à énergie fossile d'ici à 2050 par des chauffages à énergie renouvelable.
- Augmenter la part des énergies renouvelables d'origine locale : réduire d'environ 55 %, en dix ans (2020-2030), la consommation d'énergie primaire fossile par habitant, en passant de 2'800 W / hab. à 1'250 W / hab d'énergie fossile, et développer les solutions de substitution basées sur les énergies renouvelables (en particulier réseaux thermiques : 1'150 GWh de chaleur et 150 GWh de froid en 2030, dont 80 % d'énergies renouvelables et de récupération).

➤ Loi sur l'énergie (L2 30), Règlement d'application sur l'énergie – Genève (L 2 30.01, état au 20 avril 2022), et subventions cantonales

La loi sur l'énergie (art. 15C) oblige les propriétaires de bâtiments chauffés à communiquer l'indice de dépense de chaleur du bâtiment (IDC). Les immeubles de moins de 5 preneurs avec chauffage central sont dispensés.

Les bâtiments dont l'indice dépasse les seuils fixés dans le règlement d'application peuvent être soumis à un audit énergétique qui peut déboucher selon les circonstances vers une obligation d'assainissement énergétique.

Lorsque que les bâtiments font l'objet d'une rénovation d'ensemble (bilan global) le propriétaire peut baser le projet sur le minimum légal ou décider de mettre en œuvre des solutions permettant d'obtenir les standards genevois HPE et THPE au sens du Règlement d'application de la loi sur l'énergie (REn), art. 12B et 12C.

Minimum légal

- Respect des valeurs limites de la norme SIA 380/1 édition 2016 pour les besoins de chaleur pour le chauffage majorés de 50%.
- Couverture d'au moins 30% des besoins de chaleur pour l'eau chaude par la pose de capteurs solaires thermiques.

HPE – rénovation

Selon l'article 12B du Règlement d'application de la loi sur l'énergie (REn), Il est possible d'atteindre le standard HPE rénovation par les manières suivantes :

- Les bâtiments rénovés ayant le **label Minergie®Rénovation** ou de tout autre label équivalent avec un **taux de production propre d'électricité d'au moins 20W/m²** de la surface d'emprise au sol du bâtiment.
- Les bâtiments rénovés assurant **un taux de production d'électricité propre d'au moins 20W/m²** de la surface d'emprise au sol du bâtiment et couvrant par la pose de **capteurs solaires thermiques au moins 30%** des besoins de chaleur pour l'eau chaude, dont *[nouveau de la version d'avril 2022]* **l'alimentation principale en chaleur provient d'énergies non fossiles et locales** ou d'un **réseau thermique à distance dont la part d'énergies non fossiles et locales est d'au moins 50%**, et qui répondent à l'une des alternatives suivantes :
 - o Le respect des valeurs limites des besoins d'énergie annuels pondérés pour le chauffage, la préparation de l'eau chaude sanitaire, la ventilation et le rafraîchissement dans les bâtiments à construire définies dans le MoPEC 2014 majorées de 70%, et le respect des valeurs limites de la norme SIA 380/1 édition 2016 pour les besoins de chaleur pour le chauffage majorés de 50%
 - o L'obtention de la classe énergétique C/B selon le CECB Plus ou selon le cahier technique SIA 2031 édition 2016 et, si le bâtiment n'est pas destiné au logement et qu'il est climatisé, le non - dépassement de la puissance électrique nécessaire pour la climatisation de 12W/m² de surface climatisée.

THPE – rénovation

Selon l'article 12C du Règlement d'application (REn, état au 31.03.2021) de la loi sur l'énergie (Ren), Il est possible d'atteindre le standard THPE rénovation par les manières suivantes :

- Les bâtiments rénovés ayant le **label Minergie®A, Minergie®P-Eco** ou de tout autre label équivalent avec un **taux de production propre d'électricité d'au moins 20W/m²** de la surface d'emprise au sol du bâtiment.
- *Les bâtiments rénovés assurant un taux de production d'électricité propre d'au moins 20W/m² de la surface d'emprise au sol du bâtiment et couvrant par la pose de capteurs solaires thermiques au moins 50% des besoins de chaleur pour l'eau chaude, dont l'alimentation principale en chaleur provient d'énergie non fossiles et locales ou d'un réseau thermique à distance dont la part d'énergies non fossiles et locales est d'au moins 80% et qui répondent aux alternatives suivantes :*
 - o Le respect des valeurs limites des besoins d'énergie annuels pondérés pour le chauffage, la préparation de l'eau chaude sanitaire, la ventilation et le rafraîchissement dans les bâtiments à construire définies dans le MoPEC 2014, le respect du 90% des valeurs limites de la norme SIA 380/1 édition 2016 pour les besoins

de chaleur pour le chauffage et le respect des valeurs cibles relatives à la demande globale en énergie définies par la norme SIA 387/4 édition 2017 pour l'éclairage ;

- L'obtention de la classe énergétique B/A selon le CECB Plus ou le cahier technique SIA 2031 édition 2016 et, si le bâtiment n'est pas destiné au logement et qu'il est climatisé et le non - dépassement de la puissance électrique nécessaire pour la climatisation de 7W/m² de surface climatisée.

HPE - Rénovation

THPE – Rénovation

	VARIANTE MOPEC	VARIANTE CECB		VARIANTE MOPEC	VARIANTE CECB
MOPEC 2014	Valeurs limites (EHWLK) du MoPEC2014 majorées de 70%		MOPEC 2014	Exigences limites (EHWLK) du MoPEC2014	
ENVELOPPE THERMIQUE	Valeurs limites SIA380/1 majorées de 50%		ENVELOPPE THERMIQUE	90% de la valeur limite SIA 380/1 (ed 2016)	
PRODUCTION DE CHALEUR			PRODUCTION DE CHALEUR	Production de chaleur non fossile ou réseau thermique à 80% non fossile	
SOLAIRE PV	Production propre de l'électricité 20W/m ² de surface d'emprise au sol		SOLAIRE PV	Production propre de l'électricité 20W/m ² de surface d'emprise au sol	
SOLAIRE TH	30% pour ECS		SOLAIRE TH	50% pour ECS	
CECB+ OU SIA2031 (ED 2016)		C/B	CECB+ OU SIA2031		B/A
ÉCLAIRAGE			ÉCLAIRAGE	Valeurs cibles SIA 387/4 (ed 2017)	
CLIMATISATION	Puissance électrique inférieure ou égal 12W/m ² et que le bâtiment n'est pas destiné au logement → Procédure simplifiée		CLIMATISATION	Puissance électrique inférieure ou égal 7W/m ² et que le bâtiment n'est pas destiné au logement → Procédure simplifiée	

Figure 4. Récapitulatif des critères de HPE et THPE – Rénovation selon les variantes MOPEC et CECB au sens du REn (source : [OCEN](#))

Installations productrices de chaleur *[nouveau de la version d'avril 2022]*

Selon l'article 13M du REn, « Lors de la mise en place, du remplacement ou de la transformation d'une installation productrice de chaleur, celle-ci doit être alimentée prioritairement et dans toute la mesure du possible par des énergies renouvelables ou des rejets de chaleur. Pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire d'un bâtiment, l'énergie issue d'une pompe à chaleur est assimilée à une énergie renouvelable ».

Indice de dépense de chaleur *[nouveau de la version d'avril 2022]*

Le REn réglemente l'entrée en vigueur du seuil limite d'IDC de 450 MJ/m²/an (Art. 14., al.1). Il propose un échelonnement de la mise en conformité avec cette limite d'ici 2031 de la façon suivante (al. 2) : « Il y a dépassement significatif du seuil d'indice de dépense de chaleur au sens de l'article 15C, alinéa 4, de la loi lorsque l'indice de dépense de chaleur moyen des 3 dernières années est supérieur à 222 kWh/m.an (800 MJ/m.an) jusqu'au 31 décembre 2026, supérieur à 180kWh/m.an (650MJ/m.an) dès le 1er janvier 2027 et jusqu'au 31 décembre 2030, et supérieur à 153 kWh/m .an (550 MJ/m.an) dès le 1er janvier 2031 ».

Enfin, l'obligation du calcul de l'IDC s'applique désormais à tout bâtiment (y compris lorsqu'il y a moins de 5 preneurs) selon l'art. 14A.

Subventions

La rénovation selon les labels Minergie ou standards HPE et THPE font l'objet de subventions dans le cadre du Programme Bâtiments, comme présentées sur la plateforme [GEnergie](#) à travers les lettres M-11 à M13.

Les principales **subventions** liées à la rénovation sont résumées dans le tableau ci-dessous.

IM-07 Audit CECB+	CHF 750.- jusque 4 logements, 1500.- pour 5 logements et plus
M-01 Toiture, Façade ext ou <2m (Non cumulable avec M-10 et M-12)	CHF 70.-/m2 si U<0.20 W/m2.K
M-01 Façade >2m (Non cumulable avec M-10 et M-12)	CHF 40.-/m2 si U<0.20 W/m2.K
M-05 PAC air-eau (Subvention non cumulable avec les mesures M-06 à M-07, M-10, M-12 et M-18)	CHF 3'000.- + CHF 400.-/kW (≤50kW) ou CHF 13'000.- + CHF 200.-/kW (>50kW) + Bonus pour première installation d'un système de distributions de chaleur: CHF 3'000.- + CHF 400.-/kW
M-06 PAC sol-eau avec forage géothermique * et PAC eau-eau avec source toujours supérieure à 5°C et sans utilisation d'antigel**	CHF 3000.- + CHF 800.-/kW (≤50kW) ou CHF 23'000.- + CHF 400.-/kW (>50kW) + Bonus (1ère installation d'un système de distributions de chaleur): CHF 3000.- + CHF 400.-/kW
M-08 Installations solaires thermiques	CHF 1'200.- + CHF 500.-/kW
M-12 Rénovation Minergie (version 2017) HPE - Rénovation (version 2019) (Non cumulable avec M-01 à M10)	Immeuble collectif CHF 105.-/m2 SRE + bonus Eco CHF 10.-/m2 SRE. Bonus AMO En MI 06 et MI 16
M-12 Rénovation Minergie-P (version 2017) THPE - Rénovation (version 2019) (Non cumulable avec M-01 à M10)	Immeuble collectif CHF 135.-/m2 SRE + bonus Eco CHF 10.-/m2 SRE. Bonus AMO En MI 06 et MI 16
MI-16 Recours à un AMOén (Assistant Maîtrise d'Ouvrage Energie) bonus lié à l'atteinte des résultats de performance énergétique (cumulable avec MI-06, M-10 ou M-12)	Immeuble collectif CHF 10.-/m2 SRE

Tableau 2. Programme de subvention GEnergie2050 relatif à la rénovation

➤ **Assainissement des éléments du bâtiment (norme SIA et art. 56 RCI)**

Concernant les **éléments opaques**, lors de l'assainissement énergétique d'un bâtiment, deux méthodes de calculs sont possibles pour justifier du respect des valeurs cibles et des exigences sur la performance thermique de l'enveloppe (valeurs U) telles que définies par la SIA 380/1 :

- La **justification globale** qui est l'évaluation de la performance globale dans le cadre d'un assainissement total de l'enveloppe.
- La **justification ponctuelle** qui est l'évaluation de la performance ponctuelle des éléments existants, nouveaux et transformés dans le cadre d'une rénovation partielle.

Eléments d'enveloppe contre éléments	Valeurs limites U_i en W/(m ² ·K) avec justificatif des ponts thermiques		Valeurs limites U_i en W/(m ² ·K) sans justificatif des ponts thermiques	
	Extérieur ou enterrés à moins de 2 m	Locaux non chauffés ou enterrés à plus de 2 m	Extérieur ou enterrés à moins de 2 m	Locaux non chauffés ou enterrés à plus de 2 m
Éléments opaques - toit, plafond - mur, sol	0,20	0,25 0,28	0,17	0,25
Éléments opaques avec système de chauffage intégré	0,20	0,25	0,17	0,25

Tableau 1. Valeurs limites des coefficients de transmission thermique U des éléments opaques pour une température ambiante de 20°C (source : norme SIA 380/1 édition 2016)

Concernant **les fenêtres et embrasures**, selon l'art. 56A du RCI al. 2 (Règlement d'application de la loi sur les constructions et les installations diverses), « les embrasures en façade (vitrages, cadres de fenêtres, caissons de store, etc.) donnant sur des locaux chauffés des constructions existantes doivent être mises en conformité lorsque leur coefficient de transmission thermique U est égal ou dépasse 3.0 W/m²K.

➤ **CECB**

Le Certificat énergétique cantonal des bâtiments (CECB®), permet de classer les bâtiments du point de vue énergétique de manière identique dans toute la Suisse depuis 2009.

Il évalue l'efficacité énergétique de l'enveloppe d'un bâtiment et la quantité d'énergie que ce bâtiment consomme dans le cadre d'un usage standard.

Il classe le bâtiment dans l'une des classes d'efficacité énergétique qui vont de A à G (de la plus élevée à la plus basse) en fonction des besoins en énergie déterminés.

Par rapport à la version de base le CECB® Plus propose un rapport complet sur les possibilités de rénovation du bâtiment. Ce rapport comporte jusqu'à trois variantes de rénovation et un calcul des coûts et du financement.

Le CECB® est obligatoire pour toute vente dans les cantons Fribourg (07/2014), et de Vaud (01/2017). Dans ce dernier il est aussi demandé en cas de remplacement de chaudière à mazout, à gaz ou au charbon.

A Genève, où il n'est pas encore obligatoire, les services cantonaux de l'énergie exigent un CECB® complet pour octroyer des subventions supérieures à CHF 10'000. Dans ce cas, le diagnostic du bâtiment selon CECB® Plus sera alors subventionné à concurrence de 1500.

Classe	Efficacité de l'enveloppe du bâtiment	Efficacité énergétique globale
A	Excellente isolation thermique (toit, façade, cave), fenêtres avec triple vitrage (par ex. Minergie-Pl)	Installations techniques du bâtiment à haut rendement pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire, éclairage et équipements efficaces; utilisation d'énergies renouvelables et production propre d'électricité (par ex. Minergie-AI)
B	Nouvelles constructions satisfaisant aux critères de la catégorie B selon la législation en vigueur	Enveloppe et installations techniques conformes aux standards des nouvelles constructions, utilisation d'énergies renouvelables (par ex. modèles de rénovation Minergie)
C	Bâtiment ancien dont l'enveloppe a subi une réhabilitation complète (par ex. avec modèles de rénovation Minergie)	Bâtiment entièrement réhabilité (enveloppe et installations techniques), le plus souvent combiné avec l'utilisation d'énergies renouvelables
D	Bâtiment ancien ayant bénéficié ultérieurement d'une bonne isolation, mais avec des ponts thermiques subsistants	Bâtiment largement réhabilité, avec toutefois des lacunes manifestes, ou sans recours à des énergies renouvelables
E	Bâtiment ancien dont l'isolation thermique a été améliorée, y.c. avec nouveaux vitrages isolants	Bâtiment ancien partiellement rénové, avec par ex. nouveau générateur de chaleur et évent. de nouveaux appareils et éclairage
F	Bâtiment partiellement isolé thermiquement	Bâtiment avec divers nouveaux éléments (enveloppe du bâtiment, installations techniques, éclairage, etc.)
G	Bâtiment ancien sans isolation ou avec une isolation ultérieure insuffisante, avec fort potentiel de rénovation	Bâtiment ancien avec installations techniques dépassées, sans énergies renouvelables, et avec fort potentiel d'amélioration

Figure 5. Classes énergétiques (source : [Nehö](#))

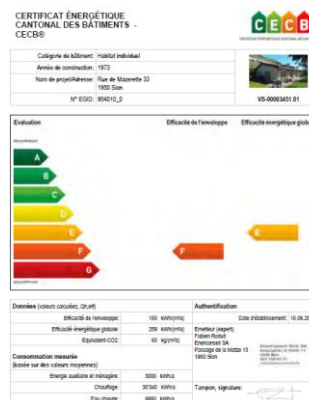


Figure 6. Exemple de certificat (source : SuisseEnergie, 2019)

Etat des obligations et des subventions pour l'année 2016							
Obligation d'établir un CECB							
Vente d'un bien immobilier			✓		✓		
Nouvelle installation au gaz ou mazout			✓				
Pose de capteurs solaires thermiques							✓
Montant des subventions (2016)							
Certificat CECB®Plus	Habitat individuel	750.- ¹⁾	1'000.-	700.-			
	Habitat collectif	1'500.- ²⁾	1'500.-	1'000.-			

¹⁾ Habitat jusqu'à 4 logements et petits bâtiments jusqu'à 500 m²
²⁾ Habitat dès 5 logements et autres bâtiments de plus de 500 m²

Figure 7. Obligations et subventions CECB selon les cantons.

➤ **LDTR – Loi cantonale sur les démolitions, transformation, rénovations – Contrôle des loyers et BPC**

La LDTR, (Loi sur les démolitions, transformations et rénovations) traite de quatre problématiques distinctes : les démolitions, les changements d'affectation, les transformations et rénovations et enfin

la vente en PPE d'appartements qui étaient auparavant loués. Ici, seule la partie de la loi concernant les transformations et rénovations nous intéresse.

En cas de rénovation d'un bâtiment locatif soumis à la LDTR, un certain nombre de mesures d'optimisation énergétique peuvent être répercutées sur le montant du loyer pour autant que l'on ne dépasse pas le plafond fixé par la LDTR (3'528 CHF par pièce et par année en 2022). Il s'agit des mesures visant à :

- Une utilisation rationnelle de l'énergie
- L'utilisation des énergies renouvelables
- Une réduction des pertes énergétiques de l'enveloppe du bâtiment
- Une réduction des émissions des installations techniques
- Le remplacement d'appareils ménagers à forte consommation d'énergie par des appareils à faible consommation.

Lorsque le loyer avant travaux est supérieur au plafond LDTR, la hausse de loyer après travaux ne peut pas dépasser la baisse prévisible des charges (BPC) du locataire résultant de l'amélioration énergétique, à laquelle peut être ajoutée la contribution énergétique (cf. barres c et d du graphique ci-contre Figure 6).

Lorsque le loyer avant travaux est inférieur au plafond LDTR, le loyer après travaux ne pourra pas excéder ce seuil (barre a), auquel pourront être ajoutées la baisse prévisible des charges (BPC) du locataire, résultant de l'amélioration énergétique du bâtiment, et la contribution énergétique (barre b).

La contribution énergétique de 10 francs par pièce et par mois ne peut être ajoutée que si le coût des travaux lié aux améliorations énergétiques n'est pas entièrement compensé par la baisse prévisible des charges.

Enfin, lorsqu'un propriétaire rénove ou transforme un appartement au-delà de l'entretien courant, l'administration cantonale va fixer le loyer de l'appartement pour une période de trois ans. Ainsi, après travaux, le loyer ne pourra pas dépasser une fourchette située entre 2'536.- et 3'405.- voir ci-dessus par pièce et par année (*montant auquel s'ajoute encore la BPC et la contribution énergétique si applicable*), soit, pour un appartement de 4 pièces, entre 845.- et 1'135.- par mois, charges non comprises.

➤ LCI – loi cantonale sur les constructions et installations diverses

Autorisation de construire

La loi cantonale sur les constructions et les installations diverses (LCI) stipule (art.1) que toute modification du volume (même partielle), de l'architecture, de la couleur, de la distribution, de la destination d'une construction requiert une autorisation de construire, délivrée par le canton.

Cette disposition signifie implicitement qu'en dehors des travaux d'entretien courants, presque toute intervention sur un édifice, notamment les rénovations énergétiques globales, implique l'obtention d'une autorisation de construire.

Pour les travaux de moindre importance (constructions de peu d'importance, telles la création d'une lucarne ou l'installation de panneaux photovoltaïque en toiture), l'autorisation de construire peut être demandée en procédure accélérée (APA).

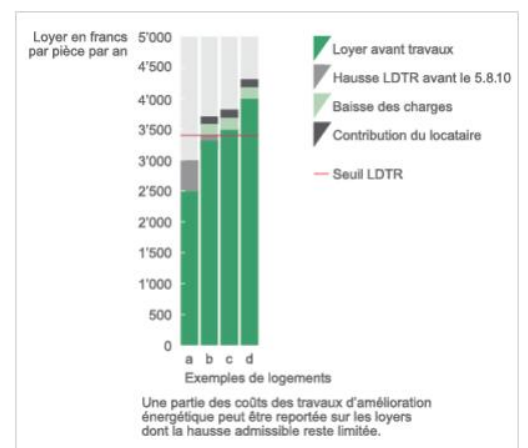


Figure 8. Exemple d'application de la BPC sur le loyer selon la LDTR

Les autres demandes d'autorisation, sont traitées selon la procédure ordinaire.

La loi prévoit également (art. 6) que la direction des travaux dont l'exécution est soumise à autorisation de construire doit être assurée par un mandataire professionnel qualifié (MPQ).

Dans le cas d'une rénovation, soumise à la LDTR, le demandeur doit fournir le calcul de la baisse prévisible des charges (BPC) afin de pouvoir bénéficier de l'adaptation des loyers liée à la rénovation énergétique.

Le [fichier BPC](#) doit être rempli par le requérant et validé par HEPIA sur mandat de l'OCEN avant d'être joint à la demande d'autorisation pour la rénovation en question.

Energie grise

Le grand Conseil a adopté en décembre 2021 un amendement de la LCI (Loi sur les constructions et installations diverses) consistant à encourager le emploi de matériaux de déconstruction et à faire calculer l'empreinte carbone des construction, transformations et rénovations, pour les projets importants.

Les détails d'application ne sont pas encore connus mais cette disposition implique qu'une pesée d'intérêt devra être faite lors des projets de rénovation pour estimer le gain net en émission de GES, en tenant compte de l'énergie grise contenue dans les nouveaux matériaux mis en œuvre, et en s'assurant qu'elle est inférieure aux gain énergétiques d'exploitation en cycle de vie.

3.2 Notions théoriques sur la rénovation et transition énergétique du parc bâti

3.2.1 Transition énergétique du parc bâti

La transition et l'efficacité énergétiques du parc bâti portent aussi bien sur des interventions visant à abaisser l'indice de consommation (optimisation des installations techniques et amélioration de l'enveloppe) que sur la substitution des systèmes d'alimentation à base d'énergies fossiles par des solutions renouvelables (fuel switch).

La rénovation de l'enveloppe constitue le principal pilier d'abaissement des consommations. Cependant, même si un taux de rénovation énergétique ambitieux est adopté dans le cadre de la politique énergétique cantonale (2.5% par an en 2030 et 4% en 2050 au lieu de 0.5 à 1% actuel), cela ne suffira pas à atteindre les objectifs de réduction des émissions de CO₂. Dans ce cadre, le défi de la transition énergétique consiste, à l'échelle des bâtiments et quartiers, à combiner efficacité énergétique (rénovation et comportements sobres) et développement de systèmes énergétiques « intelligente » selon l'approche des Smart Cities qui prend de plus en plus d'ampleur (Cherix et Capezzali, 2013).

Les figures ci-dessous, proposées par l'OCEN à Genève, illustrent ces différents cheminements et arbitrages qui s'établissent à deux niveaux. Il y a des tensions d'une part entre l'efficacité de l'enveloppe thermique (impliquant des processus de rénovation) et la part de renouvelable dans les systèmes énergétiques, d'autre part entre l'utilisation rationnelle de l'énergie (priviliégiant la chaleur et le travail pour des ressources à haute qualité énergétique) et la part de renouvelable dans les systèmes. Le cheminement idéal se situe au croisement de ces deux approches, d'autant plus que des filières renouvelables, la plupart du temps fonctionnant à basse température sont plus en phase avec des enveloppes de bâtiment performantes, ce qui va de soi pour les nouvelles constructions et les bâtiments rénovés (selon le « degré de rénovation »).

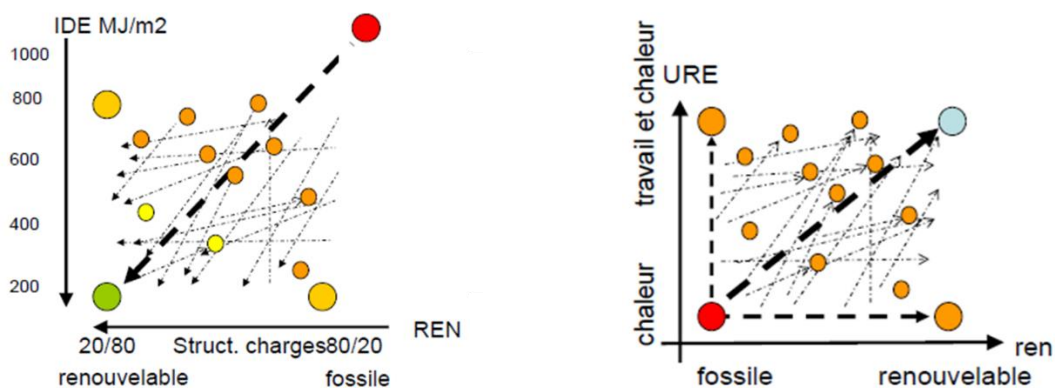


Figure 9. Cheminements possibles pour atteindre les objectifs énergétiques et climatiques : à gauche efficacité de l'enveloppe thermique vs part renouvelable des systèmes énergétiques, à droite qualité exergétique du système vs part renouvelable des systèmes énergétiques (source : OCEN)

Enfin, en complément de la rénovation de l'enveloppe, l'abaissement de la consommation peut être obtenu de façon aisée avec très peu d'investissement en :

- Optimisant les installations techniques du bâtiment (ventilation, réglage et optimisation du chauffage), impliquant généralement un suivi et monitoring régulier des installations ; cela permet souvent de réduire les consommations de l'ordre de 15%.
- Sensibilisant les usagers et travaillant sur leur comportement (éco-gestes), visant en particulier à limiter la température de chauffage autour de 20 à 21°C (on estime généralement une économie de l'ordre de 7% par degré abaissé) alors qu'elle est plus souvent réglée à 22-23°C.

A travers ces mesures relativement simples, des économies d'énergie de l'ordre de 30% peuvent être atteintes, selon les bâtiments et contextes particuliers.

3.2.2 Sortie du fossile et solutions d'approvisionnement

Le contexte de l'urgence climatique nécessite une sortie rapide des énergies fossiles (gaz, mazout) pour le chauffage des bâtiments, en particulier ceux existants qui constituent la grande majorité du parc bâti actuel et futur.

Pour cela les filières renouvelables suivantes doivent être encouragées lors du remplacement des chaudières fonctionnant aux énergies fossiles :

- Raccordement à l'un des **réseaux CAD structurants** développés par les SIG utilisant en grande majorité des énergies de rejet et renouvelables ; cette solution est particulièrement adaptée pour les bâtiments existants qui nécessitent généralement des niveaux de température moyens à élevés (50 à 80°C) pour le chauffage, en attendant d'être rénovés et baisser ainsi les besoins en température.
- Remplacement des chaudières par des **pompes à chaleur électriques** utilisant comme source froide l'air extérieur, le sous-sol via des sondes géothermiques, l'eau de nappe ou de surface (telle que GéniLac®). Le coefficient de performance (COP) déterminant les besoins électriques sera d'autant plus élevé que la température de la source froide est élevée et que la température de chauffage est faible. Ainsi, l'installation de PAC fait du sens lorsque l'enveloppe du bâtiment est déjà rénovée ou est l'est en même temps que le remplacement des installations de production de chaleur, en particulier dans le cadre des immeubles de logements collectifs. Sinon, le COP risque d'être faible (proche de 1 dans les jours les plus froids) et les besoins électriques très importants. Enfin, le couplage PAC et **panneaux solaires PV** est à encourager, permettant de produire localement une partie de l'électricité nécessaire au fonctionnement de la PAC. Cela permet ainsi d'améliorer le taux d'autoconsommation et donc la rentabilité des panneaux solaires.
- Système bivalent (PAC-fossile) à développer si on pense que c'est une solution valable et si la réglementation à Genève le permet.
- Lorsque le bâtiment de logements est encore alimenté par une chaudière au gaz ou mazout, il peut être avantageux d'installer des **panneaux solaires thermiques** permettant de produire une partie de l'eau chaude sanitaire (compter en général 1 à 1.5 m²/habitant), en particulier à mi-saison et en été, et d'abaisser la consommation en énergie fossile.

En parallèle, les filières du gaz misent sur l'augmentation de la part de **biogaz** dans le réseau, avec un objectif de 30% d'ici 2030 selon l'industrie suisse du gaz. Ce biogaz est produit d'une part par la filière de la biomasse, d'autre part par celle du Power-to-Gas, permettant de valoriser l'électricité solaire excédentaire pour fabrication de l'hydrogène par électrolyse. Cet hydrogène est utilisé ensuite pour fabriquer du méthane de synthèse en captant le CO₂ de biomasse (boues d'épuration) selon un procédé mis au point par l'Institut Paul Scherrer⁷.

Enfin, la **biomasse** comme combustible (bois en particulier) reste également une filière possible mais dans le cadre d'une production centralisée de chaleur (permettant un meilleur filtrage des particules) et d'une distribution par un réseau CAD. Les installations individuelles (chaudières à pellets, plaquettes) sont de plus en plus proscrites par les institutions publiques (comme le SABRA à Genève), dans les zones urbaines, y compris centres villageois, pour des questions de qualité de l'air et de santé publique.

⁷ <https://www.energie360.ch/fr/energie360/references/power-to-gas/>

Le **cadre institutionnel et réglementaire** vu à la section 3.1 va dans le sens d'une sortie progressive du fossile dans le parc bâti existant, à des degrés divers :

- MOPEC 2014 : l'art. 1.29 (Section F) stipule que « lors du remplacement de l'installation de production de chaleur d'un bâtiment d'habitation existant, celui-ci doit être équipé de manière à ce que la part d'énergies non renouvelables n'excède pas 90 % des besoins globaux ». Nous remarquons que cette exigence est peu ambitieuse, datant de 2014, et ne suffira pas à satisfaire les attentes au niveau du climat.
- Loi cantonale sur l'énergie (L 2 30) : le Conseil d'Etat peut imposer qu'un bâtiment existant se raccorde à un réseau CAD structurant s'il fait l'objet de transformations importantes ou si les installations de production de chaleur sont renouvelées ou modifiées (art. 22). Des subventions sont mises à disposition par l'Etat de Genève dans le cadre de la plateforme GEnergie2050.
- Règlement d'application de la loi cantonale sur l'énergie (REn, L2 30.01) : dans le cadre d'une rénovation selon le standard THPE, les capteurs solaires thermiques doivent couvrir au minimum 50% des besoins d'ECS, et l'alimentation principale en chaleur doit provenir d'énergies dont la part d'énergies non fossiles et locales est d'au moins 80% (art. 12 C, al. 3).
- Plan directeur de l'énergie 2020-2030 : la fiche d'action 2.2 (p. 86) préconise d'introduire dans la future loi sur l'énergie « l'interdiction d'installer, de modifier ou de renouveler des systèmes de chauffage fossile, et proposer un ultime délai, à inscrire dans la loi, pour le fonctionnement des chaudières fossiles en exploitation ».

Il convient de noter enfin que le projet de nouvelle Loi fédérale CO2 rejeté lors de la votation de juin 2021 prévoyait de limiter les émissions de CO₂ à 20 kg/m² en cas de renouvellement des installations dès 2023. Nul doute qu'une telle exigence, relativement indépendante de la problématique politiquement plus sensible des taxes, reviendra sur la table lors des prochaines discussions sur la révision de la Loi.

Ce qui précède, en particulier le PDE 2030 et la future révision de la loi sur l'énergie, démontre les attentes importantes en matière de sortie du fossile pour le bâti existant que ce soit à travers le remplacement des installations existantes par celles utilisant les énergies renouvelables, ou par le raccordement aux réseaux CAD majoritairement non fossiles.

3.2.3 Notions globales sur la rénovation énergétique

La rénovation énergétique signifie intervenir sur le bâtiment dans le but de réduire ses émissions de CO₂, en limitant les pertes de chaleur et/ou en remplaçant les systèmes de production de chaleur par des systèmes à énergie renouvelable ou en se connectant à un chauffage à distance. Elle peut être accompagnée par une mise à neuf totale ou partielle des logements, des modifications typologiques ou encore une densification (par exemple une surélévation), pour profiter d'économies d'échelle sur les frais fixes, concentrer les nuisances dans le temps et maximiser la plus-value pour l'immeuble.

En plus de limiter les pertes de chaleur, la rénovation énergétique va permettre d'améliorer le confort des appartements (humidité, ventilation, rayonnement, acoustique) tout en diminuant les charges liées à la production de chaleur. Cette amélioration du confort et baisse des charges va de pair avec la lutte contre la précarité énergétique et sociale dans certains quartiers.

La rénovation porte sur les éléments opaques et les embrasures. Elle vise non seulement à améliorer les valeurs U des éléments d'enveloppe à travers l'isolation et le remplacement de certains matériaux vétustes et peu performants, mais aussi de corriger et abaisser au minimum les points thermiques. Elle ne se réduit donc pas à des mesures d'entretien courant (visant à maintenir la valeur du bâtiment) qui n'ont pas d'incidence au niveau énergétique.

Le rapport eREN (2016, p. 45-46) fait l'inventaire, sous la forme de check-list, des éléments d'enveloppe considérés dans la rénovation. En résumé, l'isolation porte sur :

- La toiture ou le plancher des combles,
- Les balcons ou les terrasses d'attiques,
- Les planchers sur sous-sol ou terrain,
- Les façades (isolation intérieure ou extérieure, embrasures et fenêtres).

Le rapport eREN relève le manque fréquent de considération et la méconnaissance de la physique du bâtiment lors des projets de rénovation (ponts thermiques, détails des raccords, ventilation, humidité, condensation et moisissures), ce qui pour conséquence de provoquer des dégâts sans forcément garantir l'atteinte d'une amélioration de l'efficacité énergétique.

L'attention doit porter en particulier sur deux phénomènes.

Premièrement, les ponts thermiques correspondent aux endroits de l'enveloppe thermique ayant des déperditions thermiques supplémentaires par rapport aux pertes considérées à travers les différents éléments de construction. Les pertes sont calculées en fonction de la valeur U de ces éléments, en les considérant comme indépendants les uns des autres (eREN, 2016). Le plus souvent, les ponts thermiques se créent au niveau des murs, de la toiture, des plafonds et ouvertures vers l'extérieur comme les portes ou les fenêtres. Une fois identifiés, la solution est d'atténuer leur pouvoir de nuisance thermique en isolant la ou les parties impliquées, dans leurs formations.

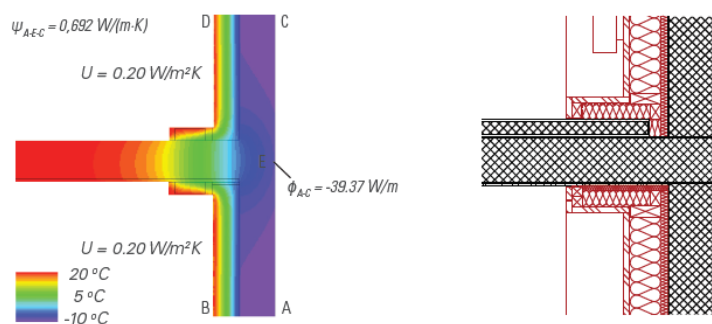


Figure 10. Intervention par isolation intérieure, illustration des températures au raccord de la dalle à la façade (gauche), tenant compte de l'installation de retours d'isolation au niveau du plancher et du plafond pour limiter les ponts thermiques (droite). Source : eREN, 2016.

Deuxièmement, l'humidité est un autre phénomène très sensible. Lorsque l'isolation est mal effectuée et qu'il subsiste des ponts thermiques, cela engendre des températures de surface intérieure relativement faibles et cause l'apparition de condensation puis de moisissure (humidité superficielle). De plus, certains détails de construction peuvent présenter des risques d'humidité interstitielle, à savoir de condensation intérieure à l'interface entre les différents matériaux pouvant amener à leur dégradation sans qu'elle ne puisse être repérée. On recourt généralement à des systèmes de pare-vapeur qui sont délicats à installer.

Ces phénomènes doivent impérativement être traités correctement pour éviter que la rénovation ne crée plus de problème qu'elle n'en résout. Une modélisation dynamique des phénomènes thermiques en 3D peut s'avérer utile à ce titre.

3.2.4 Approche constructive et architecturale

Lors d'une démarche de rénovation énergétique d'un bâtiment, il importe de relever les caractéristiques constructives particulières du bâtiment et de son architecture, qui vont orienter la stratégie de rénovation à adopter (rénovation globale, partielle de l'enveloppe, intervention limitée aux installations techniques, etc.). Le projet eREN (2016) préconise une approche globale et met particulièrement en garde contre une homogénéisation des pratiques de la rénovation qui ont tendance à isoler systématiquement les façades par l'extérieur par une isolation périphérique en

polystyrène expansé (alors que ce matériaux pose en soi bien des questions quant à sa longévité et son cycle de vie), recouvrant et masquant les détails architecturaux, ou encore remplacer les fenêtres d'origine en bois par des cadres de rénovation en PVC blanc à durée de vie limitée, sans égard pour la matérialité de la façade et ses qualités sensibles. Ces interventions peu réfléchies, même si elles peuvent être efficaces sur le plan énergétique et représentent la variante le meilleur marché, risquent d'affecter la valeur architecturale et culturelle du bâtiment et quartier.

Ainsi, le projet eREN identifie trois types d'intervention tenant compte des caractéristiques architecturales :

- 1 Isolation par l'intérieur / préserver les caractéristiques : tout en étant très délicate au niveau de la physique du bâtiment, l'isolation par l'intérieur permet de préserver les caractéristiques des façades complexes.
- 2 Isolation par l'extérieur / reconstruire les caractéristiques : cela concerne les bâtiments contigus avec des façades moins complexes. De même, les façades rideau préfabriquée peut être remplacée par des matériaux performants sur le plan énergétique ayant les mêmes caractéristiques visuelles que les matériaux originaux.
- 3 Modifier l'image : dans certains cas, la qualité de la construction justifie un changement complet de l'image pour atteindre les exigences énergétiques voulues, à travers par exemple la fermeture des balcons.

En complément de la rénovation, l'accès aux techniques du bâtiment doit être facilitée et bien documentée (plans). Un système de chauffage clair et bien répertorié dans le bâtiment permettra d'intervenir directement sans devoir retracer et chercher où les techniques sont réparties dans le bâtiment.

Quel que soit l'approche architecturale considérée, la planification des travaux sera facilitée lorsque les bâtiments présentent des typologies d'appartement communes et systématiques (même disposition des pièces, emplacements alignés des salles d'eau, cuisine, et donc des gaines de ventilation, etc.

3.2.5 Patrimoine et rénovation énergétique

La préservation des caractéristiques architecturales soulevée à la section précédente fait directement écho à la question du patrimoine.

Lors d'une rénovation énergétique, la question du patrimoine est quasiment omniprésente. En effet, les bâtiments à rénover témoignent souvent d'une époque emblématique de l'histoire de l'architecture et du développement de la ville. Au-delà des monuments exceptionnels, le tissu urbain est fait de strates historiques qui composent son visage et constituent des repaires. A l'heure où la société est en perte de repaire, il serait néfaste de négliger cet aspect.

Les bâtiments à protéger sont recensés en fonction de leur qualités architecturales et historique et certaines exigences doivent être respectées lors d'un projet de rénovation ou transformation les concernant. Certains bâtiments non recensés individuellement font partie de plans de site ou d'ensembles historique qui impliquent également un certain degré de protection.

Le recensement du Canton de Genève (en cours depuis 2015) comprend différentes appréciations concernant la qualité architecturale des immeubles recensés. Par exemple, dans le cas de la rénovation énergétique d'une façade à caractère patrimonial, il faudra respecter des critères imposés par le Service des monuments et sites (SMS) tout en améliorant la performance énergétique du bâtiment. La solution sera souvent celle d'un compromis entre exigences énergétiques et patrimoniales.

Afin de mieux cerner la problématique, des séances de concertations avec le SMS peuvent permettre d'éclaircir en amont ses attentes dans le but de s'orienter dans ce sens dès le début du projet en prévision de la demande d'autorisation.

A Genève, les bâtiments présentant un intérêt patrimonial reconnu par le SMS peuvent être consulté sur le [géoportail](#) du canton.

Il existe plusieurs types de classement, répertoriés ci-dessous par ordre décroissant de degré de protection.

Tout d'abord les 'Mesures de protection' qui concernent :

- Les bâtiments et objets classés (bâtiments, objets, parcelles)
- Les bâtiments et objets inscrits à l'inventaire (bâtiments, objets, parcelles)

Les périmètres protégés bâtis ou naturels (zones protégées, périmètres naturels protégés, plans de site, règlements spéciaux).

Deuxièmement, tous les bâtiments du canton qui font l'objet de 'Recensements architecturaux' soit généraux, soit spécifiques en lien avec un type d'architecture (Recensements Honegger, Addor), une activité (patrimoine industriel), ou une époque (Recensement des ensembles maintenus XIX-XXe)

Ces bâtiments sont recensés selon quatre niveaux d'intérêt :

- Exceptionnel
- Intéressant
- Intérêt secondaire
- Sans intérêt

En résumé, les bâtiments qui font soit l'objet de mesures de protection, soit d'un recensement ayant un intérêt marqué (Exceptionnel, Intéressant) impliqueront des précautions particulières, en matière de rénovation énergétique ou d'installation de panneaux solaires, qu'il s'agira de discuter avec le SMS ou avec la commission d'architecture. Le SMS sera appelé à préavis sur les autorisations de construire relatives projet de rénovation des immeubles recensés avec la mention exceptionnelle, alors que les bâtiments recensés avec une note moindre seront examinés par la commission d'architecture.

La difficulté provient du fait que le service et la commission concernés ne s'engageront probablement pas sur un préavis ferme avant la dépose d'une demande définitive (DD), ce qui implique que le propriétaire devra investir dans des études relativement poussées sans pouvoir obtenir la certitude de la conformité patrimoniale de son projet avant un stade relativement avancé du projet.

Malgré ces cautions, consulter les instances patrimoniales en amont d'une DD permettra sans doute d'aller dans la bonne direction et d'éviter les mauvaises surprises.

A ce titre, l'ensemble du Lignon⁸ de l'architecte Georges Addor ainsi que l'ensemble de Carl Vogt⁹ des frères Honegger ont fait l'objet d'une analyse pilote par le laboratoire TSAM-EPFL dans l'optique de rénover énergétiquement ces immeubles tout en respectant leur caractère architectural, analyse qui a été validée tant du côté de l'énergie que du patrimoine.

Ces exemples montrent qu'il est tout à fait possible d'améliorer sensiblement la performance énergétique, à travers des mesures ciblées (fenêtres, ponts thermiques, toiture) sans pour autant dénaturer les façades extérieures par des isolations périphériques. Néanmoins, la rénovation n'étant pas globale, il n'est pas toujours possible dans ces conditions d'abaisser les indices de consommations au niveau attendu par HPE ou Minergie® rénovation notamment.

⁸ <https://www.espazium.ch/fr/actualites/renovation-dun-monument>

⁹ <https://www.espazium.ch/fr/actualites/60x602-une-demarche-innovante-pour-la-sauvegarde-de-la-cite-carl-vogt>

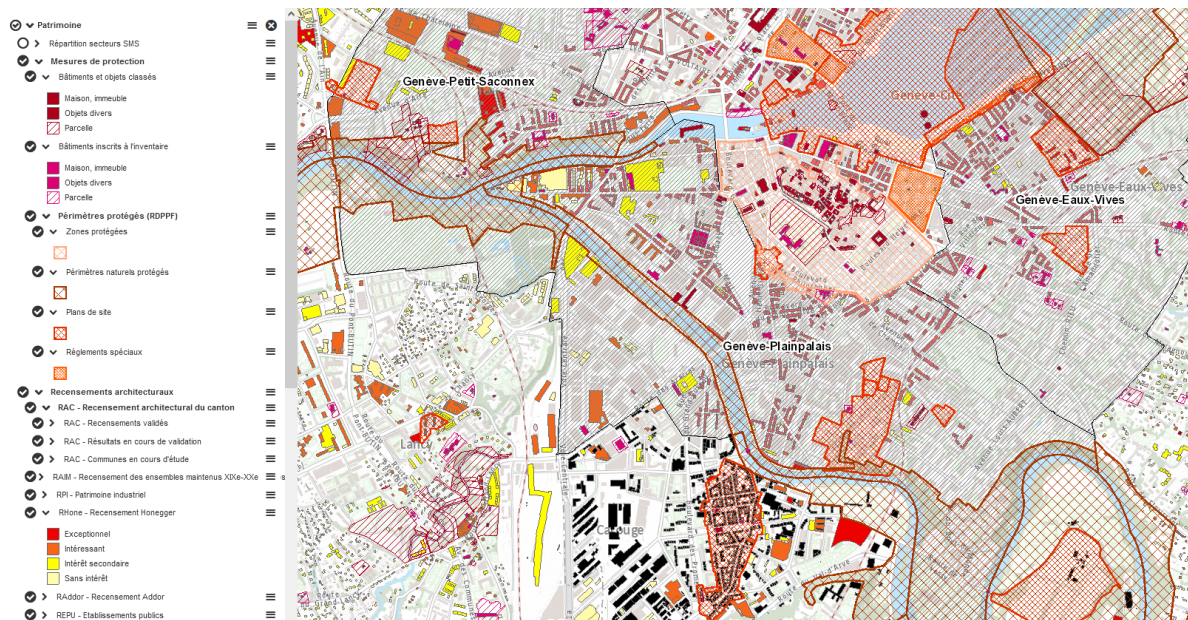


Figure 11. Extrait du géoportail (SITG) sur la couche du patrimoine.

3.2.6 Echelle et stratégie d'intervention

L'ampleur et la complexité d'une rénovation énergétique seront différentes selon l'échelle d'intervention et le fait d'avoir un ou plusieurs propriétaires concernés par un projet.

Ainsi nous distinguons deux types d'échelle d'intervention.

L'intervention sur un bâtiment ou une allée (EGID) appartenant à un seul propriétaire

Cette intervention concerne un bâtiment entier (plusieurs allées, entrées ou adresses) ou une seule allée appartenant dans les deux cas à un seul propriétaire.

Dans ce cas, l'intervention peut se focaliser sur les aspects techniques de réalisation (sans oublier les aspects sociaux et la relation avec les locataires), sans nécessiter un effort de coordination particulier, du fait d'un propriétaire unique.

L'intervention ponctuelle sur une seule allée d'un immeuble en comprenant plusieurs peut entraîner cependant une discontinuité de la transformation d'un bâtiment entier, ce qui, au mieux, est regrettable, au pire rend le projet infaisable. En conséquence, il doit être envisagée une intervention mutualisée à l'échelle de tout le bâtiment, telle que discutée ci-dessous.

Intervention sur ensemble d'allées (EGID), d'immeubles ou sur un quartier appartenant à plusieurs propriétaires (le cas des PPE n'est pas traité ici).

Ce type d'intervention porte sur un bâtiment entier à plusieurs allées voire un quartier ou ensemble comprenant plusieurs bâtiments, en présence de plusieurs propriétaires.

Cette situation nécessite un effort de coordination et de concertation particulier entre propriétaires en vue d'une intervention commune et cohérente. Il s'agit alors pour les propriétaires de se convaincre des bénéfices en lien avec une mutualisation des travaux.

Une intervention commune se justifie particulièrement sur les aspects suivants :

- Economies d'échelle : les coûts unitaires et les frais fixes sont logiquement abaissés par rapport à des interventions séparées, d'autant plus si l'architecture est similaire d'une allée à l'autre, ou d'un bâtiment à l'autre.

- Rénovation et isolation : éviter des discontinuités architecturales sur les façades liées à des interventions différenciées selon les allées (ou simplement présence, absence d'intervention selon les allées).
- Techniques du bâtiment : généralement les installations techniques sont communes à toutes les allées d'un bâtiment. Si le système de chauffage est centralisé à l'échelle du bâtiment, son renouvellement doit être pensé à cette échelle. L'approche par quartier ou ensemble de bâtiments présente l'avantage de pouvoir envisager une mutualisation de la production à cette échelle (réseau de chaleur, mutualisation des installations solaires).
- Coordination de la gestion des locataires, des relogements éventuels qui peuvent être organisés à l'échelle de tout le bâtiment.
- Une mutualisation peut être au bénéfice de la qualité des espaces publics et de leur accessibilité qui doivent être planifiés à l'échelle du quartier.

Mais les interventions mutualisées sont complexes et sont freinées par diverses barrières, en particulier :

- Gestion et entretien différencié du bâtiment : selon les interventions et mesures d'entretien réalisées par le passé, les besoins des propriétaires ne sont pas nécessairement les mêmes. Ainsi, si un propriétaire vient d'entreprendre des travaux de rénovation dans son immeuble, il aura tendance à être plus réticent à refaire des travaux mutualisés avec les autres propriétaires.
- Stratégie différenciée d'intervention : certains propriétaires peuvent décider d'entreprendre une rénovation globale qui vise à rénover l'ensemble du bâtiment, d'autres choisir d'intervenir par éléments ponctuels.

Quelle intervention choisir ? – l'intervention globale et l'intervention échelonnée.

Deux stratégies peuvent être envisagées :

- Une rénovation échelonnée dans le temps qui consiste en une succession d'interventions isolées et ponctuelles visant à limiter les pertes thermiques ou remplacer les installations techniques.
- Une rénovation globale permettant de remettre le bâtiment aux normes énergétiques dans son ensemble et d'évoluer vers des sources renouvelables.

Le document publié par SuisseEnergie « Rénovation énergétique, guide pour les maîtres d'ouvrages » (2019) met en avant plusieurs arguments en faveur de la rénovation globale. Ils sont décrits ci-dessous.

Sur le plan fiscal, une intervention globale est intéressante. En effet, depuis 2020, les dépenses liées à une rénovation énergétique peuvent être réparties uniquement sur trois périodes fiscales consécutives ce qui empêche les investissements échelonnés sur plus de 3 ans. Dans le cas d'une rénovation échelonnée l'investissement sur le moment serait moindre mais réparti sur plusieurs années cela représenterait un montant supérieur au montant investi pour une rénovation globale en une fois.

De plus, la rénovation globale peut être la condition pour obtenir une subvention de la part des cantons.

Un assainissement global permet également une meilleure synergie entre les interventions. Par exemple, l'optimisation de l'enveloppe et le remplacement du système de chauffage peuvent être synchronisés et ainsi avoir un impact immédiat sur la consommation énergétique du bâtiment.

Une optimisation thermique de la façade sans remplacement du système de chauffage nécessitera un ajustement du système de chauffage actuel et si le système de chauffage est remplacé

indépendamment de l'optimisation de la façade, le nouveau système devra être surdimensionné par rapport au besoin réel du bâtiment lorsque la rénovation énergétique sera complète.

Dans tous les cas, il est essentiel de définir un concept d'ensemble afin d'assurer une cohérence entre les différentes étapes de construction quel que soit le type de rénovation entrepris.

Le projet eREN (2016) postule aussi clairement pour une rénovation globale, dans une approche interdisciplinaire, permettant d'atteindre le meilleur équilibre entre efficacité énergétique, aspects constructifs et de physique du bâtiment, économie, co-bénéfices et co-pertes et valeur patrimoniale.

Tous ces arguments plaident en faveur d'une approche globale, mais il convient toutefois de mentionner qu'une telle stratégie se heurte souvent à l'historique des bâtiments, qui ont en général subi au fil du temps une série de travaux de rénovation et d'entretien ponctuels. Ceci implique qu'il est pratiquement impossible de trouver une situation où les durées de vie respectives des différents éléments (façades, fenêtres, installations techniques) arrivent à échéance simultanément. Une rénovation globale impliquera donc de mettre au rebut certains éléments qui ne sont pas en fin de vie, ce qui a des implications tant financières qu'en terme d'énergie grise. La décision entre intervention globale (« remise à zéro de tous les compteurs ») et poursuite d'une stratégie d'interventions ponctuelles sera donc le résultat d'une pesée d'intérêt complexe.

3.2.7 Programmes et démarches en cours à Genève

Aux échelles fédérale, cantonale, communale, plusieurs programmes d'encouragement existent dans le but d'inciter les propriétaires à entreprendre une rénovation énergétique et ainsi réduire les émissions de CO₂ du parc bâti suisse. Une sélection de ces programmes sont présentés ci-dessous.

➤ Les subventions fédérales et cantonales

Comme présenté à la section 3.1, dans le cadre de la Stratégie énergétique fédérale 2050, la Confédération soutient la rénovation et la sortie du fossile à travers le Programme Bâtiments financé à hauteur de 450 mio CHF/an par la taxe CO₂. Ce fond est distribué aux cantons qui eux-mêmes complètent le fond fédéral, ce qui représente à Genève un total de 35 mio CHF/an (en 2021) pour la rénovation du bâti et la transition énergétique. Le programme de subventions est géré de façon conjointe entre l'Etat de Genève et les SIG-éco21, à travers la plateforme GEnergie2050.

➤ Les programmes d'accompagnements des propriétaires pour la rénovation énergétique à Genève

Dans le Canton de Genève, dans le cadre de la plateforme GEnergie20250, les programmes d'accompagnement sont portés par SIG-éco21. Ils visent à accompagner les maîtres d'ouvrages dans le but de diminuer la consommation énergétique ainsi que les émissions de CO₂ des bâtiments du canton.

Les types d'accompagnement sont illustré ci-dessous et consultable sur le site suivant de [SIG-éco21](#) :

GEnergie 2050 et éco21 : L'efficacité énergétique pour tous



Figure 12. Différentes actions du programme Eco 21 (source : SIG [lien](#))

Chaleur renouvelable et sortir du mazout

Le programme d'accompagnement « [chaleur renouvelable](#) » proposé par le canton de Genève en partenariat avec SIG-éco21 vise à remplacer les chaudières utilisant des énergies fossiles par des pompes à chaleur. Le propriétaire bénéficie dans ce cadre d'un devis gratuit auprès d'un ou plusieurs chauffagistes agréés par SIG-éco21 et d'une [subvention](#) pour l'installation de la PAC qui s'échelonne entre 3'000 et 23'000 CHF selon la puissance.

Deux communes genevoises, [Bernex](#) et Confignon, ont mis en place le programme **Sortir du mazout**, visant à soutenir les propriétaires dans le remplacement des chaudières fossiles, en proposant des subventions communales additionnelles aux subventions cantonales. A Bernex, le programme se déroule en deux étapes, premièrement un diagnostic de l'efficacité énergétique du bâtiment à travers le certificat CECB®Plus, l'installation d'un nouveau système de chauffage.

Eco21-immobilier AMOen / AMU

Dans le cadre du projet [éco21-immobilier](#), SIG propose un accompagnement des propriétaires et met à disposition son savoir-faire technique ainsi des conseils concernant la gestion des locataires.

La démarche Assistance à maîtrise d'ouvrage énergie (AMOen) consiste à mettre à disposition du propriétaire un spécialiste qui le conseille et l'accompagne sur tous les aspects énergétiques de son projet de rénovation. Par son expertise, il assure l'intégration de l'énergie dans toutes les phases des travaux. Le propriétaire bénéficie d'une [subvention](#) de 20 CHF par m²/SRE pour financer l'AMO, ainsi que d'avantages fiscaux supplémentaires en cas de projet ambitieux.

L'Assistance à maîtrise d'usage (AMU) met à disposition des locataires un expert pendant la durée du projet qui anime des ateliers participatifs, assiste les propriétaires et ses mandataires dans les relations avec les locataires avant, pendant et après les travaux et accompagne les locataires dans leur formation aux éco-gestes, indispensables pour l'atteinte de objectifs d'économie d'énergie (réduction du « users performance gap »). Le propriétaire bénéficie d'une [subvention](#) permettant de couvrir 80% des prestations de l'AMU. Ce service permet d'améliorer la cohésion sociale au sein de l'immeuble et garantir une meilleure utilisation du bâtiment par les habitants une fois les travaux terminés.

➤ Le concept du contracting énergétique (CPE par le biais de Swissesco)

Ce type d'accompagnement est proposé par SwissEsco sous la forme de "contrats à performance énergétique" (CPE). Ce type d'accompagnement propose une multitude de services dans le but de diminuer la consommation d'énergie du bâtiment. Il inclut également un système de financement qui

se base sur les économies d'énergie réalisées. Un [guide](#) pour accompagner les démarches CPE est mis à disposition par Swissesco (2021).

➤ **Communes-Rénove**

Le programme *Commune rénove* est issu du projet pilote Onex-Rénove initié en 2014. Le projet Onex-Rénove a permis d'augmenter le taux de rénovation du parc bâti de la commune d'Onex et figure comme un exemple pour d'autres projets « Commune-Rénove » actuellement en cours (Lancy rénove) et en développement dans le canton de Genève, ou en phase de développement dans le canton de Vaud, sur le modèle genevois, portés par Romande-Energie.

Onex-rénove

Le projet s'est déroulé en deux phases. La première s'est étendue de 2014 à 2015 et a permis de mettre au point un dispositif technique dans le but d'évaluer l'état des bâtiments et proposer des recommandations. La deuxième phase s'est déroulée de 2015 à 2017. Elle a consisté à organiser des workshops avec les différents acteurs (Ville d'Onex, OCEN, mandataires, propriétaires) ainsi qu'à l'accompagnement des propriétaires (Onex-Rénove, 2018).

Lancy rénove

Inspiré par la réussite d'Onex-Rénove, la ville de Lancy a lancé en 2019 le projet [Lancy Rénove](#). Il vise notamment à encourager, et accompagner, les propriétaires d'immeubles de la commune à rénover et à assainir leurs bâtiments. En effet, Lancy comme Onex fait partie des communes très urbanisées du canton, avec une majorité de bâtiments construits entre 1950 et 1990. Ce bâti, qui représente 59% de la surface énergétique du canton, est la principale cible du projet Lancy-Rénove en termes de rénovation et d'assainissement.

Comme à Onex, le projet Lancy-Rénove permet au propriétaire et régisseurs :

- De se doter d'un outil scientifique pour mieux évaluer l'état de leurs bâtiments sis sur la commune et les opportunités et risques d'une rénovation énergétique ;
- De rencontrer et échanger avec la commune, les offices cantonaux préavisateurs (OCEN, SABRA, OAC, etc.) et SIG-éco21 ;
- D'élaborer un projet de rénovation conforme aux objectifs d'efficacité énergétique cantonaux et communaux en partenariat avec les démarches AMOen et AMU de SIG-éco21.

Aujourd'hui, 80% de la chaleur consommée sur le territoire de Lancy est produite à partir d'énergie fossile non renouvelable. L'assainissement du parc bâti est donc l'occasion de substituer le fossile par le renouvelable notamment grâce aux réseaux thermiques structurants CADIOM et le CAD Palette qui sont en cours de déploiement sur la commune.

Les programmes Carouge rénove et Grand-Saconnex rénove ont eux été lancés début 2022.

Fiches d'orientation typologiques (Solution Rénovation SIG-éco21)

En amont des prestations qui visent à soutenir les propriétaires immobiliers dans leurs démarches de rénovation, SIG-éco21 met à disposition des « [fiches d'orientation typologique](#) » présentant les catégories principales de bâtiments-types que l'on trouve à Genève et des scénarios possibles de rénovation.

Elaboré par HEPIA, l'objectif de cet outil d'incitation est d'accompagner les propriétaires vers le déclenchement d'un projet concret de rénovation et de les aider à identifier et à évaluer les enjeux architecturaux, normatifs et énergétiques de leurs bâtiments.

Neuf types principaux de bâtiments sont identifiés, couvrant plus de 80% du parc immobilier genevois de logement collectif construit entre 1946 et 1990.

3.3 La rénovation énergétique du bâti, un objet de recherche des sciences sociales

La rénovation du bâti existant implique cinq catégories générales d'acteurs : les propriétaires, les régies, les mandataires (architectes, ingénieurs), les entreprises ainsi que les habitants. Le dispositif Assistant à Maitrise d'Usage (AMU) a progressivement été mis en place dans le but d'accompagner les habitants, d'accroître le nombre et la qualité des rénovations et, par conséquent, de réduire la consommation d'énergie thermique par ménage.

A travers ces éléments, la rénovation du bâti apparaît comme dépassant le cadre de l'ingénierie technique et se présente comme un vaste processus mettant en jeu plusieurs dimensions *sociales* car, comme le notent les chercheurs Jérôme Cihuelo et Arthur Jobert, « l'énergie, phénomène physique, devient phénomène social lorsqu'elle est saisie par des dispositifs techniques, traduite dans des agencements organisationnels et investie par des acteurs issus de différents mondes sociaux (Cihuelo et al., 2015, p. 12) ». En ce sens, l'accompagnement de la population est typique d'une situation d'interface entre différents mondes sociaux et donc entre plusieurs expériences individuelles et collectives.

Cette situation d'interface est sensible, aussi, au niveau des innovations organisationnelles qui, dans leur sillage, entraînent des modifications de la gouvernance territoriale. Inéluctablement soulevée par les projets de transition énergétique, la question de la gouvernance territoriale concentre à elle seule de forts enjeux sociaux tels que la coordination, l'asymétrie multi-partenariales, l'action collective, et la transformation des dispositifs. La complexité de ces phénomènes appelle, selon les recherches conduites par Hélène Rey-Valette *et al.* (2009), un cadre analytique propice à la compréhension du dialogue territorial, entendu comme « mode d'élaboration efficace des décisions concernant la bonne gestion des territoires et des biens communs, dans le respect du long terme et de l'intérêt général (Barret, 2003) ». Or, la rénovation énergétique se réalise plus souvent à la demande d'un tiers qu'à celle des habitants d'un immeuble et, plus largement, d'un quartier. Ces derniers, usagers principaux du bâti à rénover, voient alors leurs habitudes de vie bousculées. Si cette expérience met en jeu des motivations fortes (vétusté de l'immeuble, perception améliorée du lieu de vie, réaménagements intérieurs, préoccupation climatique), elle provoque aussi de profondes réticences (nuisances, crainte de l'augmentation des charges locatives). Que signifie alors être accompagné ? Quels processus sociaux et psychosociaux sont à l'œuvre dans l'accompagnement ? L'accompagnement peut-il relever de l'injonction ? Quel type de travail sur soi et sur autrui suggère l'accompagnement ? Qu'advient-il du rapport à soi dans le cadre de la transformation de son chez-soi *a fortiori* lorsque celui-ci est ancien ? De quelles manières la personne accompagnée peut-elle s'approprier, ou du moins co-construire, la démarche d'accompagnement ? Qu'en est-il alors de ce que l'on nomme communément « la résistance au changement » ?

Non-exhaustives, ces questions révèlent la complexité inhérente des effets techniques et matériels sur l'expérience collective et individuelle. Le dépassement du dualisme technologie / société au profit d'une approche relationnelle appelle alors une implication forte des sciences sociales afin de favoriser, d'une part, l'émergence d'une compréhension de la rénovation énergétique et de créer les conditions favorables à la production de connaissances théoriques supplémentaires d'autre part. En outre, pour Olivier Labussière et Alain Nadaï, il s'agit de « contribuer à mettre en débat les implications éthiques, politiques et sociales afin d'établir une feuille de route scientifique sur l'énergie qui soit spécifique aux sciences humaines et sociales (Labussière et Nadaï, 2015, p. 12) ».

Dans le monde anglophone, les sciences sociales s'intéressent, depuis le milieu des années 1970, à la question énergétique. Ces travaux, inscrits dans le sillage des chocs pétroliers, ont alors cherché à accompagner les mouvements écologistes naissants. Ce domaine de recherche est allé en se stabilisant, en s'autonomisant et en s'articulant autour de revues scientifiques importantes à rayonnement international. La force de ce domaine a été de parvenir à se situer, non seulement *en aval* des évaluations de projets, mais aussi *en amont* des prises de décision institutionnelle et politique.

Ainsi, ces travaux couvrent un vaste continuum de phénomènes sociaux étudiés les uns à l'aune des autres. Dans le monde francophone, les sciences sociales ont, quant à elles, accusé un certain retard qui tend, depuis deux décennies, à être rattrapé sous la pression d'une demande sociale renforcée. De là, notons que l'organisation de ce domaine d'étude s'articule, à ce jour, autour de cinq axes pluridisciplinaires majeurs : l'anthropologie des usages et des pratiques énergétiques, la sociologie urbaine, la sociologie du logement et de l'habitat, la sociologie des politiques publiques ainsi que la sociologie de la consommation et de la durabilité.

Ces recherches ont ceci d'intéressant qu'elles tendent à expliciter les conditions du passage vers un nouveau système énergétique. Elles s'emparent alors de notions clés et en déploient les significations sociales. Voici trois exemples de travaux représentatifs de cette démarche :

A travers l'article « Réduire la consommation énergétique des ménages par l'expérimentation : les Living Labs », Marlyne Sahakian, Laurence Godin et Grégoire Wallenborn mettent l'accent sur l'approche expérimentale et comportementale. Ainsi, ils cherchent notamment à identifier les conditions de reconfiguration des pratiques de consommation énergétique des ménages à partir de l'observation des interactions intersubjectives situées. Il en ressort, par exemple, que « les normes autour de la propreté et du confort sont dépendantes des relations sociales, des interactions quotidiennes et du statut social (Sahakian et al., 2019) ». Ce qui pose alors, en contre-point, la question du rapport des ménages pauvres à la maîtrise de leur consommation énergétique.

A travers l'article intitulé « La transition énergétique à l'épreuve du mode de vie », Bruno Maresca et Anne Dujin, portent leur attention sur la notion de « mode de vie ». Ils écrivent : « la notion de mode de vie est souvent réduite, notamment dans le projet de transition énergétique, à la seule dimension du comportement de l'utilisateur et consommateur d'énergie, déconnecté des cadres matériels et normatifs qui orientent et surdéterminent les pratiques individuelles et collectives ». Cette critique formulée, les auteurs proposent alors d'appréhender le mode de vie « comme un ensemble de dispositifs à la fois matériels (forme d'habitat, réseaux, objets techniques) et idéels (représentations, valeurs), sur lesquels repose l'organisation de la vie sociale (le logement, la mobilité, l'alimentation, l'éducation) (Maresca et Dujin, 2014, p. 11) ».

A travers l'article intitulé « Economies d'énergie : le bâtiment confronté à ses occupants », Marie-Christine Zelem élabore, selon une série de critères¹⁰, la typologie des profils sociologiques des occupants du bâti exposé à la rénovation. Cette typologie compte alors les éco-sceptiques, les éco-essentiels, les éco-responsables et les technophiles. De là, la chercheuse précise qu'« au regard de cette variété de profils, on comprend aisément qu'il n'est pas possible d'enrôler tout le monde, de la même manière, dans le projet de transition énergétique (Zelem, 2018, p. 7) ».

Ces résultats de recherche ont pour intérêt premier de remettre en cause la vision technocentrée de la rénovation énergétique du bâti. Une fois ce mouvement critique opéré, un vaste espace de réflexion s'ouvre alors et permet de reconnaître *la part sociale* des projets énergétiques. Une part sociale fondée sur une multiplicité d'acteurs qui possèdent une histoire, un imaginaire, des intérêts propres, et qui développent des processus d'appropriation, d'apprentissage, des pratiques d'usage, des comportements, des compétences, etc.

Parmi les pistes de recherche qui s'ouvrent alors, celle empruntée par Gaëtan Briseperrière (2019) à travers le rapport *L'accompagnement des ménages dans la rénovation de leur logement*, commandé par l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME), nous intéresse particulièrement (p. 9). Attirant l'attention sur le fait que l'accompagnement met en contact trois

¹⁰ Les critères retenus par Marie-Christine Zelem sont les suivants : l'attitude vis-à-vis de l'environnement, de la consommation, des technologies, de l'énergie, en général, et des économies d'énergie, en particulier. Cette catégorisation a été réalisée à partir du croisement de résultats de l'enquête *Typo2016*, et de données issues des analyses du CGDD comme Datalab « Ménages et environnement. Les chiffres clés ? » octobre 2017.

mondes – le monde domestique, le monde institutionnel et le monde des professionnels du bâtiment et des entreprises – Gaëtan Brisepierre réfléchit à l'écart entre les discours portant sur la réduction énergétique et l'effectivité de leur mise en œuvre. L'élaboration des recommandations à la fois stratégiques et opérationnelles en vue d'une massification de la rénovation énergétique conduit Gaëtan Brisepierre à se saisir de la notion d'accompagnement selon trois aspects. Tout d'abord, il définit cette notion à travers les dissensus et les consensus dont elle fait l'objet. Ensuite, il cherche à identifier les formes de tensions concrètes auxquelles elle donne lieu. Enfin, il travaille à établir les grandes orientations stratégiques qui devraient permettre de dépasser les conflictualités du processus d'accompagnement. La dimension *recherche-action* de la réflexion menée par Gaëtan Brisepierre encourage à se saisir du phénomène de rénovation énergétique à partir d'une entrée « par le bas » qui reconnaît aux habitants la centralité de leurs expériences, la légitimité de leur point de vue ainsi que la valeur de leur capacité d'agir, de co-construire et de se faire partenaire des projets.

Ces pistes de recherches prometteuses convergent avec celles développées par le rapport REX AMU qui, à l'instar du présent état de l'art, invite à percevoir en la transition énergétique du bâti un objet digne de l'intérêt des sciences sociales. Mettre ces dernières au service de projets à venir, en cours ou achevés, analyser les données produites et mettre les résultats à disposition des citoyens, des autorités publiques et des entreprises, sont autant de manières d'envisager et d'attribuer une signification aux processus de rénovation. Or, à ce jour, force est de constater que trop rares encore sont les travaux scientifiques à s'être intéressés aux habitants, premiers concernés de la rénovation énergétique du bâti. C'est pourtant là que se joue un ensemble de dynamiques humaines déterminantes quant à la réduction *in fine* de la consommation des énergies fossiles, à l'échelle locale et globale.

3.4 Évaluation économique des bénéfices environnementaux des projets de réhabilitation énergétique

3.4.1 Introduction

Dans le cadre du projet TURN, une des limites rencontrées dans les analyses existantes des rénovations énergétiques des immeubles à habitat collectif est l'absence d'information sur la valeur des bénéfices environnementaux en résultant. En effet, les encouragements aux rénovations par le biais de subventions se justifient par le fait que les réductions de la consommation énergétique des bâtiments impliquent une diminution des polluants de l'air, des émissions de GES et des nuisances sonores. Or, la réduction de ces nuisances bénéficie à l'ensemble de la collectivité et non seulement aux acteurs qui supportent les coûts des rénovations énergétiques (propriétaires et locataires).

L'estimation de la valeur monétaire des précédents gains environnementaux pour la collectivité permettrait d'évaluer si l'ampleur des encouragements consentis aux rénovations est adéquate¹¹. Le protocole d'estimation des bénéfices environnementaux permet également de compléter les analyses de rentabilité des investissements dans les rénovations énergétiques à l'échelle de bâtiments spécifiques (partie 4).

Les sections suivantes de ce chapitre proposent un protocole d'estimation des bénéfices environnementaux des projets de réhabilitation. La section 4.3 présente les résultats de son application d'un échantillon des bâtiments à habitat collectif (5000 bâtiments environ sur 44'000 bâtiments en 2020¹²) dont la rénovation est considérée comme prioritaire dans le canton de Genève.

Pour rappel, moins de 1% du parc de logement est rénové chaque année à Genève. L'atteinte des objectifs climatiques et environnementaux du canton nécessiterait un taux de 2.5% en 2013 et 4.5% en 2050¹³.

3.4.2 Bénéfices environnementaux des projets de réhabilitation

Une opération de réhabilitation énergétique génère les conséquences environnementales positives suivantes :

- **La réduction de la pollution de l'air (PM, NOx) résultant des économie d'énergie (électricité, combustible de chauffage) :** la pollution de l'air résultant a des impacts négatifs sur la santé, sur la dégradation de l'enveloppe des infrastructures et sur la rentabilité de l'agriculture.
- **La réduction de la pollution de l'air (PM, NOx) résultant de la substitution de combustibles fossiles non renouvelables par des combustibles moins polluants (fuel switch).**
- **La réduction nette des émissions de GES résultant des économie d'énergie (électricité, combustibles) et de la substitution de combustibles fossiles non renouvelables par des combustibles moins polluants (fuel switch) déduction faite de l'énergie grise intégrée dans les nouveaux matériaux de construction mis en œuvre lors d'une rénovation.**
- La réduction des nuisances sonores pouvant être associée au mesure énergétique. Les nuisances sonores ont principalement des impacts sur la santé et la qualité de vie.

¹¹ Une approche similaire est suivi par Borzykowski et al. (2017) afin de déterminer si les encouragements à la protection des forêts en Suisse sont suffisants.

¹² Hors maison individuelle, cf. Bâtiments à usage d'habitation (1) et maisons individuelles (2), selon la période de construction, par commune, OCSTAT, Tableau T09021201

¹³ 3ème webinaire Lancy-Rénove, Exposé de Cédric Petitjean (directeur OCEN) du Plan directeur cantonal de l'énergie 2020-2030 et ses implications pour les acteurs de l'immobilier, 3 mai 2021

La réduction des nuisances sonores n'a pas fait l'objet d'une estimation, les données nécessaires à leur quantification (ampleur physique de la réduction) n'étant pas disponibles. De plus, les principales bénéficiaires d'une réduction des nuisances sont les habitants des immeubles concernés, leur diminution ne constitue ainsi pas un bénéfice externe au même titre que la réduction des polluants de l'air et des GES.

Les bénéfices environnementaux sont estimés en quantifiant l'écart entre les deux situations.

- 1 **La situation initiale avant réhabilitation du (ou des) bâtiment(s) considéré (s).** Au niveau énergétique et environnemental, cette situation est caractérisée par un volume d'énergie consommée et, en conséquence, des niveaux d'émissions de polluants de l'air, de GES et sonores.
- 2 **La situation après réhabilitation du (ou des) bâtiment(s) considéré (s).** Cette dernière est caractérisée par une consommation énergétique plus faible ou/et un changement des agents énergétiques et, en conséquence, des niveaux d'émissions de polluants de l'air, de GES et sonores plus faibles.

Les bénéfices environnementaux correspondent ainsi à la réduction des dommages environnementaux que le projet de réhabilitation génère.

Notons qu'un projet de réhabilitation a également des conséquences environnementales négatives (énergie et combustibles utilisés lors des travaux, par exemple). Ces dernières ne sont pas prises en considération dans le présent protocole, leur ampleur n'étant pas considérée comme significative. En effet, ces impacts négatifs n'ont lieu que lors de la phase de travaux alors que les bénéfices liés aux économies d'énergie et à la substitution des combustibles fossiles se répètent tout au long de la durée de vie des investissements. Notons toutefois que les émissions résultant de la fabrication des équipements installés lors de la réhabilitation sont prises en compte (énergie grise - cycle de vie).

3.4.3 Protocole d'évaluation

Intégrer les bénéfices environnementaux des projets de réhabilitation dans le calcul de rentabilité nécessite la monétarisation (ou l'évaluation économique) des conséquences environnementales positives des projets de réhabilitation.

Pour se faire, il est nécessaire de construire un protocole d'évaluation. Ces derniers comportent généralement deux volets :

- 1 Le cadre quantitatif porte sur la mesure de la réduction des volumes d'émissions de polluant de l'air et de GES grâce à la réalisation du(des) projet(s) de réhabilitation. Pour être pertinente, la quantification des impacts environnementaux doit tenir compte des émissions sur le cycles de vie des installations. Ainsi, par exemple, l'installation à des pompes à chaleur ou panneaux solaires tient compte des émissions liés à la production des composants et à l'extraction des combustibles et non pas uniquement des émissions résultant de leur usage (production de chaleur et d'énergie).
- 2 Le cadre monétaire porte sur l'évaluation en unité monétaire du dommage environnemental résultant des réductions mesurés au niveau du cadre quantitatif. Le cadre monétaire va plus loin qu'une estimation des seules conséquences marchandes de la réduction des impacts environnementaux. Il vise à également à tenir compte des bénéfices résultant de la réduction de la mortalité et de la morbidité, par exemple.

Les sous-sections suivantes exposent le cadre quantitatif et monétaires des bénéfices environnementaux des projets de réhabilitation énergétique.

3.4.4 Économie d'énergie et de chaleur

➤ a) Cadre quantitatif pour les économie d'électricité

L'estimation du cadre quantitatif consiste à quantifier l'intensité en émissions polluantes de la production d'énergie électrique (masse d'émissions/kWh) puis de multiplier cette intensité par le volume d'électricité économisé (kWh).

L'intensité en émissions polluantes dépend de la technologie de production (hydraulique, nucléaire, etc.) ainsi que de son degré de maturité. Le tableau 1 indique la production et la consommation d'électricité à Genève (année 2018), selon leur mode de production. Pour rappel, dans le canton de Genève, la consommation d'électricité atteint 2'813'751 MWh/an (OCSTAT, 2019) dont environ 1/3, soit 856'000 MWh/an, sont produits par l'entreprise SIG (Services Industriels de Genève).

	Production SIG -2018		Consommation - GE	
	Quantité	%	Quantité	%
Centrales hydrauliques	743	87%	2'662	95%
Centrales au fil de l'eau	277	32%	1'136	40%
Centrales à accumulation	466	54%	1'526	54%
Centrales nucléaires	0	0%	0	0%
Centrales thermiques class. et centrales chaleur-force	112	13%	112	4%
Standard (GN)				
Renouvelable (déchets)	112	13%	112	4%
Énergies renouvelables diverses	1.1	0%	46.5	2%
Chauffages au bois et en partie au bois				
Installations au biogaz				
Installations photo-volt.	1.1	0%	42	1.5%
Éoliennes			4	0.2%
Totaux	856		2'814	100%

Tableau 2. Production et consommation d'électricité à Genève 2018, MWh

L'Académie suisse des sciences naturelles (ScNat, 2007) propose une synthèse des informations sur les intensités polluantes des différentes sources d'énergies pour la Suisse. Ces données, basées sur une revue systématique de la littérature disponible, indiquent plus spécifiquement les émissions de polluants (NOx, particules fines et CO₂ en g ou mg par kWh) résultant de la production d'électricité en Suisse selon les différentes technologies de production. L'intensité en émissions de CO₂ des technologies de production d'électricité en Suisse est également renseignée par l'OFEN (2017).

Les données extraites des deux sources précédentes sont synthétisées dans le tableau 2. Les montants maximaux et minimaux sont retenus. Les écarts entre ces deux seuils sont généralement importants, ils reflètent la forte diversité des caractéristiques de la production d'électricité au sein même d'une technologie. Pour rappel, la quantification et l'évaluation des émissions résultant de la production d'électricité se fondent sur la méthode de l'écobilan (*life cycle assessment*, LCA) et comprennent donc les chaînes énergétiques complètes, y c. l'extraction et la mise à disposition des agents énergétiques, l'infrastructure, etc.

Notons que les centrales chaleur-force renouvelables, qui produisent de l'électricité à partir de l'incinération des déchets, sont considérées comme « neutre » du point de vue des émissions polluantes (intensité en émission polluantes considérée comme nulle). En effet, les émissions qui

résultent de l'incinération seraient d'ampleur identique en l'absence de valorisation énergétique de l'incinération des déchets¹⁴.

Sur la base des tableaux 1 et 2 (multiplication des quantités d'électricité par leur intensité en émissions polluantes, rapporté à la quantité totale d'électricité), l'intensité polluante d'un kWh d'électricité consommé (tableau 3) ou produit (tableau 4) sur le territoire genevois peut être facilement déterminée.

¹⁴ Notons néanmoins que les émissions résultant de la production des infrastructure additionnelles nécessaires à cette valorisation ne sont pas prise en compte, faute de données pertinentes (écobilan) sur ce point.

Émissions par kWh	ScNat (2007)						OFEV (2019)	
	CO ₂ (g/kWh)		NO _x (mg/kWh)		PM10 (mg/kWh)		CO ₂ (g/kWh)	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Centrales hydrauliques	4	40	10	80	15	60	5	9
Centrales au fil de l'eau							5	10
Centrales à accumulation							5	15
Centrales nucléaires	5	50	20	200	1	30	10	20
Centrales thermiques class. et centrales chaleur-force ¹								
Standard (GN)	400	1000	80	500	0.1	1	481	643
Renouvelable	0	0	0	0	0	0	0	0
Énergies renouvelables diverses ³								
Chauffages au bois et en partie au bois	50	150	40	70	10	50	10	120
Installations au biogaz	10	11	500	700	30	50	150	450
Installations photovoltaïques	30	100	30	150	40	80	34	62
Éoliennes	10	20	40	70	10	50	8	27

Tableau 3. Intensité en émissions polluantes

CO2 (g/kWh)*		NOx (mg/kWh)**		PM10** (mg/kWh)	
4.7	24.4	10.0	78.0	14.8	58.0

* Moyenne ScNat (2007) et OFEN (2017) | ** ScNat (2007)

Tableau 4. Intensité en émissions polluantes d'un kWh d'électricité consommé dans le canton de Genève

CO2 (g/kWh)*		NOx (mg/kWh)**		PM10** (mg/kWh)	
3.9	21.4	8.7	69.6	13.1	52.2

* Moyenne ScNat (2007) et OFEN (2017) | ** ScNat (2007)

Tableau 5. Intensité en émissions polluantes d'un kWh d'électricité produit dans le canton de Genève

➤ Cadre monétaire

L'élaboration du cadre monétaire repose sur la valeur des coûts externes des émissions de polluants de l'air estimée par la Confédération lors de l'évaluation du coût externe¹⁵ (c'est-à-dire des coûts environnementaux et sociaux) dans le domaine des transports¹⁶ (selon la norme SN.641.828).

Les conséquences sanitaires (PM10), sur la dégradation des infrastructures et bâtiments (PM10) et les pertes productives de l'agriculture (NOx) des polluants de l'air sont en effet identiques, pour un milieu donné, quelle que soit l'origine de l'émission polluante (le trafic routier ou la consommation d'électricité). Le tableau 5 indique la valeur monétaire des dommages résultant de la pollution de l'air (en CHF par tonne), telle qu'estimée par la Confédération. Pour les NOx et PM10, une marge d'erreur de +/-20% est retenue.

Pour les émissions CO₂, la valeur sociale du carbone du trafic routier (cf. encadré) retenue par la Confédération est de 121 CHF/t pour les émissions générées sur le territoire suisse. Le taux de la taxe suisse sur le CO₂ est de 96 CHF/t. Ce taux indique la valeur « politique » du carbone (la taxe ne concerne toutefois que les émissions issues des combustibles). Dans ce cadre du CO₂, ces deux valeurs sont retenues (valeurs minimale et maximale). Le tableau 5 indique les précédentes valeurs.

Les externes par unité d'émission pour le NO_x et les PM₁₀ ont été mis à jour pour l'année 2018 conformément à la méthode édictée dans la norme SN.641.828 (selon la croissance démographique et l'évolution du revenu nominal pour les coûts sur la santé ; l'évolution de l'indice des prix à la construction et du volume bâti pour les coûts sur les bâtiments ; l'évolution de l'indice des prix à la consommation pour les impacts sur la production agricole et les forêts).

¹⁵ Les coûts externes désignent des coûts qui sont supportés par des agents qui n'en sont pas responsables et qui ne donnent pas lieu des compensations marchandes entre les agents. Les flux de pollution constituent des coûts externes car ils impactent négativement le bien-être d'agents qui ne participent pas aux décisions à l'origine des flux de pollution. Ces impacts négatifs ne donnent également pas lieu à des paiements compensatoires pour les victimes.

¹⁶ Tous les cinq ans environ, la Confédération réalise l'estimation des impacts sur l'environnement et la santé du transport en Suisse. Ceci comprend le trafic motorisé public et privé tant de personnes que de marchandises par route, rail et bateau en Suisse. L'évaluation inclut également la mobilité douce. Ces estimations constituent des références importantes pour procéder aux arbitrages de la politique des transports, l'estimation des coûts externes du transport de marchandises par route est utilisée dans la fixation des taux de la RPLP. Le protocole suisse d'estimation a été repris au niveau européen.

CO ₂ (CHF/t)	NO _x (CHF/t) +/- 20%	PM10 (CHF/t) +/- 20%
96 - 121	3'196	895'000

Tableau 6. Cadre monétaire – Coût externe par tonne des émissions polluantes (en CHF/tonne)

Valeur sociale du carbone

La valeur sociale du carbone rend compte des dommages à long terme résultant des conséquences des changements climatiques. Cette valeur indique le dommage supplémentaire résultant d'une augmentation des émissions de GES. Les conséquences des changements climatiques étant plus ou moins importantes selon l'échéance temporelle considérée, les valeurs proposées en dépendent fortement.

Les coûts des dommages des changements climatiques sont difficiles à évaluer. Les évaluations rendent compte d'un coût global pouvant représenter 5 à 20% du PIB mondial (*Stern Review*, 2006) en 2100 si les émissions continuent de croître selon leur rythme historique. Afin de chiffrer les bénéfices résultant de la réduction des émissions de CO₂, l'EPA¹⁷ (l'Agence américaine de l'environnement) utilise pour l'année 2020 une valeur sociale du carbone entre 12 US\$/tCO₂ (taux d'actualisation de 5%) et 62 US\$/tCO₂ (taux d'actualisation de 2.5%). Pour l'année 2050, les valeurs se situent entre 26 US\$/tCO₂ (taux d'actualisation de 5%) et 95 US\$/tCO₂ (taux d'actualisation de 2.5%) (dollars de 2007). Au Royaume-Uni, une valeur sociale du carbone figure dans le cadrage du Ministère des transports pour les évaluations économiques. Elle se situe entre 37 et 92 £/tCO₂ pour l'année 2020. En France, le centre d'analyse stratégique recommande une valeur de 56 €/tCO₂ pour 2020 et entre 150-350 €/tCO₂ pour 2050 (Centre d'analyse stratégique, 2009).

En Suisse, il est possible de considérer comme valeur sociale du carbone la valeur utilisée par la Confédération lorsqu'elle évalue les coûts externes d'une activité économique. Dans le domaine des transports (voir ARE, 2020), la valeur retenue est de 121 CHF/tCO₂ émise pour l'année 2016. Cette valeur est mise à jour régulièrement. Pour l'année 2005, elle atteignait 90 CHF/tCO₂ (ARE et OFEV, 2008). Cette valeur sociale du carbone repose sur une revue des études à l'échelle internationale. Plus précisément, la valeur de 121 CHF/tCO₂ est basée sur la moyenne entre une valeur de court terme (issue du système européen d'échange de droits d'émissions des GES) et une valeur de long terme tenant compte des dommages potentiels des changements climatiques.

➤ Montant de coûts externes par kWh

En multipliant les volumes d'émission par kWh par les coûts externes par unité d'émission, la valeur unitaire (c'est-à-dire en CHF/kWh) des dommages environnementaux résultant de la production et de la consommation d'électricité sur le territoire du canton de Genève est estimée.

Les résultats sont présentés dans le Tableau 7. Les écarts entre les montants minimaux et maximaux résultent des marges d'erreur indiquées dans les niveaux d'émissions par le ScNat (2007) et l'OFEV (2017) ainsi que des marges d'erreur sur les coûts externes.

	Production		Consommation	
	CHF/kWh		CHF/kWh	
Coût externes/KWh	0.010	0.059	0.011	0.066

Tableau 7. Coûts externe par kWh de l'électricité produite et consommée sur le territoire du canton de Genève

¹⁷ <https://www.epa.gov/climatechange/social-cost-carbon>

Les valeurs du Tableau 7 permettent d'intégrer, dans les calculs de rentabilité, les bénéfices environnementaux (dommages environnementaux évités) générés par les économies d'énergie électrique.

3.4.5 Réduction de la consommation de chaleur et changement des combustibles de chauffage (fuel Switch) – cadre quantitatif et monétaire

Afin d'estimer les dommages résultant de la réduction de la consommation de chaleur et du changement de combustible de chauffage, il est nécessaire de déterminer les coûts externes des différents modes de production de chaleur.

L'évaluation est basée sur le relevé des émissions par kWh (ScNat, 2007, colonnes « émissions » du Tableau 8 - cadre quantitatif). En recourant à nouveau aux valeurs des coûts externes par tonnes d'émission selon les types d'émissions, soit celles de NO_x, PM10 et CO₂ (cf. Tableau 6), les montants (minimaux et maximaux) de coûts externe par kWh (coût externe unitaire) de chaleur produit pour chacun des combustibles de chauffage peuvent être estimés (cadre monétaire).

Ces derniers sont présentés dans le Tableau 8 (colonnes « coûts externes »). Les résultats suivants sont obtenus :

- Pour la production de chaleur à partir de gaz naturel, le dommage environnemental par kWh de chaleur est estimé entre 2.6 et 5.9 ct par kWh. L'ARE indique 3 ct/kWh pour le gaz naturel.
- Pour la production à partir de mazout, les coûts externes unitaires se situent entre 4.4 et 13.3 ct/kWh. L'ARE indique 4.5 ct/kWh pour le mazout.
- Pour la production à partir de pompes à chaleur, ils sont inférieurs à 1 ct/kWh.
- Pour la production à partir bois ou biomasse, les coûts externes unitaires se situent entre 1 et 20 ct/kWh.
- Pour la production à partir de la géothermie profonde, les coûts externes unitaires sont quasi nuls (inférieurs à 0.1 ct/kWh).
- Pour la production à partir de l'énergie solaire, ils se situent entre 0.1 et 0.4 ct/kWh.
- Finalement, pour la chaleur issue de CAD, les coûts externes unitaires sont situent à 50% de ceux du gaz naturel.

Production de chaleur	Émissions	Émissions (g/kWh)		Coûts externes (CHF/KWh)	
		Min	Max	Min	Max
Gaz naturel	CO ₂	200	400	0.02	0.05
	NO _x	200	700	0.00	0.00
	PM ₁₀	5	20	0.02	0.02
	Total			0.04	0.07
Mazout	CO ₂	200	500	0.04	0.06
	NO _x	200	500	0	0
	PM ₁₀	30	70	0.03	0.07
	Total			0.07	0.13
Pompes à chaleur	CO ₂	3	50	0.000	0.006
	NO _x	50	100	0.00	0.000
	PM ₁₀	0	0	0.00	0.000
	Total			0.00	0.006
Bois et biomasse	CO ₂	5	40	0.000	0.005
	NO _x	100	700	0.000	0.002
	PM ₁₀	50	200	0.1	0.197
	Total			0.1	0.20
Géothermie profonde	CO ₂	1	10	0.0001	0.0012
	NO _x	0	0	0	0
	PM ₁₀	0	0	0	0
	Total			0.000	0.001
Energie solaire	CO ₂	5	30	0.0005	0.0036
	NO _x	50	70	0.0001	0.0002
	PM ₁₀	0	0	0	0
	Total			0.001	0.004

Tableau 8. Production de chaleur – émissions et coûts externes par kWh

3.4.6 Rentabilité économique et sociale des projets de réhabilitation énergétique

L'évaluation de la rentabilité économique des opérations de réhabilitation immobilière est centrale. Elle s'opère en rapportant les déterminant le rapport entre les bénéfices nets (bénéfices moins les coûts) de l'opération à l'investissement initial.

Dans un tel cadre d'analyse, les bénéfices nets résultent de l'augmentation des revenus locatifs, de la baisse des charges énergétiques et d'entretiens et doivent tenir compte également des coûts de gestion et moins-values résultant de la période de travaux. Les indicateurs de rentabilité sont habituellement la valeur actualisée nette, le taux de rendement interne et le temps de retour. Le taux d'actualisation ainsi que la durée de vie de l'investissement initial constituent des paramètres à fixer. Ils font l'objet d'analyses de sensibilité.

Un projet de réhabilitation est économiquement rentable dès lors que les indicateurs de rentabilité le caractérisant sont plus élevées que ceux de la situation de référence, qui correspond au maintien de la situation existante. Dans ce cadre global, la dimension énergie est prise en compte au niveau des investissements initiaux (des investissements supplémentaires sont réalisés dans le but d'améliorer l'efficacité énergétique) et des charges énergétiques (plus faible alors que dans le scénario de référence).

Centrer l'analyse financière sur la seule dimension énergétique d'une rénovation immobilière est plus complexe. Les raisons suivantes l'expliquent :

- Il est nécessaire d'examiner différents scénarios d'investissement énergétiques et non de prendre en compte l'ensemble du projet. Dans ce cadre, seuls les coûts et les bénéfices qui sont à l'origine de l'amélioration de l'efficacité énergétique sont à considérer. Raisonner sur le montant total de l'investissement diminue la rentabilité car une partie des coûts seraient de toute manière engagée pour de l'entretien usuel, ou pour des travaux à plus-value autre qu'énergétique.
- Les différences dans les durées de vie des travaux de rénovation énergétique doivent être pris en compte.
- Il est nécessaire de contrôler que les données sur les gains d'énergie soient comparables entre les types de travaux (pris en compte de l'énergie grise ou non ; prise en compte des coûts résultant de la mise en œuvre – réalisation des travaux).
- Raisonner à l'échelle de la seule dimension énergétique permet de déterminer le scénario d'investissement qui est le plus rentable (comparaison des coûts aux bénéfices résultant des économies d'énergie et des potentielles plus-values locatives). En d'autres termes, les décideurs peuvent déterminer s'il est plus rentable de procéder à une rénovation de l'ensemble de l'enveloppe ou uniquement de certains de ces éléments, s'il est rentable ou non d'y associer un changement de système de chauffage, etc. Cependant, cette échelle ne permet pas d'identifier les arbitrages plus globaux (par exemple, le fait qu'une des options de réhabilitation améliore également l'attractivité du logement et diminue ainsi la durée des périodes de vacances).

Khoury et al. (2018) procèdent ainsi et proposent sur cette base une estimation du coût de l'énergie finale (Ehww) économisée ainsi que celui de la tonne de CO₂ non émise. Leurs estimations indiquent ainsi quelle doit être la valeur de l'énergie économisée ou des émissions non émises pour que l'opération de rénovation énergétique soit rentable.

La démarche d'estimation proposée à la section 2 permet de compléter de telles estimations, car elle tient compte de la valeur monétaire des bénéfices environnementaux dans les analyses. En d'autres termes, l'inclusion des bénéfices environnementaux résultant de la réduction de la consommation énergétique des bâtiments complète les informations pour les preneurs de décision.

4 Atlas Genève

4.1 Cati-GE

4.1.1 Introduction et contexte

Le Centre d'Analyse Territoriale des Inégalités à Genève (CATI-GE) a été créé en septembre 2009 et a pour mission d'analyser de manière large et systématique les inégalités dans le canton de Genève ainsi que leur évolution. Ses travaux visent à fournir les outils pour mieux coordonner les politiques destinées à réduire les inégalités et faciliter le choix de stratégies d'action adaptées au contexte socio-économique particulier du canton de Genève.

En 2011, le premier rapport du CATI-GE¹⁸ avait fait état des inégalités territoriales entre communes et quartiers du canton. Différents indicateurs disponibles à l'échelle du sous-secteur avaient été développés à cette fin. Une première série d'indicateurs devait permettre de classer les communes et les sous-secteurs de manière cumulative afin de fournir au Canton d'une part des critères d'éligibilité à la politique de cohésion sociale en milieu urbain (PCSMU), mais également les dimensions sur lesquelles se déclinaient ces disparités territoriales. Une série d'indicateurs complémentaires (démographie, santé, sécurité) avaient également été cartographiés pour une image plus complète des inégalités entre les quartiers. Ces indicateurs avaient ensuite été actualisés dans un second rapport en 2014 (CATI-GE, 2014), et depuis aucune activité de recension, d'analyse ou de collecte des données n'a été effectuée dans ce domaine. Le projet TURN a permis donc de compléter ce manque d'information par une mise à jour des indicateurs de précarité et de mixité à Genève. Ce travail nécessitait également une analyse dynamique permettant de voir si certains quartiers ont vu leur situation se détériorer ou au contraire s'améliorer. Ceci a conduit à une appréciation plus fiable des besoins en matière de rénovation du bâti pour une transition énergétique qui s'inscrit dans un projet plus global d'amélioration de la qualité de vie du quartier.

4.1.2 Synthèse du rapport d'analyse des inégalités territoriales dans le canton de Genève en 2020

Le dernier rapport du CATI-GE peut être téléchargé sur le site du Département de cohésion sociale (DCS) à l'adresse suivante :¹⁹<https://www.ge.ch/document/19368/telecharger>

L'analyse présentée dans ce Rapport 2020 a pour but de mettre en évidence les communes et les sous-secteurs présentant de fortes inégalités socio-économiques au sein du canton. Ces inégalités, mesurées pour un ensemble de six indicateurs de base, permettent d'identifier les communes et les sous-secteurs qui sont prioritairement concernés par la PCSMU. Cette priorité repose sur le cumul de critères de sélection des six indicateurs de base (IB) suivants : le revenu annuel brut médian (IB1), la part de contribuables à bas revenu (IB2), la part des effectifs scolarisés d'origine modeste (IB3), la part de chômeurs inscrits en pourcentage de la population 15-64 ans (IB4), la part de bénéficiaires de subsides sociaux (IB5) et la part de bénéficiaires d'allocations de logement (IB5). Les résultats 2020 pour ces six indicateurs sont les suivants 20:

- IB1 (Revenu annuel brut médian) : Une grande stabilité des résultats entre 2011 et 2020 est constatée (malgré des changements méthodologiques intervenus dans le calcul des données

¹⁸ <http://cati-ge.ch>

¹⁹ L'appellation « Rapport 2020 » indique l'année de publication et non la disponibilité de toutes les données. Ces dernières sont les plus récentes disponibles au moment de la rédaction du rapport.

²⁰ Comme expliqué dans le rapport, l'année de référence fournie correspond à celle de la publication du rapport et non celle de la source des données, ces dernières étant très disparates dans leur dernière date de disponibilité.

brutes) puisque sur les 12 communes ayant le revenu médian le plus faible en 2020, 10 communes étaient déjà sélectionnées dans les rapports précédents. Avully et Perly-Certoux sont les deux nouvelles communes à figurer parmi les communes avec le revenu médian le plus faible, mais aucun sous-secteur de ces deux communes ne figure parmi ceux qui ont le niveau de revenu le plus faible.

- IB2 (Part de contribuables à bas revenu) : Les communes ayant les plus fortes parts de contribuables à bas revenu sont les mêmes que celles identifiées en 2011 et en 2014.
- IB3 (Part d'élèves d'origine modeste ou défavorisée) : La part des effectifs scolaires issus de milieux défavorisés a légèrement baissé entre 2011 et 2020. Les communes ayant les parts les plus importantes de ces élèves sont généralement les mêmes que dans les rapports précédents. Des changements notables sont toutefois à noter pour les communes de Genthod, Russin et Presinge, dans lesquelles la part de ces effectifs a largement augmenté entre 2011 et 2018.
- IB4 (Part de chômeurs inscrits) : Malgré des modifications intervenues sur la distinction entre demandeurs d'emploi chômeurs et demandeurs d'emploi non-chômeurs, les communes les plus sévèrement touchées par le chômage sont restées globalement identiques entre 2011 et 2018. Les variations les plus importantes sont généralement observées dans les communes dans lesquelles le nombre de résidents est le plus faible, rendant la part communale de résidents en âge de travailler relativement sensible à des changements dans le nombre absolu de chômeurs. C'est le cas pour les communes de Chancy et Puplinge qui rejoignent en 2020 les communes dans lesquelles la part de chômeurs inscrits est la plus élevée.
- IB5 (Part de bénéficiaires de subsides sociaux) : Les 11 communes ayant les parts des plus élevées de bénéficiaires de subsides sociaux restent les mêmes que dans les précédents rapports à l'exception de Dardagny, où la part de bénéficiaires de subsides a doublé, situation qui s'explique probablement par la présence d'un nouvel EMS sur la commune.
- IB6 (Part de bénéficiaires d'allocations de logement) : Les communes dans lesquelles les parts de bénéficiaires d'allocations de logement sont les plus élevées sont les mêmes que celles sélectionnées en 2011 et 2014, l'exception des communes d'Avully et Chancy. Dans ces deux communes, la part de bénéficiaires a pratiquement doublé depuis le Rapport 2014.

Comme en 2014 et 2011, les communes de Vernier, Meyrin, Lancy, Chêne-Bourg, Onex, Versoix, Thônex, Carouge et Genève qui cumulent cinq ou six indicateurs de base et sont donc celles sur lesquelles la PCSMU devrait déployer prioritairement ses actions. Les communes d'Avully et Chancy cumulent quant à elle trois indicateurs de base en 2020 et sont donc à surveiller car elles ne vérifiaient qu'un seul (pour Avully) ou aucun indicateur de base (pour Chancy) dans les Rapports précédents.

L'analyse menée à l'échelle des sous-secteurs statistiques du canton de Genève permet également de cerner avec plus de précision les périmètres où s'expriment les inégalités territoriales et d'orienter plus finement les actions et les mesures de la PCSMU. De manière générale, une grande disparité entre les sous-secteurs d'une même commune est constatée. L'analyse à ce niveau géographique plus fin est plus difficile en raison de la faible population dans certains sous-secteurs et le fait que certaines données ne sont pas communicables pour des raisons de secret statistique.

Au niveau des sous-secteurs, 17 sous-secteurs cumulent six indicateurs de base, 21 en cumulent cinq, 23 en cumulent quatre. 61 sous-secteurs sont ainsi prioritairement concernés par la PCSMU en 2020, contre 67 en 2014. Parmi les 27 sous-secteurs cumulent trois indicateurs de base, six ont des données manquantes pour au moins un des indicateurs. Bien que ces sous-secteurs soient relativement peu peuplés, ils sont susceptibles de concentrer plus d'inégalité que ne le suggère le cumul des critères.

Comme en 2014 et 2011, Cité-Nouvelle, sur la commune d'Onex est le sous-secteur présentant à la fois la population résidente la plus élevée (7'587 hab., 2017) et cumulant de fortes inégalités pour les six indicateurs de base. Il est suivi du sous-secteur Prulay (6'322 hab., Meyrin), des Avanchets (6'003

hab., Vernier), du Lignon (5'872 hab., Vernier), du Parc des Acacias (4'388 hab., Genève), de Châtelaine-Village (3'978 hab., Vernier), des Deux-Communes (2'723 hab., Thônex), de Chêne-Bourg-centre (2'589 hab.), de Pâquis-temple (2'046 hab., Genève), de Balexert-Crozet (1'768 hab., Vernier), de Crève-Cœur (1'341 hab., Versoix), du Quai du Rhône (1'311 hab., Genève), de Châtelaine-Simonet (1'249 hab., Vernier), de Petit-Bel-Air (1'204 hab., Chêne-Bourg), de Sainte-Clotilde (920 hab., Genève), de Champs-Prévost (560 hab., Vernier) et des Vernets (510 hab., Genève). Parmi les 61 sous-secteurs identifiés comme prioritairement concernés par la PCSMU, 32 se situent en Ville de Genève. On peut noter finalement l'apparition de nouveaux quartiers prioritairement concernés par la PCSMU. Il s'agit des sous-secteurs Gros-Chêne (6'203 hab., Onex), Les Palettes (4'893 hab., Lancy), Feuillasse (3'779 hab., Meyrin), Liotard (3'689 hab., Genève), Poussy-Champ-Claude (3'354 hab., Vernier), Grand-Saconnex-Organisation (796 hab.) et James-Fazy (665 hab., Genève) qui cumulent tous quatre facteurs de précarité.

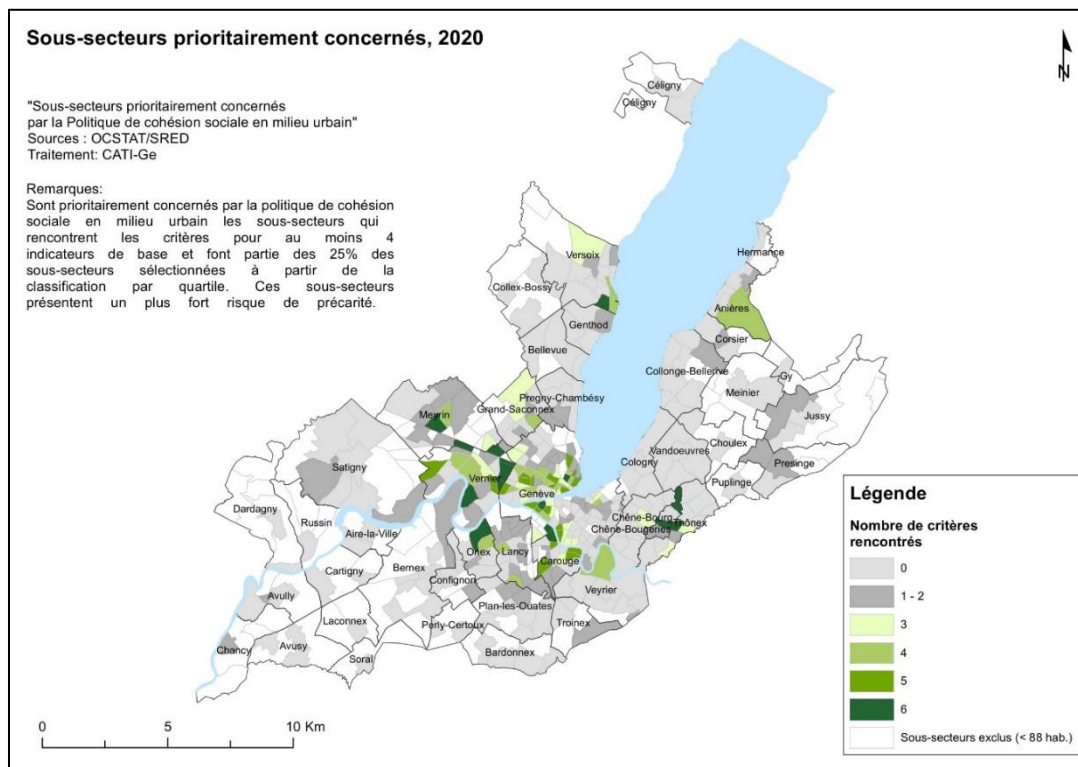


Figure 13. Exemple de représentation cartographique. Carte 24 du Rapport 2020 portant sur les sous-secteurs prioritairement concernés par la PCSMU.

En conclusion, le rapport pointe vers une persistance des inégalités. Si ces dernières sont plutôt stables entre communes, des déplacements progressifs de ces poches de précarité sont tout de même perceptibles, même si dans l'ensemble, les quartiers les plus touchés et les plus densément habités sont les mêmes que voici huit ans. Cette analyse pourrait être avantageusement complétée par l'ajout de nouveaux indicateurs plus proches des dimensions étudiées, qu'il s'agisse de santé, de formation ou d'habitat. Enfin, ces poches de précarité appellent une politique transversale aux différents départements de l'Etat. En effet, chaque département agit déjà sur les ménages par différents dispositifs et mesure, mais une collaboration permettrait de coordonner une action conjointe à l'échelle du quartier pour que les différentes dimensions des inégalités soient traitées simultanément et harmonieusement, tout en respectant le principe de subsidiarité si des compétences et des moyens existent au niveau communal.

4.2 Approche sociale et énergétique

4.2.1 Introduction

La démarche CATI-GE a permis d'identifier les quartiers ayant un niveau d'inégalité sociale, c'est-à-dire les sous-secteurs statistiques qui ont au moins 4 indicateurs IB dont les seuils limites sont dépassés.

La présente analyse vise à identifier les quartiers qui sont non seulement un niveau d'inégalité sociale, mais qui sont également prioritaires du point de vue de la transition énergétique. Ainsi, ces quartiers doublement prioritaires, au niveau social et énergétique, devraient de notre point de vue, focaliser l'attention des politiques publiques en matière de transition énergétique, tenant compte des contraintes sociales (logements sociaux, bas revenus) et donc des moyens limités pour financer les actions. Ces politiques devront in fine permettre que les quartiers, considérés comme plus précaires que d'autres, puissent bénéficier des mesures permettant de réduire les émissions de GES et améliorer le confort des habitants, au même titre que des quartiers plus favorisés.

La démarche proposée se base sur des analyses statistiques à l'échelle des sous-secteurs statistiques. Cela permet de donner une bonne vue d'ensemble sur le Canton, mais sans nécessairement refléter des ensembles bâtis ou cas particuliers particulièrement précaires pouvant se situer dans des sous-secteurs dont les valeurs statistiques globales n'indiquent pas de priorité.

4.2.2 Méthode

Des indicateurs statistiques sont calculés par sous-secteur dans différents domaines concernés par l'énergie.

Comme pour CATI-GE, les sous-secteurs sont sélectionnés et considérés comme prioritaire du point de vue d'un indicateur, si la valeur globale se situe au-delà d'un certain seuil.

Nous distinguons deux types d'indicateurs ou critères : les critères prioritaires et les critères d'opportunité.

Ces critères, les méthodes d'évaluation et seuils sont présentés dans l'encadré ci-dessous.

Les données sources sont des couches géoréférencées tirées du SITG et sont les suivantes :

- Cadastre des bâtiments (CAD_BATIMENT_HORSOL) renseignant sur la typologie des bâtiments (affectation, époque de construction) ;
- Indices de dépense de chaleur ou IDC (SCANE_INDICE_DERNIER) renseignant sur les surfaces de référence énergétique (SRE), l'agent de chauffage, l'IDC ;
- Cadastre des chaudières (SCANE_CHAUDIERE) renseignant sur l'âge des chaudières.

Pour les critères d'opportunité, nous ajoutons encore le Plan de surélévation des bâtiments (SIT_SURELEVATION_BATIMENT) et le registre des parcelles (CAD_PARCELLE_MENSU) renseignant sur le type de propriété.

Pour qu'un sous-secteur soit considéré globalement prioritaire au niveau énergétique, il doit satisfaire dans tous les cas le critère P1 (au minimum 50% de la surface des bâtiments correspondant aux bâtiments cibles : logements collectifs construits entre 1946 et 1990 avec une SRE >500m²) plus 2 autres critères prioritaires parmi les 3 restant.

Le choix final des sous-secteurs selon la double priorité sociale et énergétique se fait sur ceux qui respectent les critères de priorité à la fois au niveau social selon CATI-GE (4/6 critères prioritaires) et énergétique (3/4 critères prioritaires).

Critères de priorité – sous-secteurs statistiques (Girec)

- P1 - Bâtiments cibles (objets d'intervention):
 - SRE > 500 m2
 - Classe SIA = 1 (logements collectifs)
 - Année de construction: 1946 – 1990
 - Seuil: 50%

[Indicateur](#) : SRE (m2) bâtiments cibles / SRE (m2) bâtiments totaux
- P2 - Energie fossile (priorité de transfert vers renouvelable):
 - Agent = mazout, gaz, moitié du CAD (l'autre moitié étant non fossile)
 - Seuil: 90% (valeur moyenne sur le canton)

[Indicateur](#) : consommation énergie fossile / consommation totale
- P3 - Age des chaudière (priorité de remplacement et transition vers renouvelable):
 - Année d'installation (selon SCANE_Chaudiere), renouvellement tous les 20 ans en principe
 - Seuil: 2002 (année médiane sur le canton)

[Indicateur](#): âge moyen installation
- P4 - Indice de consommation (priorité de rénovation):
 - Couche IDC par bâtiment
 - Seuil: 468 (IDC moyen sur le canton)

[Indicateur](#) : IDC moyen

Critères d'opportunité– sous-secteurs statistiques (Girec)

- O1 – Propriétés publiques et parapubliques (devoir d'exemplarité):
 - Type de propriété par bâtiment: publique (canton, commune), parapublique (caisses de pension, HG, CFF..)
 - Seuil: 5% (valeur moyenne sur le canton)

[Indicateur](#) : SRE (m2) bâtiments (para)publiques / SRE (m2) bâtiments totaux
- O2 – Potentiel de surélévation (opportunité d'intervention sur les immeubles entiers):
 - Plan des bâtiments pouvant faire l'objet de surélévation
 - Seuil: 9% (valeur moyenne sur le canton)

[Indicateur](#) : Surface d'emprise des bâtiments potentiels / surface d'emprise des bâtiments totaux
- O3 – Communes soutenant des opérations de rénovation (Lancy et Onex 'Renov):
 - Seuil: sous-secteur situé sur l'une de ces communes

[Indicateur](#) : Sous-secteur faisant partie de la commune 'Renov
- O4 – Communes soutenant des opérations Sortir du fossile (Bernex et Confignon):
 - Seuil: sous-secteur situé sur l'une de ces communes

[Indicateur](#) : Sous-secteur faisant partie de la commune Sortir du fossile

4.2.3 Résultats

En mettant en perspective les critères sociaux de Cati-GE et les critères énergétiques selon les seuils de sélection prédéfinis, il en ressort que 19 sous-secteurs sont doublement prioritaires.

La Figure 14, présente ces résultats en mettant en évidence les critères prioritaires et d'opportunité satisfaits.

La Figure 15 localise les sous-secteurs concernés qui se répartissent entre la Ville de Genève et les communes périphériques (Vernier, Meyrin, Carouge, Lancy et Chêne-Bourg).

Numero	Nom	commune	population	SOCIAL (CATI-GE)							ENERGIE								Classement	
				IB1	IB2	IB3	IB4	IB5	IB6	2020 (>= 4)	P1 50%	P2 90%	P3 2002	P4 468	O1 5%	O2 9%	O3 1	O4 1	Priorité	Opportunité
	critères de sélection			110'361	27.418	40.288%	4.388%	12.020	3.894		Bâtiments cibles	Energie fossile	Année chaudière	IDC moy	Propriété publique	Surélévation	Communes 'Renov	Commune Sortir du fossile	Nb critères	
0800030	Octroi	Carouge	2'209	101'575	31.180	44.335%	4.405%	14.260	3.218	5	56%	91%	1'998	478	6%	68%			4	2
0800052	Fontenette-stade	Carouge	512	87'932	35.810	58.491%		17.969	3.279	4	70%	100%	1'990	502	0%	0%			4	0
1300030	Chêne-Bourg-centre	Chêne-Bourg	2'589	101'856	30.000	50.311%	4.466%	13.673	5.818	6	54%	91%	1'997	476	0%	0%			4	0
1300050	Petit-Bel-Air	Chêne-Bourg	1'204	95'857	37.190	55.372%	4.591%	19.186	5.667	6	50%	100%	2'003	642	34%	0%			3	1
2104022	Pâquis-centre	Genève	1'840	86'424	35.390	54.000%	4.658%	14.783	2.489	5	56%	100%	2'003	515	8%	71%			3	2
2112032	Les Minoteriers	Genève	2'871	95'990	30.180	52.093%	4.588%	17.450	2.186	5	54%	93%	2'006	535	22%	36%			3	2
2113062	Vélodrome	Genève	1'672	78'853	38.680	66.842%	6.368%	20.096	1.533	5	67%	94%	2'006	557	50%	68%			3	2
2114030	Les Vernets	Genève	510	83'047	44.580	56.522%	5.108%	31.569	7.358	6	51%	100%	2'000	418	64%	0%			3	1
2114040	Parc des Acacias	Genève	4'388	96'041	32.590	48.494%		14.494	4.996	5	51%	100%	1'995	518	6%	40%			4	2
2133010	Le Grand-Pré	Genève	5'052	98'923	30.260	43.355%	0.166%	12.431	2.457	4	52%	100%	1'999	537	16%	80%			4	2
2135030	Cité-Vieuses	Genève	1'840	91'585	33.610	52.033%	3.000%	16.413	2.199	4	51%	50%	1'997	495	0%	0%			3	0
2135040	LIOTARD	Genève	3'689	104'742	27.190	43.824%	4.428%	12.741	3.549	4	69%	100%	2'005	515	8%	0%			3	1
2135052	Servette-Suriname	Genève	1'991	91'621	31.160	54.545%	3.741%	12.557	4.082	5	64%	100%	2'003	562	0%	0%			3	0
2800080	Les Palettes	Lancy	4'893	106'237	26.990	46.833%	4.490%	11.854	4.000	4	83%	91%	2'001	489	5%	0%	1		4	1
3000160	Purlay	Meyrin	6'322	96'522	32.330	52.746%	4.839%	14.964	7.476	6	84%	61%	1'991	485	9%	0%			3	1
4300050	Balexert-Crozat	Vernier	1'768	95'187	30.560	55.952%		13.801	4.397	5	79%	50%	1'995	493	15%	0%			3	1
4300061	Châtelaine-SIMONET	Vernier	1'249	93'736	37.670	58.115%	3.996%	18.415	4.183	5	51%	92%	1'991	489	22%	0%			4	1
4300092	Libellules	Vernier	2'667	87'728	39.220	52.925%	4.056%	26.547	15.013	5	53%	58%	2'002	544	1%	0%			3	0
4300170	Rte de Peney-Crotte-au-Loup	Vernier	1'800	101'387	35.260	74.583%	3.218%	14.000	7.143	5	55%	100%	2'001	539	4%	0%			4	0

Figure 14. Sélection des sous-secteurs doublement prioritaire et détail des critères satisfaits.

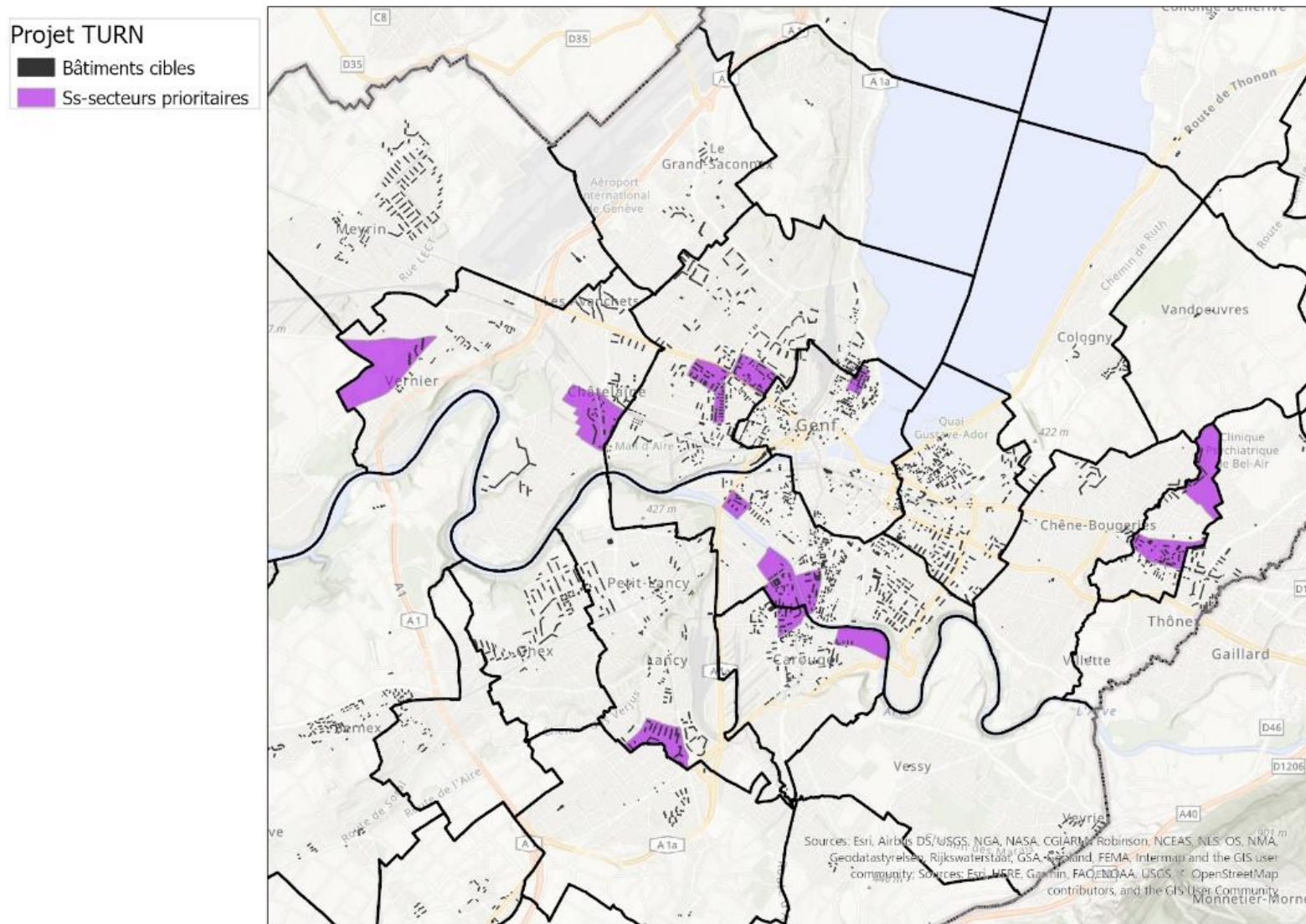


Figure 15. Localisation des sous-secteurs prioritaires.

4.3 Evaluation des bénéfices environnementaux des projets de réhabilitation énergétique : Application au Canton de Genève

L'évaluation des bénéfices environnementaux des réhabilitations énergétiques peut être réalisée à l'échelle de bâtiments spécifiques ou à l'ensemble d'un parc immobilier. De telles évidences permettent de combler une lacune importante de l'analyse de la rentabilité sociale des projets de réhabilitations énergétique.

Nous appliquons ci-dessous le précédent protocole d'évaluation à l'ensemble du parc immobilier genevois afin de proposer une estimation des bénéfices environnementaux que la réhabilitation des bâtiments considérés comme prioritaires va permettre.

4.3.1 Sélection des bâtiments

La démarche d'estimation des bénéfices environnementaux exposée à la section 3 est appliqué ci-après aux bâtiments dont la réhabilitation énergétique est jugée comme prioritaires à Genève.

Près de 5640 bâtiments (EGID = allée) prioritaires ont été identifiés sur la base des caractéristiques suivantes :

- Il s'agit de bâtiments comportant majoritairement des logements collectifs.
- Leur surface de référence énergétique²¹ est de minimum 500 m².
- Leur construction a été réalisée entre 1946 et 1990.

Les bâtiments satisfaisant à au moins deux des trois critères ont été sélectionnés. Pour chacun d'entre eux, l'indice de dépense en chaleur (IDC), les agents énergétiques utilisés ainsi que la consommation d'électricité sont connus.

L'IDC moyen des bâtiments prioritaires est de 515 MJ/m²/an. Le tableau 8 présente la répartition des bâtiments prioritaires selon leur IDC. La très grande majeure partie d'entre eux (80%) ont un IDC élevée supérieur à l'IDC moyen du canton (430 Mj/m²/an).

La consommation moyenne d'électricité des bâtiments prioritaires est de plus de 121'000 kWh par an. Leur consommation moyenne de chaleur atteint 262'500 kWh/an.

	Nombre d'immeubles	IDC moyen
IDC>=600	1096	667
500<=IDC<600	1912	544
400<=IDC<500	1866	455
300<=IDC<400	547	362
200<=IDC<300	96	263
100<=IDC<200	8	165
0<IDC<100	1	97
n.d.	110	0

Tableau 9. IDC – Bâtiments prioritaires

²¹ Surface de référence énergétique, soit la surface brute de plancher chauffé telle que définie au chiffre 2.3 de la recommandation SIA 180/4. Elle est égale à la superficie de plancher, si la hauteur d'étage est inférieure ou égale à 3m. Si cette dernière est supérieure à 3m, la SRE est corrigée par un facteur comme le quotient de la hauteur d'étage divisée par 3m afin de prendre en considération le volume plus important à chauffer.

Le tableau 9 présent les combustibles de chauffage du parc sélectionné. 78% recourent au gaz ou au mazout. 83% d'entre eux ont été construits avant 1980 (tableau 10 pour une répartition selon les périodes de construction.)

Combustible	Nombre de bâtiments
Mazout	2118
Gaz	2284
CAD	1166
Bois	15
Elec PAC	4
Elec directe	2
Autre	47

Tableau 10. Combustibles de chauffage – Bâtiments prioritaires

Période de construction	Nombre de bâtiments
Avant 1919	55
1919-1945	1
1946-1960	1297
1961-1970	1901
1971-1980	1448
1981-1985	340
1986-1990	558
1996-2000	29
2006-2010	5
2011-2015	1
nd	2

Tableau 11. Période de construction – Bâtiments prioritaires

4.3.2 Potentiel d'économie d'énergie et de changement de combustibles (fuel switch)

Les hypothèses suivantes ont été retenues afin d'estimer les changements d'agents énergétiques (fuel switch) et les gains de consommation résultant des projets de réhabilitations énergétiques :

- Les bâtiments, une fois réhabilités, abandonnent le mazout et le gaz naturel pour des pompes à chaleur (PAC, estimation du COP moyen annuel = 3²²).
- Les bâtiments utilisant, comme énergie avant réhabilitation, la biomasse, les pompes à chaleur ou encore le CAD conserve leur agent énergétique.
- La réhabilitation permet une diminution de la consommation de chaleur : une fois réhabilité, le bâtiment atteint ainsi le standard de haute performance énergétique (HPE)²³. L'écart entre la consommation initiale et celle correspondant au standard HPE indique la réduction atteinte par chaque bâtiment.

²² COP = 3 signifie que pour 1 kWh investi, 3 kWh sont obtenus en retour. Ceci correspond à un standard de performance élevé.

²³ <https://www.ge.ch/dossier-energetique-renovation/renovation-hpe-renovation>

- La consommation d'électricité diminue en outre de 10% grâce à l'amélioration de l'efficacité des appareils électriques.

Le tableau 11 indique les réductions des consommations énergétiques (chaleur et électricité) obtenues par catégorie d'IDC. Les gains atteignent plus de 1.2 milliards de kWh pour la chaleur et 67 millions pour l'électricité. Ceci représente une réduction de 80% de la consommation de chaleur (et de 10% de la consommation d'électricité, conformément à l'hypothèse retenue). La réduction projetée est théorique, elle résulte de l'application des coefficients techniques de consommation des modes de chauffage concernés. Si l'on considère que l'IDC d'un bâtiment HPE se situe au alentour de 140 à 150 MJ/m²/an. La réduction moyenne (IDC moyen de 515MJ/m²/an) atteint ainsi 70% à 75%

Elle correspond aux évidences disponibles. Prognos (2011) estime que la consommation d'énergie destiné à la chaleur ambiante peut être ramené à 60% de la consommation annuelle d'ici à 2050. Prognos (2011) confirme également que le remplacement des chauffages au mazout et électriques, comme des chauffe-eau électriques, pas des systèmes utilisant la chaleur de l'environnement ou les énergies renouvelables améliore nettement l'efficacité énergétique globale.

Il est néanmoins important de souligner que seule la moitié environ des économies potentielles sont effectivement réalisées. Khoury et al. (2018) ont ainsi déterminé qu'avant rénovation, la demande réelle de chauffage (Q_h) de ces bâtiments²⁴ variait entre 708 et 332 MJ/m². Par comparaison avec la valeur annoncée dans les justificatifs thermiques, l'économie de chauffage prévue/théorique liée à la rénovation varie entre 140 et 560 MJ/m². Cependant, dans la réalité la part réalisée de cette économie n'atteint, selon les cas, que 29% à 65% de l'objectif. Selon les auteurs, la part potentiellement réalisable, qui n'est autre que le rapport entre les économies réaliste et théorique, ne varie pas beaucoup selon les différentes catégories de bâtiments et restent stable autour de 50%.

Réduction des consommations résultant de :	Bilan physique
	kWh/an
Réduction de la consommation de chaleur	1'213'227'666
IDC>=600	260'927'899
500<=IDC<600	436'800'228
400<=IDC<500	397'504'464
300<=IDC<400	87'748'439
200<=IDC<300	10'953'567
100<=IDC<200	220'013
0<IDC<100	21'711
n.d.	19'051'345
Réduction de la consommation d'électricité	67'394'002
IDC>=600	9'062'774
500<=IDC<600	19'764'078
400<=IDC<500	29'067'080
300<=IDC<400	7'075'125
200<=IDC<300	1'726'770
100<=IDC<200	53'004
0<IDC<100	0
n.d.	645'171

²⁴ L'analyse porte sur 10 opérations de rénovation dans le canton de Genève faisant l'objet d'un justificatif thermique par performance globale, sans création de surfaces habitables supplémentaires (surélévation), pour lesquelles des relevés de consommation étaient disponibles sur une moyenne sur 3 ans, avant et après Rénovation.

Tableau 12. Réduction théorique des consommations énergétiques

4.3.3 Résultats : valeur des bénéfices environnementaux de la réhabilitation des bâtiments prioritaires du canton de Genève

Les gains environnementaux des rénovations énergétiques sont estimés en comparant le montant des coûts externes résultant de la consommation énergétique des bâtiments avant et après réhabilitation selon la démarche présentée à la section 3. Le bénéfice environnemental estimé correspond ainsi à la différence entre les deux mesures.

Le résultat pour l'ensemble du canton est présenté dans le tableau 12. Les bénéfices environnementaux des réhabilitations énergétiques sont significatifs, ils atteignent 79 millions de CHF/an environ (entre 36 millions et 121 millions de CHF/an si les valeurs extrêmes sont retenues). Selon les bâtiments, les gains moyens se situent entre 6'400 et 21'600 CHF/an.

L'écart entre les estimations minimales et maximales (36 et 121 millions) est important (+/50%), cet écart résulte principalement des marges d'erreurs concernant les émissions de PM, NOx et CO2 par kWh de chaleur ou d'électricité produit. Ces marges d'erreurs reflètent la forte hétérogénéité des performances énergétiques et environnementales des technologies considérées, telles qu'indiqué dans la littérature disponible.

Les tableaux 13 et 14 spécifient les résultats selon les IDC et les changements de technologie de chauffage (fuel-switch entre le gaz ou le mazout vers des énergies renouvelables).

Au niveau des bâtiments sélectionnés, il existe une corrélation positive entre la surface de référence énergétique (SRE) et les bénéfices environnementaux. Une relation positive (mais peu marquée) est également constatée entre l'IDC initial des bâtiments et les bénéfices environnementaux obtenus.

Réduction des impacts environnementaux	Bilan physique	Dommages environnementaux évités CHF/an	
	kWh/an	Min	Max
Réduction de la consommation de chaleur	1'213'237'943	35'302'937	117'106'391
Réduction de la consommation d'électricité	67'394'002	741'334	4'448'004
Totaux		36'044'271	121'554'395
Totaux - moyenne		78'799'333	

Tableau 13. Résultats d'ensemble

Pour rappel, selon les résultats de Houry et al. (2018), seules 50% environ moyenne des économies théoriques projetées sont effectivement réalisées. Sur cette base, le bénéfice environnemental attendu des rénovations énergétiques du parc immobilier prioritaires à Genève est estimé à environ 40 millions de CHF/an (entre 20 et 60 millions de CHF/an).

L'enveloppe d'encouragement de 35 millions, prévues à Genève pour l'année 2019 ; est proche de la valeur moyenne annuelle des bénéfices environnementaux estimés dans cette analyse. Son ampleur semble donc adéquate au vu des bénéfices environnementaux qui seront ultérieurement obtenus par ses rénovations pour autant que le taux d'actualisation reste faible et que la durée de vie des investissements énergétiques consentis ne soit pas inférieure au nombre d'années de subventionnement requis pour que l'ensemble du parc prioritaire (celui considéré dans cette analyse) soit rénové.

Réduction des impacts environnementaux résultant de :	Bilan physique	Dommages environnementaux évités CHF/an			
	kWh/an	Min	Max	Moyenne	par objet
Réduction de la consommation de chaleur & fuel switch	1'213'237'943	35'302'937	117'106'391	76'204'664	13519
IDC>=600	260'927'899	7'714'855	25'633'906	16'674'381	15'214
500<=IDC<600	436'800'228	12'767'779	42'343'036	27'555'407	14'412
400<=IDC<500	397'504'464	11'090'319	36'777'624	23'933'971	12'826
300<=IDC<400	87'758'716	2'726'032	8'989'621	5'857'826	10'689
200<=IDC<300	10'953'567	390'874	1'280'973	835'923	8'708
100<=IDC<200	220'013	13'202	42'819	28'010	3'501
0<IDC<100	21'711	1'022	3'284	2'153	2'153
n.d.	19'051'345	598'854	2'035'128	1'316'991	11'973
Réduction de la consommation d'électricité	67'394'002	741'334	4'448'004	2'594'669	460
IDC>=600	9'062'774	99'691	598'143	348'917	318
500<=IDC<600	19'764'078	217'405	1'304'429	760'917	398
400<=IDC<500	29'067'080	319'738	1'918'427	1'119'083	600
300<=IDC<400	7'075'125	77'826	466'958	272'392	497
200<=IDC<300	1'726'770	18'994	113'967	66'481	693
100<=IDC<200	53'004	583	3'498	2'041	255
0<IDC<100	0	0	0	0	0
n.d.	645'171	7'097	42'581	24'839	226

Tableau 14. Résultats selon l'IDC (avant la rénovation)

Réduction des impacts environnementaux résultant de :	Bilan physique	Dommages environnementaux évités CHF/an			
	kWh/an	Min	Max	Moyenne	par object
Réduction de la consommation de chaleur & fuel switch	989'786'442	32'738'535	108'113'469	70'426'002	15'999
Changement d'agent énergétique (depuis mazout)	467'213'633	21'002'793	67'680'516	44'341'654	20'936
Changement d'agent énergétique (depuis gaz)	522'572'809	11'735'742	40'432'953	26'084'347	11'420
Réduction de la consommation d'électricité	30'097'504	331'073	1'986'435	1'158'754	263
Changement d'agent énergétique (depuis mazout)	12964013	142604	855625	499'115	236
Changement d'agent énergétique (depuis gaz)	17133491	188468	1130810	659'639	289

Tableau 15. Résultats selon le type de changement d'agent énergétique

5 Cas d'études – quartiers

5.1 Présentations des cas d'étude genevois - portraits

Les Minoteries



<http://www.ittenbrechbuehl.ch/fr/projets/les-minoteries>

[Données de base]

Commune : Ville de Genève

Sous-secteur statistique : Les minoteries 2112032

Quartier : rue des Minoteries 1-3-5-7

Nombre d'immeubles/logements concernés : 1 barre d'immeuble, 329 appartements du 2 au 5 pièces.

Date de construction : entre 1971 et 1976

Date de rénovation : 2010-2019

Affectation : Logements, bibliothèque, communs, crèche, infirmerie

Propriétaires : Ville de Genève

[Contexte]

Spécificités du quartier : Quartier à proximité de la rue de carouge et des bords de l'Arve

Typologie architecturale : Niveaux hors-sols : R+7

Patrimoine : Recensement en cours, étude patrimoniale réalisée par l'EPFL (Franz Graf et Mélanie Delaune Perrin)

Agent énergétique avant rénovation : Mazout

[Travaux de rénovation]

Architecture

- Fermeture des balcons et loggias
- Pose de nouvelles façades thermiques
- Traitement du béton en Façade
- Remplacement des fenêtres actuelles par des fenêtres triples vitrage.
- Rénovation des cuisines
- Rénovation des salles de bain

Technique

- Remplacement des colonnes sanitaires
- Installation d'une ventilation double flux
- Remplacement des ascenseurs
- Remplacement des installations techniques
- Remplacement de la chaudière à mazout par une pompe à chaleur
- Installation de panneaux photovoltaïques

Communs/publics

- Amélioration de l'accessibilité aux halls d'entrée
- Rénovation de la crèche

- Rénovation de la bibliothèque
- Création d'un espace de tri à la place des locaux poubelles
- Création d'une ouverture sur le parc pour le club des aînés

Coûts : 90 millions débloqué par la ville

[Dispositifs]

Dispositif de médiation mis en place pour favoriser la communication entre les acteurs (propriétaire, entreprises, locataires). Le relogement a également été organisé en amont du projet par la mise à disposition d'appartements aménagés. Les déménagements ont été assurés par l'association carte blanche.

Les Libellules



www.alferconstructions.ch

[Données de base]

Commune : Vernier

Quartier : 12 à 16 avenue des libellules

Nombre d'immeubles/logements concernés : 1 barre d'immeuble, 504 logements HBM

Date de construction : entre 1964 et 1968

Date de rénovation : 2012-2015

Affectation : Logement, quelques locaux commerciaux au rez.

[Contexte]

Spécificités du quartier : isolé des quartiers urbains environnants par l'av. de l'Ain/Viaduc de l'Ecu, le site industriel SIG/Château Bloch, et les équipements sportifs appartenant à la Ville de Genève ; le quartier manque aussi d'équipements et de commerces.

Typologie architecturale : niveaux hors-sols R+9

Patrimoine : recensement architectural effectué (RAC), évalué comme « Sans intérêt »

Agent énergétique avant rénovation : Mazout

[Travaux de rénovation]

Architecture

- Les salles de bains ont été refaites à neuf
- Remplacement des portes d'entrées
- Remplacement des sols plastiques
- Peinture selon nécessité

Technique

- Installations de panneaux solaires en toiture
- Rénovation des systèmes de chauffage, ventilation, sanitaires
- Révision système électrique
- Rénovations de la tuyauterie

Communs/publics

- Construction d'édicules (espace de rencontre, soutien social...)
- Déplacement de la route pour permettre l'aménagement des édicules
- Création de 10 nouveaux locaux communs dans les immeubles (espace de vie)
- Réaménagement des halls d'entrée et des rez-de-chaussée
- Rafraichissement des couloirs

Coûts : pas d'information

[Dispositifs]

- Soutien de la part de travailleurs social engagé sur le projet.
- Soutien financier de la part de la Confédération : 155'000.-

Cité-jonction Carl-Vogt



<https://www.espazium.ch>

[Données de base]

Commune : Ville de Genève

Quartier : Jonction

Nombre d'immeubles/logements concernés : 5 immeubles, environ 445 logements

Date de construction : entre 1960 et 1964

Date de rénovation : 2019-2021

Affectation : Logements, locaux commerciaux, locaux artisanaux

Propriétaires : Hospice général

[Contexte]

Spécificités du quartier : en surplomb du boulevard Carl-Vogt, A proximité des bords de l'Arve

Typologie architecturale : Barres d'immeubles perpendiculaires, R+7

Patrimoine : Valeur d'ensemble de la cité Carl-Vogt, recensée et classée comme « digne d'intérêt »

Agent énergétique avant rénovation : Mazout

[Travaux de rénovation]

Architecture

- Réfection complète de l'enveloppe thermique (menuiseries extérieures, façades, toitures etc..)
- Réfection complète de l'étanchéité et des ferblanteries
- Traitement de la carbonatation du béton

Technique

- Rénovation de la distribution sanitaire principale
- Remplacement des installations de chauffage et ventilation

Communs/publics

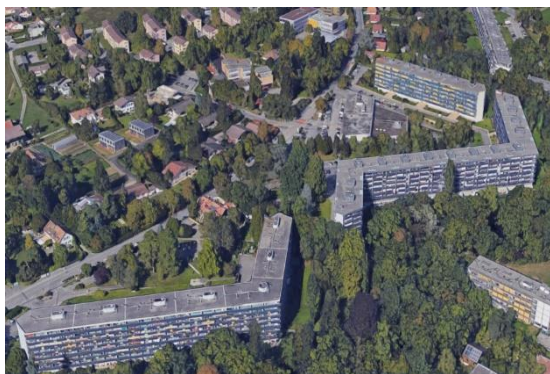
- Réfection et amélioration des aménagements extérieurs
- Rénovation légère des parties communes (entrées, cages d'escaliers)

Coûts : 4,5 millions de CHF (à préciser)

[Dispositifs]

- Un dispositif interne a été mis en place par le MO → assistante sociale à la rencontre des habitants
- Bulletin d'information aux locataires (parution tous les 3-4mois)
- Permanence téléphonique
- 2^{ème} phase : intendant et coordinateur à disposition des locataires
- Organisation de rocades pour les appartements en travaux

Montagnes



<https://groupe-montagne.ch>

[Données de base]

Commune : Chêne-bougeries

Quartier : chemin de-la-montagne 70 à 134

Nombre d'immeubles/logements concernés : 3 groupes d'immeubles, 550 appartements

Date de construction : entre 1961-1970 / 1996-2000

Date de rénovation : 2018- en cours

Affectation : Logements, commerces (centre commercial coop)

Propriétaires : SwissLife, Crédit Suisse

[Contexte]

Spécificités du quartier : Grandes barres d'immeubles entourées de verdure à proximité de la Seymaz

Typologie architecturale : Niveaux hors-sols R+6/R+5

Patrimoine : recensement architectural effectué (RAC), évalué comme « Intéressant »

Agent énergétique avant rénovation : Mazout

[Travaux de rénovation]

Architecture

- Surélévation de deux niveaux
- Renforcement structurel
- Désamiantage des appartements
- Rénovation des façades (isolation, garde-corps, balcons, fenêtre)
- Cuisine des appartements : Remplacement tuyauterie, nouveau revêtement de sol, nouvel équipement de cuisine, rafraichissement des peintures.
- Salles de bains : Remplacement tuyauterie, nouveau revêtement de sol, Remplacement appareils sanitaires, rafraichissement des peintures.

Technique

- Remplacement des installations techniques

Communs/publics

- Extension du parking existant
- Aménagements extérieurs repensés

Coûts : 4,5 millions de CHF (à vérifier)

[Dispositifs]

Signature d'une charte/convention entre propriétaires, locataires et entreprises, à la suite de contestations des habitants, constitués en association (Groupe Montagne). La convention a également été faite avec l'aide du Conseil d'Etat et intervient jusqu'aux autorisations de construire afin d'assurer le règlement pendant la durée du chantier.

5.2 Entretiens, synthèse, résultats

L'approche méthodologique du projet TURN est structurée en plusieurs niveaux. L'un d'eux a consisté en des retours d'expériences des opérations de rénovation menées à Genève. Ainsi, quatre études de cas ont été réalisées sur les opérations de Chemin de la Montagne (Chêne-Bougeries), Minoteries (Genève), Cité Carl-Vogt (Genève) et Libellules (Vernier), à partir d'entretiens semi-directifs conduits auprès de porteurs de projets, de représentants d'habitants et d'architectes, notamment.

La présente synthèse résulte du codage de la retranscription des entretiens. Un triple objectif a été visé. Il s'est agi, tout d'abord, de mettre en évidence les thématiques présentes au sein d'un même entretien puis de mettre en lien ces thématiques avec celles présentes dans les autres entretiens. De là, des catégorisations générales ont émergé, éclairant les modalités de l'aide à la décision et à la planification de la transition énergétique des quartiers urbains.

5.2.1 Rapport des acteurs à la rénovation énergétique du bâti

La mise en œuvre d'un dispositif de rénovation des bâtiments présente une dimension technique ainsi qu'une dimension sociale. Celle-ci se comprend par le fait que le domicile est à la fois l'objet d'une transaction marchande (vente, achat, location) ainsi qu'un espace intime investi par de multiples significations (position sociale, mémoire familiale, relations intergénérationnelles). L'engagement de travaux de rénovations du bâti s'avère être *une action directe et prolongée* sur la propriété des investisseurs d'une part et sur la vie quotidienne des bénéficiaires d'autre part. Dans la partie qui suit, nous expliciterons alors le rapport des propriétaires et des locataires à la rénovation énergétique du bâti.

Les propriétaires

Motivations

Le recueil des récits d'expériences des grands propriétaires institutionnels (fondations, caisses de pension) et des plus petits propriétaires révèle que ces derniers se montrent généralement sensibles à la nécessité d'engager des travaux de rénovation énergétique. Or, l'intérêt énergétique n'est pas systématiquement l'élément déclencheur du processus. Une enquêtée, directrice du patrimoine du bâti, l'explicite en ces termes : « *un bâtiment [...] va vieillir plus ou moins bien [...]. Ce moment de remise en état n'est pas forcément lié à des questions énergétiques mais à un problème de vétusté. Alors, quand on refait ça, on va s'occuper de l'énergie aussi* ». Et une autre enquêtée, directrice d'un service immobilier, d'ajouter : « *dans le passé, il avait fallu remplacer les ascenseurs pour des raisons de sécurité. On suit de manière générale toute l'évolution des normes, et puis il y a ce volet énergétique. On se demande alors, dans cet élan, quelle amélioration nous pouvons apporter à la consommation des bâtiments* ». Pour les propriétaires, toutes catégories confondues, ce sont les aspects liés à la vétusté des immeubles, au besoin de sécurisation des équipements, et à la nécessité d'assister une population vulnérable, qui motivent le déclenchement des travaux de rénovation. Précisons toutefois que les propriétaires institutionnels disposent généralement de services internes chargés d'organiser et de suivre les processus de rénovation. Cela facilite alors d'autant plus l'engagement des rénovations.

Freins

Si la rénovation énergétique importe bien que faisant l'objet d'arbitrages multiples, les petits propriétaires signalent, malgré tout, un certain nombre de freins. Ainsi, en entretien, ils évoquent une capacité de portage limitée par « *la taille et la structure des services de travail* ». Par ailleurs, les grands comme les petits propriétaires affirment d'une même voix que le portage du projet de rénovation est rendu difficile du fait des multiples procédures à suivre et des temporalités à respecter. « *Il faut tenir compte de la capacité politique de la Ville à traiter les dossiers. Le conseil municipal débat d'une foule de dossiers. A un moment, il n'arrive pas à faire plus que ce qu'il est capable de faire ; c'est-à-dire qu'il y a un ordre du jour et en plus de l'ordre du jour il y a les urgences etc., donc le conseil a du mal* », précise une enquêtée. Une autre ajoute : « *au niveau cantonal, il y a notamment tout le traitement des dossiers de requête en autorisation et là aussi, même si nous étions très rapides, si on pouvait traiter plus de dossiers, il y aurait un embouteillage ailleurs* ».

En outre, lors des entretiens, ces mêmes propriétaires ont tenu à signaler les freins que représente le financement de la rénovation énergétique. En effet, le coût du chantier, qui s'avère souvent plus élevé que les estimations initiales, peut contraindre les propriétaires à adapter le loyer à la hausse. Par ailleurs, le sens des investissements est questionné par les propriétaires : « *les premiers francs qu'on investit sont très efficaces en termes de résultats mais les derniers, ce sont des francs qui tendent vers l'infini. Donc si on veut 100% d'efficacité énergétique, ça va nous coûter un montant qui n'est pas raisonnable au regard des enjeux* ». Les propriétaires évoquent aussi leur recherche perpétuelle d'équilibre entre le coût de l'investissement et le gain énergétique : « *nous, quand on lance une rénovation, on essaie justement de porter attention au meilleur rendement prix et amélioration énergétique, de voir ce qui améliore les consommations énergétiques de l'immeuble. On fait alors des diagnostics et puis on regarde où est la plus grande plus-value au niveau énergétique et quel est le coût. C'est ce qui nous permet de faire l'arbitrage. Parfois il y a des choses qui coûtent assez cher et puis qui rapportent peu énergétiquement. On préfère se passer de celles-là et se focaliser sur celles qui ont un résultat beaucoup plus fort* ».

Les locataires

Motivations

Premiers usagers des bâtiments à rénover, les locataires se montrent tendanciellement favorables à la rénovation énergétique ainsi qu'aux travaux qui l'accompagnent. En entretien, les locataires disent espérer la réalisation de ces rénovations en raison de la vétusté des immeubles et de l'inconfort général éprouvé. Ainsi, un enquêté témoigne : « *les gens demandent les rénovations. Ici, c'est des vraies passoires. On a froid en hiver et, quand il y a la bise, vous sentez carrément les courants d'air. Donc les gens veulent ces rénovations* ». Un autre enquêté, pour sa part, rapporte : « *à un moment, il fallait quand même rénover ces immeubles, ils avaient plus de cinquante ans, il y avait des tas de choses qui n'allaient pas : le chauffage qui ne marchait plus très bien, les conduits. Il fallait rénover* ». Par conséquent, pour les locataires, bénéficier d'un logement dont certaines parties ont été remises à neuf, certains équipements réparés, retrouver un confort quotidien, une source intime de dignité, sont autant d'éléments qui rendent la rénovation énergétique désirable et donc acceptable. De plus, résider au sein d'espaces rénovés, embellis et soignés, offre aux locataires la possibilité de gagner en estime d'eux-mêmes. En atteste ce propos d'une enquêtée : « *n'empêche que le quartier, c'est quand même un quartier qui est peut-être moins stigmatisé aujourd'hui, parce que c'est plus joli. On peut dire ce qu'on veut mais c'est devenu beaucoup plus joli de l'extérieur* ». Ces éléments suggèrent que la rénovation énergétique n'est pas tant visée pour ses vertus écologiques que pour la forme de réparation et de rattrapage qu'elle offre suite à la dégradation et à l'usure de l'environnement de vie. Les locataires semblent ainsi avoir tendance à faire un usage orienté de la rénovation énergétique tourné, prioritairement, vers l'amélioration de leurs conditions de vie.

Freins

Si la rénovation énergétique présente, pour les locataires, des intérêts certains, elle présente aussi un ensemble d'inconvénients. En entretien, les locataires ont fait état de nombreuses difficultés provoquées par la mise en chantier des logements. « *Les gens ne sont concernées que par le bruit* », rapporte un enquêté. « *Ça, ça a été pénible* ». Les nuisances sonores sont importantes à considérer car elles mettent à l'épreuve des habitants dont le quotidien est souvent difficile (difficultés financières, pénibilité du travail, état de stress, troubles du sommeil). De plus, en entretien, les locataires disent aussi regretter la manière dont leur intimité a été perturbée par « *l'intrusion* » de tierces personnes. « *Il y a eu une série inimaginable de problèmes liés à l'intervention de différents corps de métiers dans des appartements où des gens habitent. La question de l'intimité et de l'intrusion est donc présente en force* », rapporte un locataire. A cela s'ajoute des perturbations liées au va et vient continu de nombreuses personnes au sein même de l'appartement : « *ouvriers, architectes, employés de la régie, entrent dans notre appartement et donc aussi dans la chambre à coucher. Les ouvriers sont vraiment dans notre appartement. Lorsque les stores doivent être ouverts pour plusieurs semaines pour divers travaux de façade, les ouvriers ont une vue dans notre chambre depuis l'échafaudage. Puis il y a des traces de doigts sales sur l'interrupteur de la salle de bain, de l'urine sur la lunette des WC* ». Ce type de désagréments, typique des travaux de rénovation en chantier habité, sont, là encore, à considérer avec sérieux car ils représentent de réelles nuisances quotidiennes. Les locataires peuvent alors, dans

certaines situations, être contraints de « *louer des appartements en Airbnb parce qu'ils ne supportent pas de rentrer chez eux le soir avec un appartement sens dessus dessous* ».

La question financière constitue, pour les locataires, une autre difficulté posée par la rénovation énergétique. Plus précisément, c'est la question de la hausse des loyers qui attire à elle craintes et plaintes. En entretien, le membre d'une association explique : « *après les travaux de rénovation, il est question d'adapter le nouveau loyer au loyer de base. Dans certains cas, on a calculé que cela pouvait impliquer une augmentation de 80 %, soit presque le double. Effectivement, ces locataires avaient des loyers très bas qui dataient des années soixante et qui, depuis, n'ont pas été revus à la hausse. Mais d'un coup, ils se sont retrouvés avec un loyer élevé* ». L'augmentation des loyers – ou du moins sa crainte – est alors susceptible de freiner voire de bloquer l'avancée du projet de rénovation énergétique tel qu'en témoigne cet enquêté : « *Dans les immeubles de Frank-Thomas, je sais qu'ils ont eu 30 % d'augmentation. Ils ont tous fait opposition mais, au final, ils ont tout de même eu 12 % d'augmentation en se battant et tout. Donc nous on verra, on fera certainement opposition parce qu'il y a des choses que la régie n'a jamais rénovées pendant cinquante ans. Et ces choses auraient dû être faites avant* ».

5.2.2 L'accompagnement des locataires

En entretien, les personnes interrogées se sont longuement exprimées à propos des formes d'accompagnement mises en œuvre lors des processus de rénovation énergétiques. Cet accompagnement, systématiquement abordé, a connu des formes multiples et a fait l'objet d'appréciations différentes. Dans la partie qui suit, nous expliciterons les types d'accompagnement dont les locataires ont pu bénéficier ainsi que les apports et les difficultés rencontrées par ces derniers ainsi que par les propriétaires.

Les types d'accompagnement des locataires

Le recueil des récits d'expériences des locataires permet d'identifier plusieurs formes d'accompagnement visant la facilitation des rénovations d'une part et l'amélioration de leur cadre de vie d'autre part.

L'accompagnement social

L'analyse des entretiens révèle la dispense d'un accompagnement de type social que caractérisent deux formes principales. La première forme a consisté en la rencontre des locataires et en la récolte de leurs besoins, difficultés et craintes. Ce travail au long cours peut parfois s'avérer nouveau pour le médiateur qui a à le conduire. Une enquêtée explique la manière dont elle s'est familiarisée à ce travail : « *je suis allée rencontrer les architectes, j'ai passé une demi-journée [...] pour voir leur système de rocade, pour qu'ils m'expliquent. J'ai rencontré les autres médiateurs. Les travaux n'avaient pas encore commencé. Il a donc fallu mettre sur pied un projet d'accompagnement. Qu'est-ce qu'on fait avec les locataires ? Comment on les accompagne ?* ». Pareille expérience indique que l'accompagnement de type social est maîtrisé de façon variable. Une fois ce savoir-faire approprié, la personne a pu partir à la rencontre des locataires : « *j'ai pris le parti d'aller rencontrer chaque locataire* », explique-t-elle. Le porte-à-porte se révèle être une méthode précieuse parce que précise bien que fastidieuse : « *alors c'était un peu difficile au début parce que moi j'y allais pour leur poser des questions, pour savoir combien ils étaient dans le logement, est-ce qu'ils avaient des difficultés particulières, à quoi ils s'attendaient. Et puis je voulais leur présenter les travaux, globalement. Et puis, en fait, il y avait beaucoup. C'était intéressant parce que j'étais là pour faire le lien avec le cabinet d'architecte, avec le propriétaire, avec le service de gérance. Donc il y a eu tout ce travail au départ. Faire remonter les questions des locataires. J'étais une courroie de distribution. En prenant les informations – telle personne est à l'AVS, elle est toute seule, elle a des difficultés de mobilité – j'ai beaucoup appris* ».

La seconde forme que connaît l'accompagnement social consiste en la mise en place d'un certain nombre de micro-dispositifs destinés à anticiper voire à apaiser les inquiétudes des locataires et à désamorcer les formes de résistance en germe. Ainsi, la création d'une permanence téléphonique, d'une permanence « *direction des travaux* », d'« *un espace café* », a favorisé une relation continue de dialogue entre les locataires et les multiples responsables et médiateurs du chantier de rénovation. De plus, dans le cadre des situations de relogement temporaire des locataires, ces derniers ont été sensibles à l'aide matérielle qui leur a été apportée : « *moi, explique un enquêté, j'ai beaucoup de dossiers et j'en ai besoin pour travailler. Alors j'ai demandé des cartons, on m'en a donné et puis le jour J ils sont venus, il y avait cinq personnes dont l'intendant, dont le coordinateur et une représentante de la régie et ils ont pris mes affaires et ils les ont amenées de*

l'autre côté ». Un autre enquêté exprime sa satisfaction quant à l'aide reçue : « *Franchement mieux que ça on ne peut pas. On a eu l'entreprise de déménagement qui vient gratuitement vous chercher les cartons, les meubles, ils mettent la TV en place, les lustres, la même chose pour le retour. Pour les gens âgés qui n'arrivaient pas à faire leur carton, c'est l'entreprise de déménagement qui faisait le déménagement* ». L'expression de cette satisfaction est importante à considérer. Elle révèle le souci des locataires d'être accompagnés et soutenus une fois le chantier de rénovation lancé et cela jusqu'à son terme. La mise en place d'un accompagnement de type social est porteur de plusieurs bienfaits dont celui de favoriser le bien-être des locataires et de faciliter, par conséquent, la poursuite des travaux de rénovation énergétique.

L'accompagnement informationnel

En entretien, les locataires ont insisté sur la nécessité d'être régulièrement informés quant à l'organisation, l'avancement et les potentiels retards du chantier de rénovation. Cette forme d'accompagnement est importante car elle confère aux locataires le sentiment que « *la vérité* » leur est dite. En témoigne le propos de cet enquêté : « *je pense que le travail en amont est super important, dire en fait, dire la vérité surtout. Je pense que la communication à ce niveau-là est hyper importante, je pense que la base du projet c'est ça, c'est la communication. Les gens, en général, tant qu'on leur dit la vérité et qu'on répond à leurs questions, qu'on dit exactement ce qui va se passer, s'ils voient que ça ne se passe pas comme on leur a dit, ils n'ont plus confiance en le projet et puis ils mettent les pieds contre le mur, c'est ça* ». Une autre enquêtée rapporte avoir été satisfaite par la mise en place d'« *une sorte de gazette* », un « *bulletin d'informations sorti tous les trois ou quatre mois pour annoncer les changements* ». La communication est donc perçue par les locataires comme un gage de transparence, marque de la considération et du respect qui leur sont portés.

5.2.3 Rapport des acteurs à l'accompagnement

Les dispositifs d'accompagnement visent à soutenir les locataires dans cette épreuve de la rénovation énergétique d'une part, et à favoriser la poursuite du chantier jusqu'à son terme d'autre part. La complexité de ces dispositifs d'accompagnement consiste en la multiplicité d'acteurs qui y sont rattachés. Porté par une grande diversité d'acteurs, l'accompagnement semble connaître, en outre, des dimensions variables. Comme le rapport REX-AMU SIG a ainsi pu le mettre en évidence, l'accent n'est pas toujours mis sur les mêmes types d'accompagnement. Dans certains cas, le dispositif se centre sur la relation propriétaire/locataire. De là, c'est alors un accompagnement de type social et informationnel qui est privilégié. La finalité écologique apparaît alors secondaire, la priorité étant accordée au bien-être et au confort des habitants. Dans d'autres cas, l'accompagnement est davantage centré sur l'accompagnement participatif qui cherche à mettre en place une dynamique collective. Dynamique qu'anime la nécessité de familiariser les locataires à la question écologique. Le soutien quotidien des locataires et la résolution des problèmes rencontrés par ces derniers apparaissent alors secondaires. L'existence de ces deux tendances de l'accompagnement, tantôt convergentes tantôt divergentes, conduisent les locataires ainsi que les propriétaires à porter un regard ambivalent sur les dispositifs d'accompagnement. Dans la partie qui suit, nous expliciterons le rapport de chacun de ces acteurs à ces dispositifs.

Les locataires

Les locataires, nous l'avons dit, sont particulièrement demandeurs d'accompagnement. De ce fait, en entretien, ces derniers ont tenu à faire état de besoins spécifiques qui n'ont pas toujours, selon eux, été satisfaits. Ainsi en va-t-il de la question de la communication : « *les gens ne savaient pas si c'était trois étages, quatre étages, un étage [...]. On s'est dit ensuite qu'il fallait trouver des informations, on les a trouvées [...] et on s'est dit maintenant qu'on sait exactement quel est leur projet, on va informer les habitants et on a organisé la première assemblée générale des habitants de la cité Carl Vogt au mois de janvier 2011* ». La non transmission d'informations aux locataires est toujours susceptible de faire naître en eux un sentiment de défiance et d'engager, dès lors, des oppositions collectives. Par ailleurs, en entretien, les locataires insistent aussi sur leur besoin de comprendre le sens de l'engagement des travaux de rénovation énergétique ; ce qui implique que des éléments de compréhension leur soient apportés durant la phase d'accompagnement : « *il faut être précis et que tous les corps de métiers soient là pour dire voilà ce qu'on va faire, oui, il y a de l'amiante et les gens ils savent à quoi s'attendre, comment ça va se passer, ce qui va changer* ».

Les propriétaires

Les propriétaires, à l'instar des locataires, se montrent intéressés à l'idée de pouvoir bénéficier d'un accompagnement qui vient les soulager de nombreuses tâches et activités qu'ils ne peuvent ou ne savent pas prendre en charge. Remarquons que les attentes des propriétaires à l'égard du projet d'accompagnement varient selon leurs capacités propres de portage. Ainsi, en entretien, les grands propriétaires rapportent que, bénéficiant déjà d'une équipe de travail en interne (maîtres d'œuvre, architectes), leurs besoins se situent davantage au niveau de la pédagogie écologique. Ils attendent alors que les professionnels en charge de l'accompagnement sensibilisent les locataires aux éco-gestes, notamment. Les petits propriétaires, pour leur part, vivent la situation inverse. En effet, n'étant pas en mesure de gérer l'ensemble des effets engendrés par le chantier de rénovation, ils sont tendanciellement portés à attendre du dispositif AMU qu'il prenne en charge l'accompagnement social et informationnel.

Si l'accompagnement social et l'accompagnement informationnel ont principalement été évoqués par les enquêtés, il est important de noter que ce ne sont pas là les seules formes de l'accompagnement à la rénovation. En effet, l'accompagnement aux éco-gestes (dont nous avons déjà dit quelques mots) et l'accompagnement participatif, du fait de leur mise en œuvre par ailleurs, méritent d'être, ici, signalés. Le premier accompagnement vise à sensibiliser au bon usage de l'immeuble une fois le chantier terminé pour limiter le *performance gap* (différence de performance énergétique du bâtiment entre performance théorique estimée et performance réelle) par le biais de visites individuelles ou d'ateliers spécifiques visant à susciter des comportements plus appropriés des habitants au sein de leur logement (achat d'objets à basse consommation d'énergie, aération, chauffage, ...). Le second accompagnement cherche à créer une dynamique collective au sein de l'immeuble, de l'ensemble, voir du quartier. Ce type d'accompagnement vise à améliorer la cohésion sociale et à promouvoir une appropriation des lieux par les habitants. La faible voire la non mention de ces deux types d'accompagnement dans le cadre des entretiens menés est significative de l'évaluation variable de leur pertinence et de leur nécessité par les acteurs, comme le rapport REX AMU SIG le précise.

Pour conclure la présente synthèse d'entretiens, nous souhaiterions attirer l'attention sur la relation qui existe entre les processus internes de rénovation énergétique et les processus externes de transformation urbaine qu'ils sont susceptibles d'engendrer. En effet, quelques-unes des personnes interrogées ont manifesté tantôt leur satisfaction tantôt leur aspiration à voir advenir des améliorations environnementales qui incluent des améliorations de leur environnement de vie. Dans quelles mesures, alors, la rénovation énergétique peut-elle devenir un levier de reconfiguration du quartier ? Comment faire de cette rénovation, non pas l'achèvement d'un processus, mais l'initiation d'autres processus ? Ces questionnements convoquent une pluralité d'acteurs, exigent des formes d'innovation méthodologique et sollicitent pleinement les savoirs des sciences sociales.

6 Quartier pilote : Chemin Pontets 4-18

6.1 Motivation et objectifs

Les éclairages théoriques et institutionnels (Chapitre 3) ainsi que les retours d'expériences sur les cas d'étude de rénovation énergétique (Chapitre 5) ont fait ressortir un certain nombre d'enjeux et de questionnements à traiter dans une démarche de rénovation à l'échelle d'un ensemble ou quartier.

Les cas d'étude au Chapitre 5 ont traité uniquement d'ensembles gérés des propriétaires uniques. Mais beaucoup d'immeubles ou d'ensembles à Genève appartiennent à plusieurs propriétaires. La coordination entre ces derniers est ainsi un enjeu fondamental, les stratégies de maintien et valorisation du parc bâti n'étant souvent pas les mêmes.

Tenant compte de cet aspects et d'autres soulevés dans les chapitres précédents, les principales questions à traiter dans un projet pilote de rénovation sont les suivantes :

- Quelle place et priorité occupe l'énergie dans les motivations d'entreprendre une opération de rénovation ?
- La rénovation est-elle limitée au bâtiment ou s'inscrit-elle dans une démarche de revalorisation des espaces extérieurs à l'échelle du quartier ?
- Sur quoi porte la rénovation ? Rénovation globale et totale de l'ensemble ou en partie ? Quelle priorité entre optimisation des installations techniques vs rénovation d'ensemble ?
- Quelle coordination et mutualisation possible lorsque l'ensemble appartient à plusieurs propriétaires ? Une rénovation d'ensemble peut-elle être préconisée selon le principe d'économie d'échelle ?
- Quelles implications financières d'un projet de rénovation, quel report sur les loyers des locataires selon la stratégie financière du propriétaire ?
- Quel dispositif d'accompagnement social des locataires ? Une mutualisation de cet accompagnement entre plusieurs propriétaires est-elle possible ?

Ainsi, l'objectif de cette étude pilote est de confronter ces questionnements et enjeux à une situation réelle où aucune décision de transition énergétique n'a été encore prise, de pouvoir en conséquence accompagner les propriétaires dans la phase amont du processus (prise de conscience, motivations) et de contribuer au déclenchement du processus de rénovation.

6.2 Contexte et présentation du quartier pilote

6.2.1 Choix et situation du quartier

L'ensemble de logements collectifs choisi porte sur le chemin de Pontets 4 à 18 situé dans la Ville de Lancy. Ce choix résulte de plusieurs opportunités et s'est fait pour les motifs suivants :

- Contexte très porteur : l'ensemble se situe dans la Ville de Lancy qui a lancé la démarche Lancy Rénove visant à encourager et accompagner les propriétaires à se lancer dans des opérations de rénovation, en partenariat avec l'OCEN et les SIG et les démarches d'AMOen et d'AMU.
- Ensemble appartenant à plusieurs propriétaires : le cas est propice pour des mener des réflexions sur la coordination entre propriétaires autour de la rénovation.
- Priorité énergétique : l'IDC du bâtiment n'est pas satisfaisant (proche de 600 MJ/m²/an) et est prioritaire pour une intervention. Par ailleurs, il est prévu de le raccorder au réseau CAD des SIG dès 2025.

Idéalement, nous aurions souhaité sélectionner un ensemble se situant dans l'un des périmètres doublement prioritaires au niveau énergétique et social selon les démarches présentées aux sections 4.1 et 4.2. Mais l'ensemble choisi, s'il répond à tous les autres critères (énergie, ensemble de logements collectifs des années

1946-1990), ne constitue pas une priorité sociale. Malgré cela, selon les motivations énoncées ci-dessous, il offre un cadre d'analyse en phase avec la plupart des questions de recherche du projet TURN.

Comme illustré sur les plans de situation ci-dessous, l'ensemble se situe au sud de la Ville de Lancy entre les avenues Eugène-Lance et Communes réunies, en face du quartier des Palettes. Il est très bien desservi par les transports publics (tramway, Léman Express) et voies cyclables, et se situe dans un cadre de verdure généreux, aux abords en particulier du parc de Bachet.

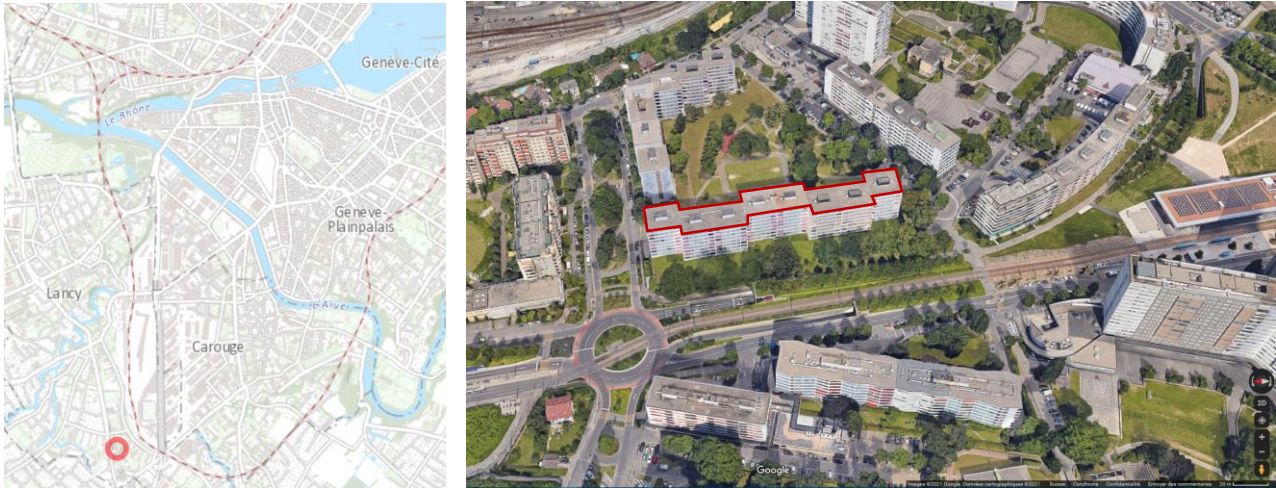


Figure 16. Situation de l'ensemble 4-18 ch. Pontets (source : STIG/image de gauche, Google/image de droite)

Sur le plan énergétique, l'approvisionnement en chaleur se fait à travers une chaudière au mazout centralisée située au n°10. La distribution hydraulique est également commune sur tout l'ensemble et n'est pas homogène pour assurer un débit et température minimums dans les extrémités. Ainsi, un seul comptage de la chaleur consommée est effectué au niveau de la centrale et non pas par allée ou entrée d'immeuble. Dans les appartements, la chaleur est distribuée au moyen de plafonds rayonnants.

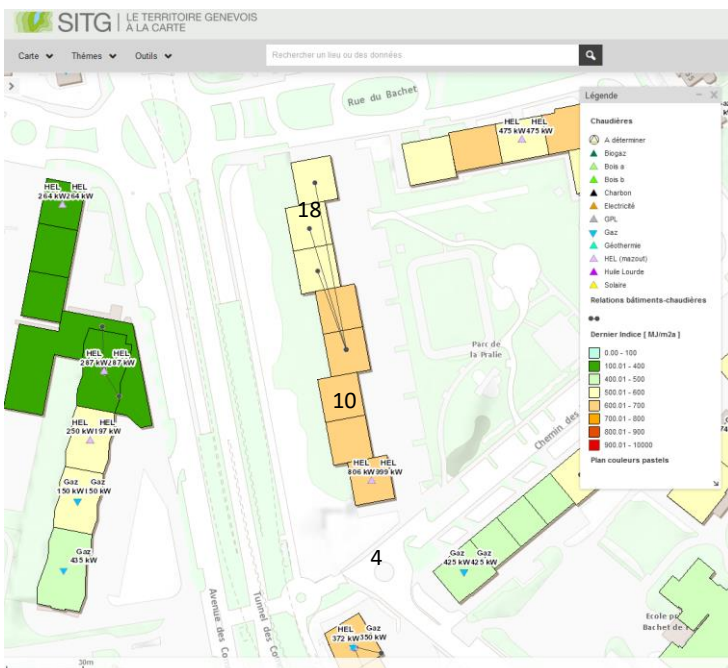


Figure 17. IDC et chaudières (source : STIG)

Données principales:

- Epoque de construction : 1971-1980
- Nombre de niveaux : 10
- Hauteur : 30 m
- SRE totale : 18'376 m²
- Moyenne IDC (2020) : 580 MJ/m²/an
- Chaufferie centrale :
 - 2 chaudières
 - 806 kW/chaudière
 - Agent : Mazout
 - Renouvellement : 2007

Le réseau CAD structurant des SIG est en cours de réalisation dans le secteur des Palettes (Figure 18). Il inclura l'ensemble des Pontets dès 2025 (tracé en vert). La centrale de chauffe à biomasse et au gaz est localisée aux Palettes. A terme en 2030, le réseau sera interconnecté au CAD Rive-Gauche garantissant une part d'énergies non fossiles de 80%.

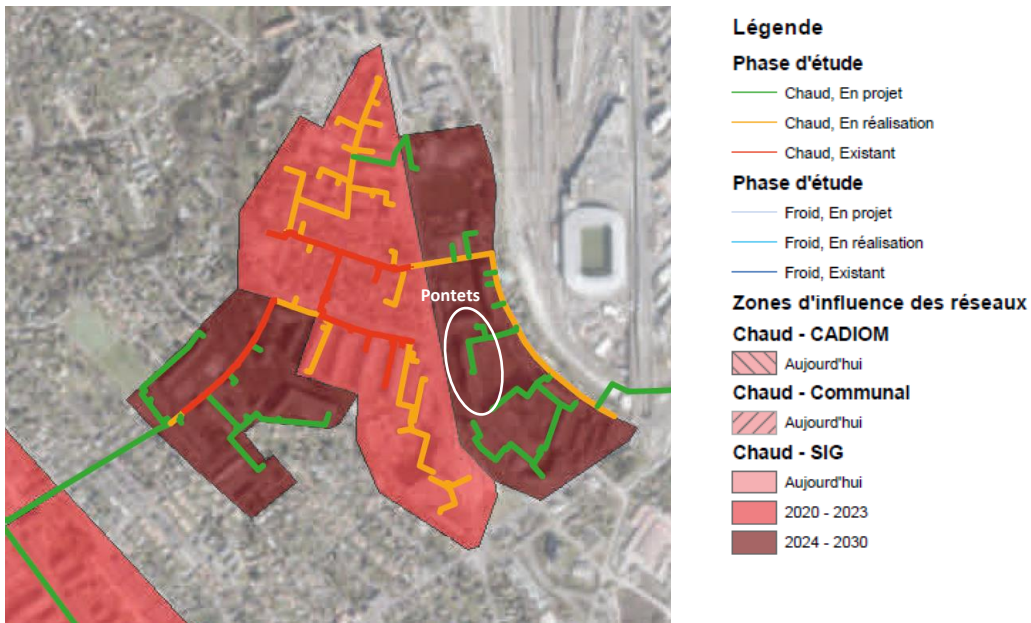


Figure 18. Extrait de la carte du déploiement des réseaux thermiques structurants (source : PDE 2020-2030)

6.2.2 Propriétaires et interventions passées

L'ensemble appartient à quatre propriétaires, dont trois propriétaires institutionnelles et une propriétaire privée :

- n°4 : Propriétaire privée,
- n°6, 8 : Caisse de prévoyance des fonctionnaires de la police et des établissements pénitentiaires (CP)²⁵,
- n°10, 12 : fondation PARLOCA Genève²⁶,
- n°14, 16, 18 : Caisse de prévoyance de l'Etat de Genève (CEG)²⁷.

Les propriétaires ont réalisé des interventions ponctuelles durant les vingt dernières, soit séparément, soit de façon commune, comme synthétisé dans le tableau ci-dessous.

²⁵ <http://www.cppolice.ch/>

²⁶ <http://www.parloca-geneve.ch/>

²⁷ <https://www.ceg.ch/>

	CPEG	PARLOCA	CP
Fenêtres	Double vitrage (2000)	Double vitrage (2009)	Double vitrage (année inconnue)
Toiture	Travaux sur la toiture (2000)	Pas de travaux réalisés	Pas de travaux réalisés
Façades	Mesures d'entretien et de sécurité en 2010 (tablettes de fenêtre en ardoise, changement des stores, rafraîchissement)	Travaux de carbonatation, étanchéité sous les fenêtres (2014)	Pas de travaux réalisés
Chaufferie	Remplacement de la chaufferie commune en 2007		
Optimisation énergétique	Les propriétaires se sont coordonnées pour mettre en place un contrat d'optimisation énergétique (COE) avec Energo sur l'installation de chauffage (incluant le monitoring de consommations et l'audit dans les appartements – réglage des vannes) et s'attendent à une baisse significative de l'IDC d'ici 2023.		

Tableau 16. Interventions réalisées par les propriétaires jusqu'à présent

Mise à part l'optimisation énergétique et le remplacement des fenêtres, les autres interventions concernent la sécurité et l'entretien, mais n'ont pas d'effets particuliers sur le plan énergétique.

6.3 Interactions avec les propriétaires

La stratégie de transition énergétique sur Pontets s'est essentiellement construite à travers des rencontres individuelles et groupées avec les propriétaires. Nous en présentons dans ce qui suit la synthèse. Une autre source d'information importante est un travail de bachelor réalisé sur l'ensemble qui a permis d'approfondir l'état thermique du bâtiment et de proposer des solutions techniques de rénovation. Les résultats seront présentés à la section 6.4.

6.3.1 Entretiens et workshops

Les rencontres avec les propriétaires ont eu lieu de trois manières.

1. **Entretiens individuels** visant à présenter les stratégies énergétiques sur le parc immobilier des propriétaires de façon globale à Genève, les actions passées sur Pontets et les motivations et besoins pour les interventions futures à mener :
 - a. CP : 12 avril 2021
 - b. CPEG : 16 avril 2021
 - c. PARLOCA : 23 avril 2021
2. Deux **workshops** réunissant tous les propriétaires institutionnels :
 - a. Workshop 1 (15 juin 2021) : présentant et discutant les résultats des entretiens individuels, les positions communes et divergentes.
 - b. Workshop 2 (7 septembre 2021) : discutant des axes stratégiques et d'une feuille de route.
3. **Atelier Lancy RénoVe** (2 novembre 2021) : une table de discussion a été consacrée au cas de Pontets, associant les propriétaires et les services préavisés du Canton ainsi que des experts.

Malheureusement, il n'a pas été possible d'associer à la démarche la propriétaire (privée) du n°4, qui n'a pas répondu aux sollicitations. Cette situation démontre bien la difficulté à initier et mettre en œuvre des projets de rénovation communs sur des bâtiments ou des ensembles comprenant plusieurs propriétaires.

La prise de contact avec les propriétaires a été facilitée par M. Pierre Olivier, consultant AMU et mandaté dans le cadre du processus Lancy-RénoVe. Il a assisté, avec l'équipe du projet TURN, à toutes les séances avec les propriétaires. La Commune de Lancy (Mme Claudia Bogenmann) étant également présente lors des deux workshops.

6.3.2 Synthèse des rencontres

Le tableau suivant synthétise les positions exprimées par les propriétaires lors des entretiens individuels, par rapport à la stratégie en général de la gestion de leur parc immobilier et leurs motivations sur la rénovation de Pontets.

	CP	CPEG	PARLOCA
Approvisionnement en énergie	<ul style="list-style-type: none"> - Peu favorable au CAD (charges prohibitives pour les locataires) - PAC plus rentables et abordables pour les locataires. - Solaire: être en mesure de pouvoir se soustraire du solaire thermique (dérogation). 	<ul style="list-style-type: none"> - Stratégie du 'fuel switch' basée sur le CAD - PAC pas soutenables, frais de maintenance élevés, manque de compétences chez les chauffagistes. - Solaire PV: autoconsommation sur les communs d'immeuble, pas de RCP sur ménages en vue. 	<ul style="list-style-type: none"> - CAD/PAC: question pas abordée explicitement - Solaire: pas systématique sur les rénovations
Rénovation: stratégie en général et motivations sur Pontets	<ul style="list-style-type: none"> - Stratégie basée sur la rénovation globale d'enveloppe (2-3 bât. / an), dissociée de l'entretien des logements (intérieur) - Pontets: bâtiment prioritaire, nécessite une intervention globale (façades et toiture) - OK si les autres propriétaires sont partants - Nécessaire de renégocier la répartition des charges énergétiques 	<ul style="list-style-type: none"> - Stratégie "progressive" basée sur l'optimisation des installations - monitoring - low tech, faible énergie grise, entretiens réguliers, Eco21 - Pontets: pas prioritaire, plusieurs interventions déjà effectuées - OK si dynamique multipropriétaire, mais mutualisation des travaux difficile (logique économique propre à chaque propr.), risque de blocage par la propr. n°4 	<ul style="list-style-type: none"> - Stratégie basée sur la rénovation globale, souvent couplée aux surélévations. Profiter des subventions tant qu'elles existent. - Pontets: peu d'interventions effectuées (vitrage), bâtiment prioritaire, OK pour une démarche commune multipropriétaire sur toute la barre. - Risque blocage propr. n°4, doute sur la rénovation individuelle des façades (blocs en retrait).
Approche économique	<ul style="list-style-type: none"> - Contrainte de rentabilité => report des coûts sur les loyers en cas de rénovation - Baisse du taux de capitalisation pour augmenter la marge de manœuvre 	<ul style="list-style-type: none"> - Pas de report systématique des coûts sur les loyers, les travaux de rénovation étant inclus dans le budget d'entretien annuel. - CAD: participation de la CPEG aux charges 	<ul style="list-style-type: none"> - Logique de rentabilité mesurée, le but d'une Fondation étant de continuer à garantir avant tout une offre en logements bon marché même après rénovation. - Report des coûts sur les loyers selon calculs économiques propres à Parloca.
Accompagnement locataires	<ul style="list-style-type: none"> - Rénovations des logements au coup par coup à la demande des locataires ou lors des rotations / pas de rocades pendant travaux - Accompagnement personnalisé par la CP, pas d'AMU SIG - Contacts via les régies (souvent peu compétentes et débordées) - Réflexions sur des rénovations d'ensemble sans locataires en place avec des baux limités 	<ul style="list-style-type: none"> - Pas de rocades en cours de chantier, rénovations des logements lors des rotations - Organisation de rencontres par la CPEG; contacts via les régies - Une seule démarche AMU SIG / sinon suivi permanent des éco-gestes par le programme Eco21 	<ul style="list-style-type: none"> - Forte implication de PARLOCA lors des chantiers (personne sur site dédiée) - Pas d'AMU SIG mais intéressé par la démarche
Aménagements extérieurs	<ul style="list-style-type: none"> - Au cas par cas, à Pontets, volonté des locataires d'avoir un environnement calme pas trop animé 	<ul style="list-style-type: none"> - Au cas par cas, selon demande des locataires, de la commune hôte 	<ul style="list-style-type: none"> - Pratique usuelle de PARLOCA d'intervenir sur les aménagements extérieurs (améliorer le respect des lieux)

Tableau 17. Synthèse des positions exprimées par les propriétaires lors des entretiens individuels

Ce tableau a été présenté lors des workshops et a constitué un support pour animer la discussion et les échanges.

Les débats et discussions soulèvent particulièrement les enjeux suivants.

Rénovation lourde d'ensemble vs optimisation, rénovation par étape

Les propriétaires sont conscients de l'état globalement dégradé de l'ensemble. Les mesures d'entretien et de sécurité passées ont été limitées et n'ont pas porté sur l'amélioration énergétique, sauf le remplacement des fenêtres. Ainsi, il est admis que l'IDC actuel qui dépasse 600 MJ/m²/an n'est pas acceptable et que des mesures d'amélioration au niveau énergétiques sont nécessaires. Cependant, les propriétaires divergent sur la stratégie d'amélioration à adopter.

D'un côté la CP entreprend généralement des opérations de rénovation complète incluant l'isolation par l'extérieur des façades et des toitures, ce qui est plus avantageux au niveau économique comme on le verra ci-dessous.

D'un autre côté, la CPEG n'entreprend pas systématiquement des travaux de rénovation lourde. Mais elle préfère privilégier l'optimisation énergétique des installations, le travail avec les solutions d'Eco 21 pour réduire les gaspillages, le recours à de la ventilation hygroréglable et d'autres mesures low tech du même style, facilitant la maintenance, étant sensible aux questions de dépense d'énergie grise liée aux opérations lourdes. Tout ceci, combiné à une sortie progressive des énergies fossiles, en particulier du mazout (engagement de la CPEG pour 2030), à travers les réseaux CAD structurants, permet selon la CPEG d'atteindre les objectifs climatiques.

Au sujet de l'optimisation, les quatre propriétaires se mis d'accord pour signer un contrat d'optimisation énergétique (COE) avec Energo, impliquant un audit des installations, un monitoring et des améliorations en

conséquence. La CPEG est convaincue que cela aura un impact fort sur la baisse de l'IDC. Ainsi elle préfère atteindre les résultats de cette optimisation avant de s'engager sur une rénovation lourde.

La position de la PARLOCA se situe entre les deux, généralement assez active dans la rénovation lourde de ses bâtiments. Mais dans le cas de Pontets, elle attendra également les résultats du COE pour se positionner.

Réseau CAD vs Pompes à chaleur (PAC)

La question de l'approvisionnement énergétique fait également débat entre les propriétaires. D'un côté la CP privilégie le transfert des chaudières vers les PAC, qui s'intègrent bien dans un concept global de rénovation (baisse de température de chauffage limitant les dépenses d'électricité de la PAC). Elles permettent aussi de baisser les charges de chauffage pour les locataires et de reporter ainsi plus facilement les coûts de rénovation sur les loyers. Tandis que, selon la CP, les SIG pratiquent des tarifs élevés sur le réseau CAD au risque d'augmenter les charges. Le propriétaire pourra pas alors répercuter la baisse prévisible des charges sur les loyers et verra la rentabilité de l'opération de rénovation impactée. Ainsi, une obligation de raccordement aux réseaux CAD structurants est problématique de ce point de vue.

D'un autre côté, la CPEG base sa stratégie de sortie du mazout d'ici 2030 sur la connexion aux réseaux CAD structurants, avec un engagement de part fossile limitée à 20% en 2030 selon le Plan directeur cantonal de l'énergie 2020-2030. Elle estime que les PAC pour des bâtiments existants sont peu rentables : coûts d'installation et surtout de maintenance et d'entretien, les chauffagistes manquant encore trop souvent de compétences pour gérer et optimiser correctement les PAC, ce qui peut conduire à des très mauvais rendements.

Décompte du chauffage (centralisé)

Une chaufferie commune (renouvelée en 2007) alimente l'ensemble.

Or le décompte individuel par allée et donc propriétaire est impossible à mettre en œuvre actuellement, car le chauffage se fait via une conduite centralisée, subdivisée ensuite par façade et surchauffée au départ de la chaufferie pour garantir une température minimale à la partie opposée. Ainsi la répartition du comptage se fait au prorata de la SRE par allée.

Mettre en œuvre un décompte individuel nécessiterait de revoir tout le système de distribution de chauffage, ce qui serait onéreux et conséquent. Ainsi, selon cette logique, la connexion au CAD ne pourrait se faire qu'à travers une seule sous-station pour toute la barre, et non pas une sous-station par allée, si le système de distribution n'était pas revu.

Cela pose problème dans le cadre d'une rénovation différenciée où les indices de chauffage ne seraient plus les mêmes entre allée. La clé de répartition devrait faire alors l'objet d'une négociation préalable. Dans tous les cas, qu'il y ait rénovation d'ensemble ou non, les indices ne seraient pas les mêmes selon que l'allée se trouve au centre ou à l'extrémité (pignon).

La question se pose ainsi si la rénovation devra porter également sur le système de distribution, sachant que tôt ou tard il faudra réviser et assainir tout le système de distribution et que des subventions sont possibles pour cela.

Rentabilité des opérations

La stratégie de rentabilité et de report de coût sur les loyers varie d'un propriétaire à l'autre. Ils sont tous d'accord que la rénovation énergétique implique un investissement financier très important, pas totalement rentabilisé par le report des coûts sur les loyers ni par les subventions, et qu'elle est ainsi antinomique avec l'idée d'une pure rentabilité.

Du côté de la CP, la rénovation énergétique de l'enveloppe ne rentre pas dans leur budget d'entretien ordinaire. La rénovation d'enveloppe (au standard HPE) permet de toucher des subventions et de répercuter les coûts contrairement aux mesures d'entretien ou rénovation partielle (cuisine, salle de bain). Malgré cela la CP n'arrive pas à rentabiliser totalement la rénovation énergétique (la hausse de loyer ne compense pas totalement les investissements), elle doit alors accepter d'avoir un rendement qui diminue (perte de rendement par rapport un modèle basé sur simple entretien : peinture, décarbonatation). De son point de

vue, le plafond de loyer fixé par la LDTR peut freiner les propriétaires à s'engager dans des rénovations lourdes.

Chez la CPEG, la rénovation entre dans son budget annuel d'entretien du parc immobilier. Comme les coûts ne sont pas reportés systématiquement sur les loyers, le coût des opérations doit rester raisonnable.

La PARLOCA a une politique active de rénovation de son parc. Le rendement financier des opérations n'est pas une priorité absolue et le report des coûts des rénovations sur les loyers est limité. C'est en effet la mission d'une fondation de logements qu'elle soit privée ou publique d'offrir des logements bon marché.

Coordination entre les propriétaires

Les trois propriétaires sont ouverts à lancer une dynamique commune de rénovation sur l'ensemble de Pontets, pour autant que chacun des propriétaires s'engage. Il s'agit de profiter des subventions tant qu'elles existent. La connexion au réseau CAD des Palettes pourrait d'ailleurs être un élément déclencheur (avec idéalement la rénovation effectuée avant permettant d'abaisser la puissance et donc la taxe de raccordement).

La CPEG souhaite toutefois attendre d'évaluer les effets du COE sur la baisse de l'IDC avant d'envisager une rénovation énergétique.

La mutualisation des travaux, selon le principe d'économie d'échelle, serait idéale, mais difficile à mettre, chaque propriétaire ayant sa propre logique économique.

La propriétaire non institutionnelle du n°4 (en pignon) pourrait ne pas adhérer à la démarche commune de rénovation, ayant des moyens financiers limités, ce qui pourrait bloquer la dynamique commune.

Accompagnement des locataires

Le débat porte d'une part sur la question de la rénovation en site occupé, autrement dit le chantier réalisé avec les habitants maintenus dans leur logement sans organiser de rocades d'appartements. Cela est possible dans le cas d'une rénovation d'enveloppe, moins intrusive que des rénovations d'appartements, qui sont organisées lors des changements de locataires. L'idée est aussi proposée de limiter la durée de contrat des baux à loyer, permettant à un moment donné de libérer totalement les appartements, de faire une rénovation totale (intérieur et extérieur) et de repartir avec des loyers adaptés.

L'autre enjeu concerne l'accompagnement des locataires, les contacts et les échanges d'information au cours du chantier. Jusqu'à présent les propriétaires se sont plus organisés eux-mêmes avec les régies, en organisant des séances d'informations, des courriers, des permanences, etc. Mais ils ont encore très peu recouru à la démarche AMU proposée par les SIG. Ils sont convaincus que cette démarche doit être davantage utilisée, permettant de favoriser l'appropriation et l'acceptation des travaux par les locataires.

6.4 Bilan thermique et scénarios de rénovation

Dans le cadre de son travail de bachelor (filière Techniques du bâtiment à HEPIA) réalisé entre avril et juin 2021 sous la responsabilité de M. Gilles Desthieux, M. Abdelghani Hachemi a effectué un bilan thermique de l'ensemble Pontets et proposé des scénarios de rénovation.

6.4.1 Bilan thermique

Le bilan thermique portant sur l'analyse des apports et pertes énergétiques a été réalisé sur la base des plans fournis par les propriétaires.

Le bilan considère les éléments suivants, leurs compositions et leurs épaisseurs, permettant de déterminer les valeurs U (quotient de la densité de flux thermique en $W/m^2.K$) :

- Eléments de façades (de différents types comme illustrés à la Figure 19 ci-dessous)
- Toiture
- Plancher
- Fenêtres, vitrages et caissons de store

Le bilan consiste aussi à identifier les ponts thermiques (embrasure de fenêtre et caissons de store, pied de façade, mur d'acrotère, balcon).



Figure 19. Eléments de façade (gauche : « Façade 22 » - meneaux situés entre les fenêtres, milieu : « Façade 32 » - allèges maçonnées situé sous l'ensemble, droite : « Façade 39 » - façades pignons). Source : Hachemi, 2021.

Il en ressort le bilan thermique suivant tel que présent à la Figure 20 ci-dessous

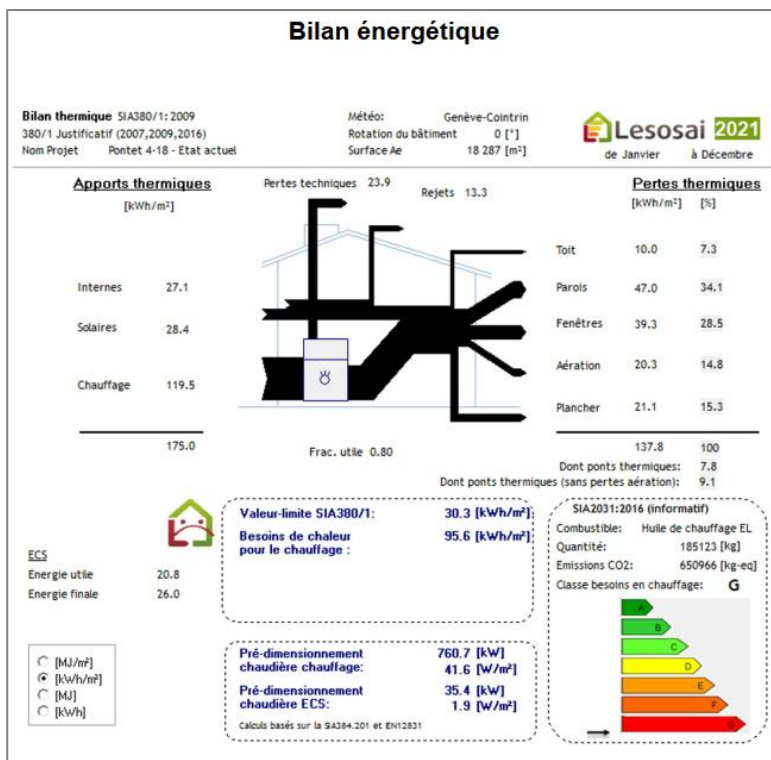


Figure 20. Bilan thermique de l'état actuel de l'ensemble chemin 4-18 Pontets. Source : Hachemi, 2021.

Il en ressort que l'ensemble obtient une classe énergétique G (la plus basse) et des besoins de chauffage (95.6 kWh/an) trois fois plus élevés que la valeur limite de la SIA 380/1, ce qui n'est pas satisfaisant.

En analysant la Figure 20, 75 % du total des pertes thermiques proviennent des fenêtres, des parois et du plancher. Les résultats concernant les fenêtres et les parois (plus précisément la partie autour des fenêtres) confirment les témoignages des locataires et du concierge rencontré sur place par M. Hachemi. En effet, ils ont tous affirmé que les sensations de froid en hiver provenaient principalement du bandeau qui comprend les fenêtres, la façade 22 et les caissons de stores. Concernant le plancher, celui-ci n'étant pas du tout isolé, le résultat donc est logique. On peut donc en conclure que tout scénario d'optimisation de la performance thermique du bâtiment devrait passer par l'amélioration de ces composantes.

6.4.2 Scénarios de rénovation

L'objectif principal étant de descendre à minima en dessous du seuil d'IDC de 450 MJ/m².an fixé par le Plan directeur cantonal de l'énergie et par les modifications du règlement d'application de la loi sur l'énergie édicté en 2022, deux scénarios de rénovation sont étudiés :

Scénario 1 : rénovation ponctuelle et atteinte de l'objectif du seuil des 450 MJ/m².an :

- Rénovation et assainissements des bandeaux qui comprennent les fenêtres, la façade 22 et les caissons de stores, à travers un module préfabriqué qui viendrait remplacer l'ensemble des trois éléments précités actuels.
- Changement des portes fenêtres et isolation des caissons de stores des loggias.
- Isolation sous plancher du RDC (contre-terrain) et du 1^{er} étage et isolation des murs contre non chauffé du RDC coté caves ou garage.

Scénario 2 : rénovation d'ensemble et respect des valeurs cibles HPE-rénovation (Qh selon la SIA 380/1 + 50%) :

- Reprise de la totalité du scénario 1
- Assainissement de la totalité du reste de l'enveloppe (façades 32 et 39 et toiture).

Un effectuant un bilan thermique des scénarios, le **scénario 1** atteint un IDC de **324 MJ/m².an** et permet ainsi de descendre en-dessous de la valeur limite de 450.

Le **scénario 2**, quant à lui, respecte non seulement les valeurs limites fixées par la SIA 380/1 majorée de 50%, demandées pour une potentielle certification HPE-Rénovation. Mais il permet aussi de se conformer au standard THPE-Rénovation qui implique de se situer à 90% de la valeur limite (Qh) définie par la SIA 380/1. En effet, dans ce scénario les besoins de chaleur pour le chauffage sont de 25.6 [kWh]/m² soit 84.2 % de la valeur limite fixée par la SIA 380/1. Avec un IDC moyen ramené à **189 MJ/m².an**, ce scénario permet à l'immeuble de se situer en dessous du seuil limite de 230 MJ/m².an prévu pour 2050.

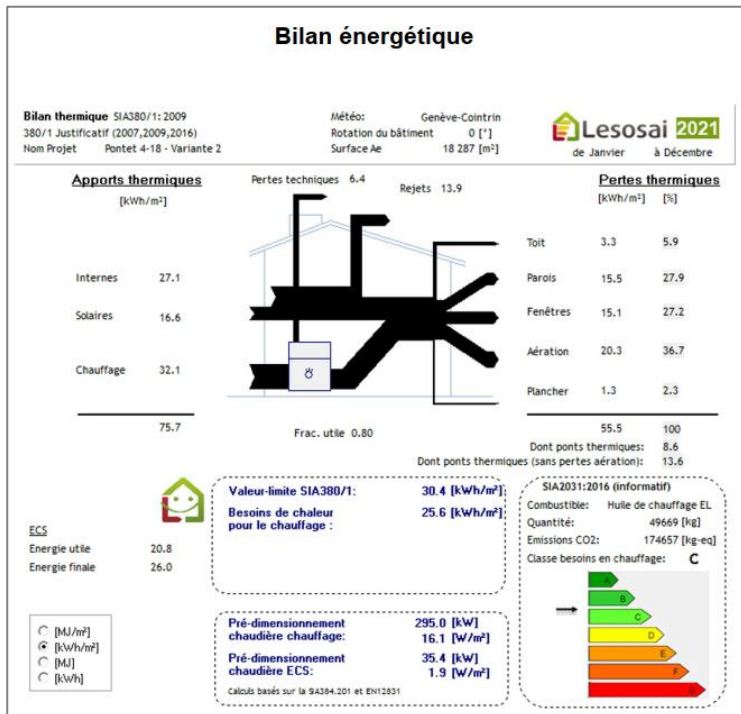


Figure 21. Bilan thermique selon le scénario 2 de l'ensemble chemin 4-18 Pontets. Source : Hachemi, 2021.

Sur le **plan financier**, le travail de bachelor estime les coûts d'investissements à **4'243'765 CHF pour le Scénario 1**, et **6'442'855 CHF²⁸ pour le Scénario 2**.

Le total des subventions en cas de mise en œuvre du **Scénario 1** pour les travaux de rénovation s'élève à 211'910 CHF, le coût net estimé des travaux s'élève donc à 4'243'765 – 211'910 = 4'031'855 CHF

Le total des subventions en cas de mise en œuvre pour le **Scénario 2** s'élève à 2'468'745 CHF (rénovation THPE), le coût net estimé des travaux s'élève donc à 6'442'855 – 2'468'745 = 3'974'110 CHF

Sur la base de cette première estimation financière faite dans le cadre du travail de bachelor, on remarque que, finalement, grâce aux subventions octroyés, le Scénario 2, qui est la plus complète, s'avère être le moins coûteux.

Enfin, une démarche CECB+ a été initiée dans le cadre du travail de bachelor permettant de classer les scénarios selon l'étiquette énergétique.

Le tableau ci-dessous synthétise les principaux résultats de l'état actuel et des deux scénarios.

	Qh (kWh/m ² .an)	IDC (MJ/m ² .an)	Investissement net (CHF)	Classe énergétique chaleur (-)
Etat actuel	95.3	585	-	G
Scénario 1	52.8	324	4.03 mio	C
Scénario 2	25.6	189	3.98 mio	B

Tableau 18. Synthèse des principaux indicateurs pour l'état actuel et les deux scénarios

6.4.3 Conclusions

Sur la base du travail de bachelor réalisé, nous pouvons conclure que le Scénario 2 qui correspond à une rénovation globale de l'enveloppe est le scénario à privilégier pour les raisons suivantes :

- L'IDC baisse de manière significative
- L'immeuble pourrait satisfaire aux exigences requises pour l'obtention d'une certification THPE Rénovation.
- Les propriétaires pourraient obtenir le maximum de subventions en rapport avec la certification pendant que cela est encore possible.
- Il est plus intéressant financièrement que le Scénario 1, qui correspondent pourtant à une rénovation partielle de l'ensemble.

L'ensemble Pontet, par sa configuration, et son mode constructif assez répétitif, permet d'envisager une optimisation des procédés constructifs et de mise en œuvre, permettant de réaliser des économies d'échelles assez importantes pour les propriétaires.

Le module préfabriqué imaginé pour l'assainissement d'une partie de l'enveloppe (fenêtres, caisson de store, élément de façade 22), est un bon exemple de ce que pourrait être une mutualisation des travaux à Pontets. Les propriétaires pourraient partager les frais d'étude et seraient en position de force pour négocier le prix d'un nombre important de module, tout en ayant un chantier limité dans le temps ce qui réduirait grandement les nuisances pour les locataires en place.

²⁸ Ce coût revient à 357 CHF/m², ce qui est sans doute sous-évalué par rapport à des récents exemples de rénovation THPE où les coûts s'échelonnent entre 800 et 1'100 CHF/m².

Bilan de la démarche et recommandations

6.4.4 Une démarche de rénovation multipropriétaire possible

Lors des entretiens, aucun des propriétaires présents, n'a semblé être contre l'idée de s'engager dans une dynamique multipropriétaire. Il serait intéressant de profiter de l'embryon de synergie qui est né entre les propriétaires autour du CEO (Contrat d'optimisation énergétique) signé avec Energo et SIG, pour aller plus loin vers la rénovation.

Les discussions autour de l'approvisionnement et de la future connexion au CAD Palette doivent être continuées et approfondies. En effet, lors des discussions avec les propriétaires, il est apparu que le système de décompte de chauffage par clé de répartition a été un élément central dans les discussions. Les propriétaires sont en quelque sorte, condamné à s'entendre sur le sujet, et la connexion au CAD Palette semble être une véritable opportunité de le faire.

L'environnement favorable créé par la démarche Lancy Rénove s'avère être une véritable opportunité afin que les propriétaires du puissent, ensembles, rencontrer et échanger avec la commune, les offices cantonaux et SIG-éco21, car les solutions sont les même que l'on soit propriétaire du 4 du 8 ou encore du 16 puisqu'il s'agit en réalité du même bâtiment.

6.4.5 Feuille de route

En vue d'initier un processus de rénovation sur l'ensemble bâti, une feuille de route a été proposée et présentée aux propriétaires lors du 2^{ème} workshop de septembre 2021. Elle visait à définir les actions à entreprendre lors des 6 mois succédant au workshop, en vue d'approfondir la faisabilité d'un projet de rénovation d'ensemble, en amont des phases d'avant-projet et de projet usuels.

Les propriétaires se sont mis d'accord entre eux et avec la Ville de Lancy pour inscrire la perspective de rénovation de Pontets dans le cadre de la démarche Lancy-Rénove et de participer aux rencontres prévues (à commencer par l'atelier du 2 novembre 2021). De plus, ils ont décidé de recourir à l'accompagnement proposé par SIG /Eco21 : AMO-EN et AMU.

Il s'agissait en premier lieu d'engager rapidement un AMO-EN pour approfondir le bilan énergétique et réalisé un CECB+ complet, initiés dans le cadre du travail de bachelor, et préciser les axes d'intervention possibles. Un mandataire a été ainsi engagé en ce sens dès octobre 2021

Une autre question fondamentale était la connexion au réseau CAD structurant des SIG avec la problématique de la juste tarification.

La feuille de route des actions à initier durant les 6 premiers mois, telle que proposée en septembre 2021, est présentée ci-dessous.

Neuf mois après (au stade la finalisation du présent rapport en juin 2022), l'étude CECB a été finalisée et constitue ainsi un succès en ayant permis de fédérer autour de celle-ci les quatre propriétaires. Une étude complémentaire est prévue sur la répartition des charges dans le cas où seule une partie des propriétaires décide de rénover (étude financée par les SIG).

La prochaine étape est de présenter l'étude CECB+ aux propriétaires et de tenter de les mobiliser autour d'une démarche commune de rénovation.

Phase préliminaire / motivations	Objectifs	Qui	Échéances prévues (sept. 21)
Organiser une séance avec SIG réseau CAD	Présenter le projet CAD-Palettes, son calendrier, les coûts (fixes, variables), le phasage avec la rénovation	Propriétaires, SIG, OCEN, P. Olivier	Septembre 2021
Organiser une séance avec SIG Eco21 / AMOen et AMU	Discuter de la démarche AMO / AMU, à quel moment favorable l'initier, subventions	Propriétaires, SIG, OCEN, P. Olivier	Septembre 2021
Engager un AMOen pour accompagner et encadrer la phase préliminaire	Selon séance avec SIG Eco21 et subventions possibles	AMO	Octobre 2021
Participation au workshop Lancy-Rénove	Une table-proprétaire sera consacrée au bâtiment 4-18 Pontets	Propriétaires, Lancy Rénove, HES-GE	2 novembre 7h45-12h00
Etude de diagnostic approfondi sur Pontets (sur la base du travail de A. Hachemi)	Affiner le diagnostic réalisé par A. Hachemi (en partant de son travail, projet Lesosai) et préciser les variantes (rénovation globale vs par élément)	AMO et/ou mandataire	fin 2021 - début 2022
- bilan thermique affiné			
- diagnostic CECEB+			
- variantes rénovation, scénarios, chiffrage économique (gains, économie d'échelle)			
- variantes approvisionnement énergétique (PAC; CAD)			
Discussion des solutions possibles entre propriétaires et accord sur une stratégie commune	Sur la base de l'étude approfondie convergence vers une stratégie commune tenant compte des aspects énergétiques et usagers	AMO, AMU Propriétaires	Printemps 2022
Prise de décision	Statuer sur une solution finale	AMO, AMU Propriétaires	Printemps 2022
Engagement d'un AMU / accompagnement des usagers	Questionner l'accompagnement des usagers par rapport aux différentes solutions possibles	AMU et propriétaires	début 2023

Tableau 19. Feuille de route proposées aux propriétaires de Pontets pour lancer le processus et bilan intermédiaire des actions

7 Conclusion

Le projet TURN a proposé une analyse des freins et des leviers pour mettre en œuvre et accélérer la rénovation énergétique des bâtiments existants dans le contexte genevois, en se basant sur des retours d'expériences et cas pilotes. Il a également permis de mettre en évidence les portions du territoire cantonal qui présentent une double priorité (énergie et précarité) en termes de rénovation du parc bâti. Ce cadre institutionnel montre la diversité des instruments, mais aussi la complexité pour la mise en œuvre.

Face à cette complexité, l'intérêt d'une approche pluridisciplinaire proposée par les trois HES genevoises – HEPIA, HETS, HEG – a été démontré.

Tout d'abord sur le plan de l'énergie, la rénovation est un axe clé pour atteindre les ambitions de la transition énergétique et climatique. La rénovation et une meilleure efficacité ouvre davantage les possibilités vers un approvisionnement décarboné : soit à travers des réseaux de chaleur en abaissant la puissance de raccordement (et donc aussi les taxes) et permettant à un plus grand nombre de bâtiments de se raccorder, soit à travers les pompes à chaleur qui nécessitent au préalable une bonne isolation de l'enveloppe au risque de dépenses électriques importantes.

Sur le plan économique, les exemples pratiques ont mis en exergue des stratégies différentes selon les propriétaires sur le report des coûts des travaux sur les loyers et sur les objectifs rentabilité. Dans tous les cas, l'investissement financier est très important et globalement peu rentable, même si c'est un aspect qu'il faudrait davantage approfondir à la suite de l'étude. Sans doute les incitations réglementaires (durcissement des seuils IDC, etc.) auront un impact non négligeable qu'il s'agira d'évaluer après quelques années d'application, et les subventions devraient être encore plus importantes, bien que d'autres freins expliquent la lenteur des rénovations. Il s'agit en particulier des freins administratifs perçus par les acteurs, qui n'ont pas été abordés dans le détail dans cette étude, et qui mériteraient un approfondissement (non seulement au niveau genevois mais aussi fédéral) en vue de formuler des recommandations pour alléger le processus et le rendre plus attractif pour les propriétaires. En outre, l'étude a montré l'importance des co-bénéfices environnementaux tels que le fait de réduire la pollution de l'air et les émissions GES à travers la rénovation et l'approvisionnement décarboné. Ainsi, si l'on considère ces bénéfices indirects, les projets de rénovation devraient se montrer davantage rentables.

Au niveau des enjeux sociaux et de la gouvernance, la motivation des acteurs pour enclencher des processus de rénovation ou y adhérer est centrale. On a vu ainsi que l'aspect énergétique et climatique était souvent un gain accessoire (plus de confort, augmentation de la valeur, lutte contre de la dégradation) mais pas nécessairement une motivation directe. Sans doute qu'à travers le contexte géopolitique actuel et l'augmentation sensible du prix des énergies, la menace sur l'approvisionnement en électricité et gaz, plus la publication récente des rapports spéciaux du GIEC, la question énergétique et climatique est en train de devenir une préoccupation première, ce qui représente une opportunité pour accélérer la rénovation. Un autre aspect central sur le volet social est l'accompagnement des locataires dans les processus de rénovation. On a vu la difficulté majeure des chantiers habités. La sensibilisation et appropriation des travaux et de l'amélioration énergétique est primordial. Enfin, le cas pilote de l'ensemble situé à chemin Pontets à Lancy a montré la difficulté d'un projet associant plusieurs propriétaires ayant des stratégies de gestion du patrimoine bâti différentes. Le projet TURN en faisant dialoguer les propriétaires a permis de trouver un terrain d'entente commun et de déclencher un processus qu'il s'agira de poursuivre. Dans tous les cas les aides procurés par les démarches AME-Energie, AMU et Lancy-Rénove pourront grandement faciliter le processus.

En résumé, le projet TURN a permis de dresser un état de la situation de la rénovation à Genève, d'identifier plusieurs axes de travail par rapport aux freins identifiés. Axes qu'il s'agira de continuer à approfondir, de les traduire en des mesures concrètes. Une plateforme de compétences inter HES a été mis en place et mériterait de se maintenir pour accompagner les nombreuses dynamiques en cours à Genève.

8 Bibliographie

- Philippe Barret, *Guide pratique du dialogue territorial*, Paris, Fondation de France, 2003.
- Borzykowski, N., Baranzini, A et Maradan D. (2017). Y a-t-il assez de réserves forestières en Suisse ? Une évaluation contingente. *Economie rurale*, 359, 2017.
- Gaëtan Briseperre, « L'accompagnement des ménages dans la rénovation de leur logement », *Ademe*, 2019.
- CATI-GE, 2020. Analyse des inégalités dans le canton de Genève dans le cadre de la Politique de cohésion sociale en milieu urbain. Rapport d'étude. <https://www.ge.ch/document/19368/telecharger>
- Jérôme Cihuelo, Arthur Jobert, Catherine Grandclément (dirs.), *Energie et transformations sociales. Enquêtes sur les interfaces énergétiques*, Lavoisier, Paris, 2015.
- EREN, 2016. Rénovation énergétique: approche globale pour l'enveloppe du bâtiment, rapport final du projet EREN. <https://projets.ge-en-vie.ch/uploads/1615922590eREN-2016.03.11RapportScientifique.pdf>
- GeEnergie, 2022. Subventions 2022, <https://www.ge-energie.ch/>
- Hachemi A., 2021. Rénovation et transition énergétique à l'échelle d'un immeuble détenu en multipropriété. Rapport de travail de bachelor, filière Techniques des bâtiments.
- Olivier Labussière et Alain Nadaï, *L'énergie des sciences sociales*, Athéna, Paris, 2015.
- Khoury J., P. Hollmuller, B. Lachal, S. Schneider, U. Lehmann (Université de Genève), Office fédéral de l'énergie, Office cantonal de l'énergie de Genève, Swiss Competence Center for Energy Research FEEB&D, Services industriels de Genève (2018), COMPARE RENOVE : du catalogue de solutions à la performance réelle des rénovations énergétiques (écarts de performance, bonnes pratiques et enseignements tirés). Genève : Office fédéral de l'énergie, Office cantonal de l'énergie de Genève, Swiss Competence Center for Energy Research FEEB&D, Services industriels de Genève, 2018
- Leiva L., 2018. Rénovation d'un monument : ensemble résidentiel du Lignon, Genève, <https://www.espazium.ch/fr/actualites/renovation-dun-monument>
- Bruno Maresca et Anne Dujin, « La transition énergétique à l'épreuve du mode de vie », *Flux*, n° 96, 2014.
- Marino G., 2016. [60x60]2: une démarche innovante pour la sauvegarde de la Cité Carl-Vogt, <https://www.espazium.ch/fr/actualites/60x602-une-demarche-innovante-pour-la-sauvegarde-de-la-cite-carl-vogt>
- Onex-Rénove, 2018. Retour d'expériences. Rapport final. <https://www.ge.ch/document/9783/telecharger>
- Prognos (2011) *Energieszenarien für die Schweiz bis 2050, Erste Ergebnisse der angepassten Szenarien I und IV aus den Energieperspektiven 2007*, étude mandatée par l'Office fédéral de l'énergie OFEN, Bâle
- République et canton de Genève, 2020. Plan directeur de l'énergie 2020-2030 <https://www.ge.ch/document/plan-directeur-energie-2020-2030>
- République et canton de Genève, 2021. Plan climat cantonal 2030 - 2e génération, <https://www.ge.ch/document/plan-climat-cantonal-2030-2e-generation-0>
- République et canton de Genève, 2019. Synthèse des modifications du 12 juin 2019 du règlement d'application de la loi sur l'énergie, <https://www.ge.ch/document/synthese-modifications-du-12-juin-2019-du-reglement-application-loi-energie>
- Hélène Rey-Valette *et al.*, « Gouvernance des territoires et développement rural: une grille d'analyse pour appréhender les innovations organisationnelles », *Colloque ASRDLF: Entre projets locaux de développement et globalisation de l'économie : quels équilibres pour les espaces régionaux ?* 2009, Clermont-Ferrand, France, en ligne : <https://hal.inrae.fr/hal-02758368/document>
- Marlyne Sahakian *et al.*, « Réduire la consommation énergétique des ménages par l'expérimentation : les Living Labs », *SocioBrief*, 2019, n° 2, en ligne : <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:159153>

SuisseEnergie, 2019. Rénovation énergétique : guide pour les maîtres d'ouvrage, <https://www.ge.ch/document/13708/telecharger>

Swissesco, 2021. Guide Suisse des Contrats de Performance Energétique (CPE). https://www.swissesco.ch/files/tao/swissesco/Download/Guide_Suisse_CPE.pdf

Marie-Christine Zelem, « Economies d'énergie : le bâtiment confronté à ses occupants », *Responsabilité et environnement*, 2018.