eREN2 – Synergies entre rénovation énergétique des bâtiments et densification

Lionel Rinquet, prof. HES, HES-SO, hepia Genève, lionel.rinquet@hesge.ch, www.hepia.hesge.ch
Stefanie Schwab, prof. HES, HES-SO, HEIA Fribourg, stefanie.schwab@hefr.ch, www.heia-fr.ch

Zsammenfassung Résumé Abstract

eREN2 analysiert anhand einer repräsentativen Auswahl bestehender Mehrfamilienhäuser der Westschweiz mögliche Synergien zwischen energetischer Sanierung und Nachverdichtung :

- Wie groß ist das reale Nachverdichtungspotential der wesentlichen bestehenden Mehrfamilienhaustypen aus legaler, räumlicher, statischer und baukonstruktiver Sicht ?
- Trägt eine Nachverdichtung zur Optimierung des Energieverbrauchs bei ?
- Können die neu hinzugefügten Mietflächen die Sanierungs- und Umbaukosten kompensieren ?

Die Bestandsgebäude wurden mit einer multikriteriellen Methode analysiert, sechs Nachverdichtungsstrategien definiert und ein Sanierung- und Nachverdichtungsszenario gemäß der gewählten Strategie für jedes Gebäude entwickelt.

Es zeigt sich 1), dass die Hindernisse zur Nachverdichtung der Fallstudien sehr groß sind und Anstrengungen von politischer und öffentlicher Seite notwendig um die Gesamtziele der Energiestrategie und der LAT zu erreichen 2), dass Nachverdichtung und energetische Sanierung keine direkten wirtschaftlichen Synergien aufweisen.
Es muss deshalb darüber nachdacht werden, welche Anreize und Reglementierungen echte Synergien zwischen energetischer Sanierung und Nachverdichtung ermöglichen und gleichzeitig zur Energieeinsparung im Gebäudebestand und zum Kampf gegen Zersiedelung beitragen.

eREN2 vise à étudier sur un échantillon représentatif d'immeubles d'habitation collective existants en Suisse romande les synergies potentielles entre rénovation énergétique et densification :

- Quel est le potentiel réel de densification de ces immeubles, en termes structurels, réglementaires, spatiaux et constructifs ?
- La densification permet-elle d'optimiser la consommation énergétique de l'immeuble ?
- L'ajout de nouvelles surfaces locatives permet-il de compenser le coûts des travaux de rénovation énergétique et d'agrandissement ?

Les bâtiments ont été analysés selon une approche multicritères, six stratégies de densification ont été définies puis un scenario d'agrandissement-rénovation a été élaboré pour chacun des immeubles, basé la stratégie de densification la plus pertinente.
Il en ressort 1), que les obstacles à la densification des cas d'étude restent importants et qu'un effort d'alignement des politiques publiques est à mener pour atteindre les buts généraux de la stratégie énergétique et de la LAT 2), que densification et rénovation énergétique ne présentent pas de synergies évidentes sur le plan économique.
Il convient donc maintenant de réfléchir aux pistes sur les plans de l'incitation et de la réglementation qui permettraient que la combinaison de la rénovation et de la densification offre de réelles synergies capables de contribuer tant à la réduction de la consommation d'énergie du parc bâti qu'à la lutte contre le mitage du territoire.

1. Contexte

Avec 1.64 million d'immeubles d'habitation le bâtiment représente un consommateur majeur d'énergie en Suisse. La rénovation énergétique du parc immobilier existant, vieillissant et gourmand en énergie, est un des principaux enjeux de la stratégie énergétique 2050 de la confédération, formalisée dans la nouvelle loi sur l'énergie (LEne – 2017). En parallèle, la révision de la loi sur l'aménagement du territoire (LAT – 2013) implique la valorisation et la densification des structures existantes en milieu urbain.

Il existe donc une convergence au niveau des politiques publiques de l'énergie et de l'aménagement du territoire qui pourrait amener à des synergies intéressantes. Sur un immeuble les interventions lourdes ne sont planifiées que tous les 40 à 50 ans. Il semble absurde de densifier sans saisir cette opportunité rare pour procéder une rénovation énergétique des parties existantes et inversement. C'est pourtant ce qui se fait bien souvent. Il doit donc exister des barrières, objectives ou non, au développement de stratégies combinées de rénovation et de densification (surélévation et ou extension des surfaces habitables).

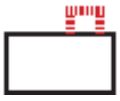
Partant de ce constat, une équipe de projet interdisciplinaire constituée de chercheurs de la HES-SO (HEIA Fribourg et d'hepia Genève) a exploré la question au travers du projet eREN2, ayant pour objectif d'étudier le potentiel de densification et les synergies possibles entre rénovation énergétique et densification sur un échantillon de 6 cas réels (tirés de l'étude eREN1- Rénovation énergétique, approche globale pour l'enveloppe du bâtiment), représentatifs de la production de logement collectif en Suisse romande au 20eme siècle.

En d'autres termes :

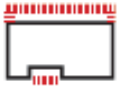
- Quel est le potentiel réel de densification de ces immeubles, en termes structurels, réglementaires, spatiaux et constructifs ?
- La densification permet-elle d'optimiser la consommation énergétique de l'immeuble par m2 de SRE (surface de référence énergétique) ?
- L'ajout de nouvelles surfaces locatives permet-il de compenser le coûts des travaux d'assainissement et d'agrandissement ?

2. Méthode

eREN2 a pour objectif de comparer les scenarii d'assainissement de l'enveloppe préconisés dans eREN1 avec des scénarii de rénovation-densification et avec le statu quo (entretien usuel). Dans un premier temps six stratégies de densification ont été définies :



S01 : Ajouter ou remplacer des balcons, permettant de résoudre les ponts thermiques et de proposer des espaces extérieurs plus généreux, en conformité avec les usages actuels.



S02 : Fermer les balcons, les intégrer dans la SRE (résout les ponts thermiques et propose des surfaces chauffées supplémentaires, dans le cas de balcons mal orientés ou donnant sur des zones bruyantes), ou les transformer en jardins d'hiver non-chauffés (améliore la performance thermique (espace tampon) et atténue le bruit de la rue, en veillant à ce qu'ils ne soient investis à l'année et transformés abusivement en espaces chauffés).

S03 : Agrandir le volume + ajouter ou agrandir des pièces à des appartements existants. Cette intervention permet par extension horizontale d'améliorer le standard des appartements, d'offrir des surfaces et/ou pièces supplémentaires tout en améliorant la performance thermique d'une ou plusieurs façades.

S04 : Agrandir le volume + ajouter des appartements. Extension horizontale offrant de nouveaux appartements et améliorant la performance thermique d'une ou plusieurs façades. Intervention lourde qui a des conséquences sur les espaces extérieurs environnants.

S05 : Aménager les combles. Optimiser l'occupation du volume existant par l'ajout de pièces en duplex ou de nouveaux appartements dans les combles, tout en améliorant les performances thermiques de la toiture.

S06 : surélever le bâtiment. Augmenter la surface des appartements (duplex) ou d'en créer de nouveaux par extension verticale du volume bâti. Améliore les performances thermiques de la toiture et la performance pondérée de l'enveloppe.

La pertinence des stratégies a été analysée pour chacun des dix cas d'étude d'eREN1. Quatre immeubles ont été écartés soit parce qu'une solution incluant une forme de densification avait déjà été appliquée dans eREN1, soit parce que la solution de densification aurait été similaire à celle développée sur un autre cas, soit parce qu'aucune stratégie n'est techniquement ou architecturalement applicable. Pour les six bâtiments restant, la stratégie la plus pertinente (ou une combinaison de stratégies), du point de vue architectural et pratique a été définie et a servi de base au scénario de détail. La stratégie 01 n'a pas été strictement appliquée (partiellement mise en œuvre dans les cas 06 et 07) car ne présentant pas de véritable densification. La stratégie 05 n'a pas pu être appliquée faute de bâtiment présentant un volume de combles suffisant.

			S01	S02	S03	S04	S05	S06
Avant guerre	Etude de cas 01	1901	√	√	√	–	(√)	√
	Etude de cas 02	1911	√	√	–	–	(√)	√
Entre-guerres	Etude de cas 03	1939	–	√	√	–	√	√
Après-guerre	Etude de cas 04	1960	√	√	√	√	–	√
Haute conjoncture	Etude de cas 05	1971	√	√	√	√	–	–
	Etude de cas 08	1970	–	√	–	–	–	√
	Etude de cas 06	1972	√	√	√	√	–	√
crise pétrolière	Etude de cas 07	1975	√	√	√	–	–	√
premières réglementations	Etude de cas 09	1980	√	√	√	–	–	√
	Etude de cas 10	1988	√	√	√	√	–	√

Figure 1 *Stratégie(s) retenue(s)*

Une fois les scenarii établis, ils ont été analysés et comparés avec les autres options (rénovation énergétique de l'enveloppe seule selon eREN1 et entretien usuel – statu quo) en suivant une approche globale multicritère, selon la figure ci-dessous.

Figure 2 *Objectifs considérés pour évaluer les scenarii*

L'analyse des résultats est matérialisée pour chacun des cas d'étude par des fiches de synthèse et des diagrammes « radar », évaluant l'impact des scenarii (rénovation de l'enveloppe seule ou combinée avec une densification) et une checklist pour l'évaluation du potentiel de densification du bâtiment existant.

3. Résultats

3.1 Cadre légal

Le respect du cadre légal dans le cadre des interventions de densification a été vérifié pour les points suivants :

- La réglementation urbanistique (gabarit, limites de construction, indices d'utilisation et d'occupation du sol, etc.).
- Les prescriptions AEAI de protection contre l'incendie (distances de sécurité entre bâtiments, catégories de hauteur).
- La protection patrimoniale (éléments protégés, gabarit).

	agrandir des pièces surélever l'immeuble Etude de cas 01		surélever l'immeuble Etude de cas 03		agrandir des pièces Etude de cas 05		ajouter des pièces surélever d'un étage Etude de cas 06		ajouter une «couche» non-chauffée Etude de cas 07		surélever l'immeuble Etude de cas 09	
	état existant	état après intervention	état existant	état après intervention	état existant	état après intervention	état existant	état après intervention	état existant	état après intervention	état existant	état après intervention
Respecter la règlementation urbanistique	X	X	√	X	√	√	X	X	X	X	X	X
Respecter les distances de de sécurité (incendie)	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Maintenir la catégorie du bâtiment (incendie)		√		√		√		√		√		√

Figure 3 *Tableau récapitulatif du respect des exigences légales*

Quatre des six bâtiments ne respectent pas dans leur état existant la réglementation urbanistique. Ils sont donc au bénéfice de droits acquis, ce qui peut aussi justifier le non recours à l'option de démolition-reconstruction. Ce constat indique clairement un durcissement des règles urbanistiques au fil du temps.

Cinq des six scenarii de densification sont également en contradiction avec les règles sur les gabarits, distances aux limites etc. En l'état, les projets proposés ne seraient pas admis. Pour qu'ils le soient ils devraient bénéficier d'une dérogation, ou d'un assouplissement des règles urbanistiques, qui pourraient être sujettes à une telle évolution pour aller dans le sens de la LAT.

Les exigences de protection contre les incendies posent moins de problème. En effet les scenarii ont été calibrés pour que les bâtiments restent dans leur catégorie de hauteur. Une surélévation portant le bâtiment au-delà de 30 mètres (passage de moyenne hauteur à bâtiment élevé) implique des exigences largement accrues pour les voies d'évacuation, les matériaux, etc. souvent impossibles à satisfaire ou disproportionnées par rapport au projet. C'est donc cette contrainte, couplée avec les limites structurelles des immeubles qui ont dicté l'ampleur des surélévations dans le cas où cette stratégie a été retenue.

Au niveau patrimonial, seul le cas d'étude 01 est au bénéfice d'une forme de protection (ensembles genevois du 19eme et du début du 20eme siècle). Le projet de surélévation et d'extension, étudié afin d'en minimiser l'impact sur rue, serait soumis à l'approbation des services concernés.

3.2 Architecture et usages

Du point de vue architectural, les interventions ont été définies selon les trois principes établis dans eREN1 : préserver l'image / reconstruire les caractéristiques / modifier l'image. Aucune concession sur la qualité architecturale n'a été admise et à notre sens aucun scenario de densification n'implique une perte de qualité ou de caractère supérieure au scenarii d'eREN1.

En ce qui concerne l'usage, quatre des six scenarii (01, 03, 06 et 09) proposent des appartements ou des pièces supplémentaires permettant une réelle densification (plus de personnes sur le même nombre de mètres carrés au sol). Tous, en revanche, permettent de proposer des pièces plus généreuses, d'améliorer et/ou de diversifier la typologie des logements et de mettre au goût du jour les appartement (aménagements intérieurs, revêtements, etc.). Ces interventions permettent de valoriser le bâtiment et de maintenir son attractivité sur le marché dans une perspective à moyen et long terme. Finalement, trois sur six offrent des espaces extérieurs plus généreux, plus en phase avec les usages actuels.

Les possibilités d'augmenter la surface utile de plancher ou la surface externe utile varient fortement selon le contexte, la typologie existante et la stratégie choisie. Les bâtiments isolés,

datant des années 1960-70, implantés en périphérie des centres-villes sur des parcelles relativement grandes sont ceux qui offrent le plus grand potentiel de densification et d'amélioration de la valeur d'usage. Contrairement aux scenarii d'eREN1, qui avaient plutôt tendance à réduire les surfaces utiles, les scenarii d'eREN2 proposent dans leur majorité une augmentation de ces surfaces.

3.3 Efficience énergétique

Pour chaque scenario de densification un bilan thermique a été calculé selon la norme SIA 381/1 (éd. 2009, pour permettre la comparaison avec les scenarii d'eREN1 établis selon cette édition).
La compensation n'étant pas admise dans tous les cantons, un bilan thermique a été calculé pour chacune des parties (rénovée et neuve). Le bilan pondéré a aussi été calculé à fins de comparaison avec les performances de la rénovation seule.

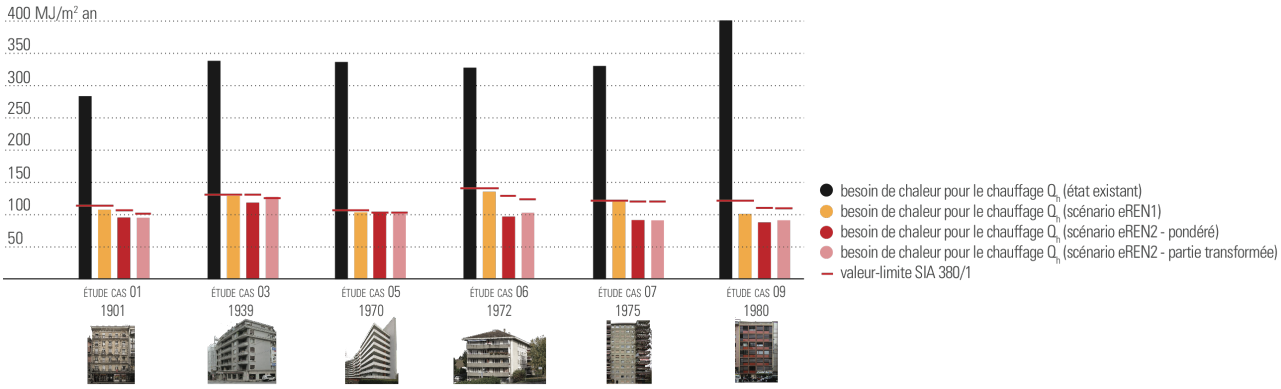


Figure 4 *Graphique des besoins de chaleur « Qh » pour les différents scenarii.*

On constate que pour l'ensemble des cas la densification a permis de réduire le besoin de chaleur pour le chauffage par m2 de SRE non seulement en valeur pondérée (neuf + rénovation), mais également pour la partie transformée seule par rapport aux scenarii d'eREN1. Ces économies sont cependant marginales par rapport à celles qui résultent du passage de l'état existant à un état rénové, avec densification ou non, mais pas totalement négligeables dans l'optique de la transition énergétique.

C'est principalement le cas 06, immeuble de taille moyenne, situé en périphérie, construit dans les années 1970, sans intérêt sur le plan architectural de surcroît, qui est celui pour lequel l'extension des surfaces offre le plus d'intérêt en matière d'économie d'énergie par rapport à la rénovation de l'enveloppe seule.

3.4 Economie

L'estimation des coûts des scenarii sous la forme d'un devis général a été faite selon la méthode du code des coûts de la construction du bâtiment (eCCC-Bât) édictée par le CRB.
Bien qu'il soit décisif pour le propriétaire en fonction de sa capacité d'investissement, le coût des travaux, en valeur absolue, n'a que peu d'intérêt. Afin de pouvoir comparer effectivement et objectivement les options, c'est le retour sur investissement qui prime. L'étude a donc établi, par calcul d'actualisation des flux futurs (discounter cash flows – DCF), la valeur de chacune des options suivantes :

- Entretien usuel de maintien en état de service
- Rénovation énergétique seule (eREN1)
- Rénovation énergétique combinée avec une extension des surfaces utiles (eREN2)

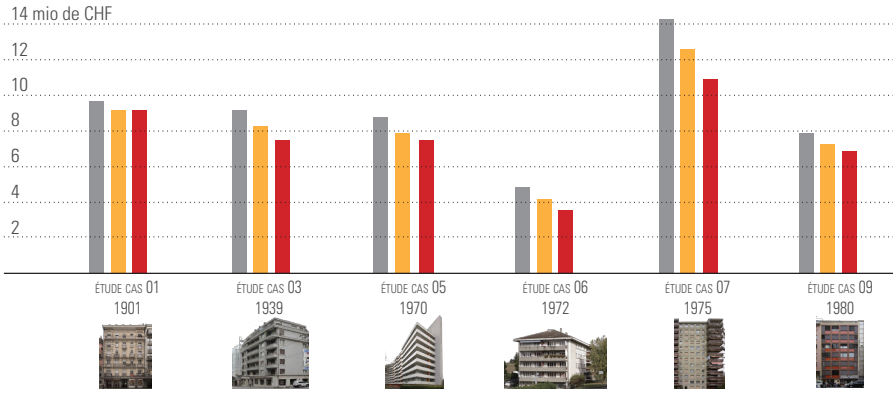


Fig. 18 Graphique des valeurs actuelles des différentes options selon la calcul d'actualisation.

- *entretien courant*
- *assainissement seul (scénario eREN)*
- *assainissement + extension scénario eREN2)*

Figure 5 Graphique des valeurs actuelles des différentes options

Afin d'obtenir des résultats comparables, le coût des travaux a été uniformisé quelle que soit la situation de l'immeuble, les subventions et les impacts fiscaux, variables d'un canton à l'autre, et les spécificités juridiques (LDTR-GE ou LPPPL-VD) ont été neutralisés, et les économies liées à la réduction de la consommation d'énergie ne sont pas prises en compte puisqu'elles bénéficient aux locataires. Les hausses d'état locatif dues aux nouvelles surfaces et à l'amélioration des appartements existants ont été calculées selon l'ordonnance fédérale sur le bail à loyer (OBFL).

On constate une convergence de résultat dans les six cas étudiés. Systématiquement, l'option la plus rentable consiste à maintenir en état le bâtiment existant, sans y apporter d'amélioration, suivie de la rénovation seule et enfin la rénovation-densification.
La cause principale de ce résultat est à mettre sur le compte du coût élevé des travaux pour les nouvelles surfaces, dû à une logistique complexe, des économies d'échelle limitées et un facteur d'enveloppe défavorable.

3.5 Synergies et contraintes

Dans le cas d'une extension, il est clair que les nouvelles parties doivent répondre aux normes en vigueur. Mais la situation est plus floue pour les parties existantes. Profiter de travaux d'extension pour améliorer des éléments vétustes (toiture, façades et fenêtres, plancher contre espace non chauffé ou balcons) ou obsolètes (protection incendie, sécurité sismique, dispositif de protection contre la chute, accès aux PMR, ventilation) peut être un atout financier pour le propriétaire. Cependant l'impact de ces synergies dépend fortement des travaux d'entretien et de rénovation effectués sur le bâtiment au long de sa durée de vie.

D'une manière générale les opérations incluant une densification permettent aussi des synergies constructives : une intervention lourde permet régler certains détails de manière plus cohérente que des travaux partiels. Elles permettent aussi d'aller plus loin dans la performance énergétique lorsque l'enveloppe est entièrement construite à neuf en remplacement d'une façade existante (cas de l'extension horizontale), ou d'y intégrer les énergies renouvelables plus efficacement (exemple des panneaux solaires sur des toitures mieux adaptées en cas de surélévation).

A l'inverse, il se peut que la mise en œuvre d'une opération d'envergure implique des mises aux normes qu'une rénovation plus simple n'aurait pas rendues exigibles (protection incendie, accessibilité aux personnes à mobilité réduite, installation techniques, sécurité para sismique).

Chaque cas est donc particulier. Lorsque le bon sens domine et des synergies émergent, un projet de rénovation-densification est l'occasion d'une mise aux normes «en douceur», pour le bénéfice de tous (un projet de densification durable identifie les synergies possibles et profite d'améliorer le bâtiment pour le futur). Dans d'autres, un trop grand flou au début du projet sur les exigences réelles en matière de mise aux normes et des exigences aux répercussions constructives et économiques élevées peuvent devenir des obstacles insurmontables et tuer un projet dans l'œuf.

4. Conclusions et perspectives

Les radars ci-dessous confirment que les immeubles qui se prêtent le mieux à une rénovation-densification sont ceux des années 1950-80, situés en périphérie, construits sur 3 à 5 niveaux.

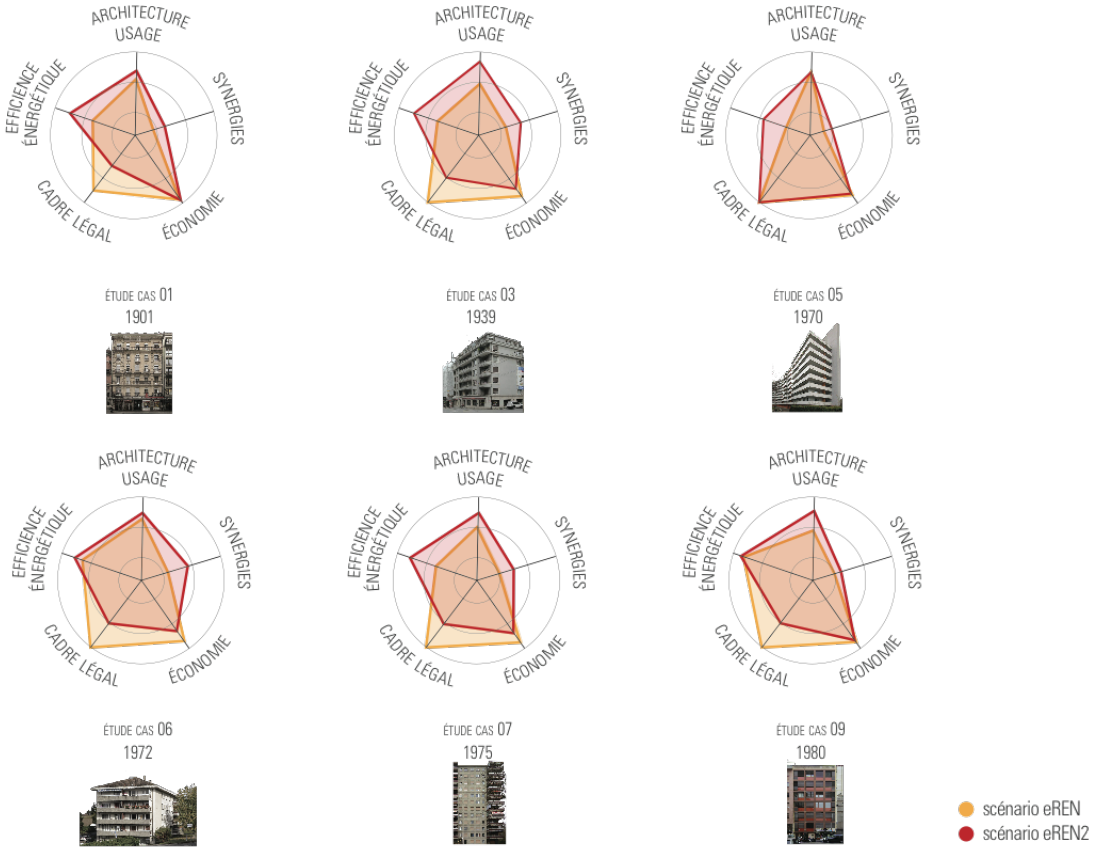


Figure 6 Radars des analyses multicritères.

L'étude eREN2 a permis d'apporter des réponses aux questions qui en était les prémices :

- Quel est le potentiel réel de densification de ces immeubles, en termes structurels, réglementaires, spatiaux et constructifs ?
- La densification permet-elle d'optimiser la consommation énergétique de l'immeuble ?
- L'ajout de nouvelles surfaces locatives permet-il de compenser le coûts des travaux d'assainissement et d'agrandissement ?

Mener à bien un projet de rénovation énergétique couplé à une densification est techniquement complexe mais faisable. Cependant ce potentiel n'est souvent pas exploitable car cette option n'est souvent pas autorisée du point de vue règles d'urbanisme (gabarits sur lesquels il est très difficile de déroger). Seule l'étude de cas 05 avec une fermeture de balcons qui n'implique aucune modification volumétrique passerait le cap de la réglementation. Si l'on entend favoriser la rénovation-densification, un travail conséquent est à mener au niveau des cadres réglementaires locaux pour les aligner sur les objectifs de la LAT et de la LEne.

Même si l'amélioration n'est pas spectaculaire, la densification permet d'améliorer l'efficience énergétique par rapport à une rénovation seule. Permettre de compenser un bilan thermique n'atteignant pas les exigences légales (SIA 380/1 éd 2009) pour la partie transformée avec l'excédent d'un bon bilan thermique global de la partie neuve permettrait de réduire les coûts et la complexité constructive de l'intervention ou son impact patrimonial, tout en atteignant une consommation d'énergie pondérée conforme aux objectifs de la norme. Ceci pourrait inciter des

propriétaires à se lancer dans un projet de rénovation – densification, rendu plus attractifs, plus simple techniquement et plus abordable financièrement. Cette possibilité de compenser est admises par certains canton (Fribourg) et rejetée par d'autre (Genève). Une harmonisation des pratiques basée sur le bon sens serait bienvenue.

Les calculs de rentabilité ont montré que la solution la plus intéressante actuellement, d'un point de vue strictement économique et selon les modes de calculs en usage dans les milieux immobiliers, est de se limiter à un entretien usuel du bâtiment. Compte tenu de cette réalité, on ne peut pas parler de synergie économique entre rénovation et densification. Mais tous les propriétaires n'ont pas un horizon limité à la pure rentabilité et l'immobilisme, sur le moyen-long terme, n'est peut-être pas le meilleur calcul, la situation pouvant évoluer. Une détente sur le marché immobilier, une sensibilité accrue des locataires aux questions environnementales, une attractivité plus importante des centres urbains chez les jeunes pourraient rendre plus difficile la location d'appartement ne correspondant pas aux standards actuels et encourager les propriétaires à créer de nouveaux logements en ville et à améliorer le standing et l'efficience énergétique de leurs immeubles. Ces conditions favoriseraient les projets de rénovation – densification.

L'étude a aussi permis de constater l'importance du partage et du consensus dans le processus de développement de tels projets. Elle a été menée par une équipe pluridisciplinaire d'architectes, d'ingénieurs, de thermiciens. Dans la réalité il aurait impliqué encore plus de personnes et de disciplines. La complexité d'une intervention sur l'existant avec ses avantages (droits acquis, économie d'énergie grise) et inconvénients (inconnues, raccords constructifs complexes, limitations structurelles, vétusté irrégulière, etc.) et la pondération optimale des objectifs en jeu imposent un dialogue précoce entre les différents intervenants et un travail par itérations. Le développement d'un projet adapté au bâtiment impose un consensus entre propriétaire, planificateurs et unités administratives concernées qui doivent tous bénéficier d'une « marge de manœuvre ». Il est donc essentiel que ces projets soient traités selon une approche globale par des professionnels qualifiés et sensibilisés aux problématiques des autres intervenants. Ce processus, qu'on aurait tort de négliger, a un coût, prend du temps, et passe trop souvent pour superflu aux yeux des propriétaires.

Finalement, d'une part la majorité s'accorde à dire que nous devons aller vers une transition écologique dont dépendront les conditions de vie futures de l'espèce humaine, et d'autre part nous n'avons jamais autant consommé, en particulier d'espace et d'énergie. Les normes qui donnent des objectifs et mesurent les résultats ne contribuent pas à résoudre ce paradoxe. Prendre le problème sous l'angle de l'énergie consommée par m2 de surface de logement ne nous permet pas de maîtriser la consommation par habitant. Un habitant dans 120 m2 à 100 MJ/m2 consommera autant que cinq personnes sur la même surface à 500 MJ/m2. Le projet eREN2 a été confronté à ce paradoxe. En tentant de produire des projets conformes aux attentes du marché, il existe le risque de créer plus de mètres carrés pour le même nombre de personnes, soit un gaspillage de ressources et d'énergie contraire aux intentions de base [cas 05, 07 et en partie 01]. Rien, au niveau de la législation ou des habitudes actuelles, ne va à l'encontre de ce scénario. Une densification optimum consisterait à mettre plus de monde sur les surfaces déjà existantes. Mais cette option va à contre-courant de notre logique économique, sociétale et psychologique et de ce que l'on entend par progrès. Un enjeu crucial sera de gérer ce paradoxe et de dégager des compromis acceptables tant du point de vue de la durabilité que de celui des individus soucieux de leur confort et de sphère privée dans des cités toujours plus densément peuplées.

5. Littérature/références

1. **Pikali**, Jules, Rénovation énergétiquement correcte des immeubles locatifs, Berne: Office fédérale de l'énergie, EnDK, EnergieSuisse 2014.
2. **Schürch**, Peter, **Schnell**, Dieter, Rénovation - la construction complémentaire durable, Zurich: EnDK, Faktor Verlag, 2011.
3. **Carmelie**t, Jan, **Zimmermann**, Mark, SuRHiB - Sustainable Rénovation of Historical Building, ETHZ en collaboration avec l'AHB, l'EMPA et la SUPSI, annuel rapport 2011.
4. **Troi**, Alexandra, **Bast ian**, Zeno, Energy solutions for historic buildings – A Handbook: EURAC research, Passive House Institute, Birkhäuser Basel 2015.
5. **Schwehr**, Peter, **Fischer**, Building typology and morphology of Swiss multi-family homes 1919-1990, Haute école d'ingénierie et d'architecture de Lucerne (HSLU), 2010.
6. **EMPA**, Prefabricated Systems for Low energy Renovation of residential Buildings, Retrofit simulation report, International Energy Agency ECBCS Annex 50, 2011.
7. **Lutz**, Conrad, COCCUM - l'enveloppe pour l'assainissement thermique et architectural des bâtiments, Pôle scientifique et technologique du canton de Fribourg, 2010.
8. **Lignum**, SMART Density, rénover et densifier avec le bois, Lignatec 29, Zurich 2014.
9. **Mooser**, Markus, **Merigaux**, Lucie, **Pflug**, Denis, **Horsch**, Bettina, Bois et réhabilitation de l'enveloppe: rénover, isoler, optimiser, Lausanne: Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 2014.
10. **Mooser**, Markus, **Forest ier**, Marc, **Pittet-Baschung**, Mélanie, Surélévations en bois: densifier, assainir, isoler, Lausanne: Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 2011.
11. **Sturm**, Ulrike, **Schwehr**, Peter, Leitfaden Erneuerung und Verdichtung, Hochschule Luzern, 2014.
12. **Sturm**, Ulrike, **Schwehr**, Peter, Mikroinvasive Strategien zur Verdichtung, Hochschule Luzern, 2013-15.
13. **Ehrbar**, Doris, **Schwehr**, Peter, SANSTRAT – Argumentarium Sanierung, Faktor Verlag, Zürich, 2013.
14. **PIBAT**, Diagnostic sommaire MERIP, Evaluation des dégradations et estimations du coût de remise en état des immeubles, 1993.
15. **Drusche**, Volker, Energie – optimiert planen, bauen und sanieren, Synergie nutzen, Kosten sparen, Ressourcen schonen, Berlin : Huss-Medien, 2010.
16. **Bonnet**, Pierre, «La ville sous-exploitée», Elever la ville, Avenir Suisse, Ecublens, 2010.
17. **Mori**, Isabelle, **Bourquin**, Marie-Laure, Adaptation des logements du second après-guerre aux besoins du XXIe siècle, EPFL Architecture, janvier 2011.
18. **West hoff**, Carole, La surélévation: définition d'une problématique, EPFL ENAC architecture, janvier 2013.
19. Rénovation énergétique des bâtiments – cahier technique SIA 2047, SIA, Zürich, 2015.
20. Rénovation énergétique des bâtiments – documentation relative au cahier technique SIA 2047, SIA, Zürich, 2017.
21. **Stefanie Schwab, Lionel Rinquet et al**., Rénovation énergétique – Approche globale pour l'enveloppe du bâtiment, 2016.
22. **Stefanie Schwab, Lionel Rinquet et al.,** Rénovation énergétique – Approche globale pour l'enveloppe du bâtiment, étude complémentaire - isolation périphérique, octobre 2017.
23. **Jacques Bony, Stéphane Citherlet et al.**, Rénovation à faible impacts environnementaux dans le domaine de l'habitation, ECO Reno, OFEN, 2015.
24. **Katia Horber-Parpazian et al**., De la conciliation des intérêts entre propriétaires et locataires en matière de transition énergétique à de nouvelles mesures de politiques publiques, In Volteface, La transition énergétique : un projet de société, Frund, Editions d'en bas, 2018.