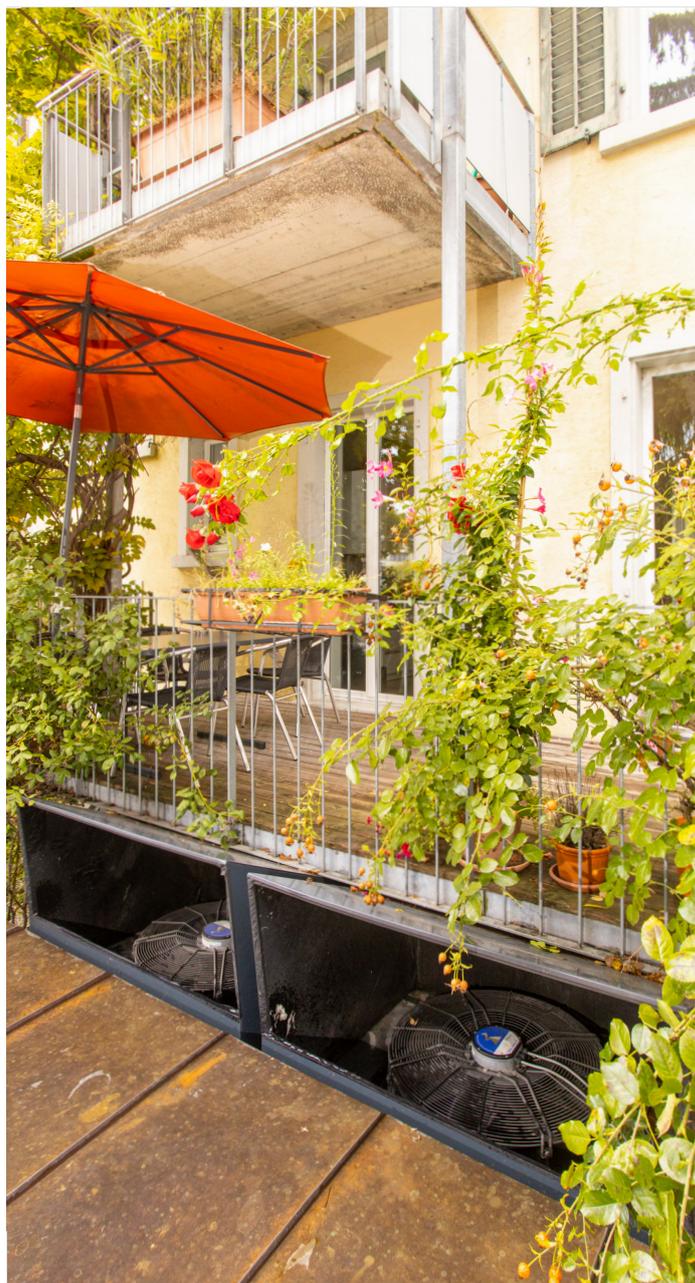


UNE RÉNOVATION NE DOIT PAS ÊTRE COÛTEUX

De nombreux propriétaires de bâtiments sont confrontés à la question de savoir par quelles étapes ils doivent aborder la rénovation énergétique de leur bien immobilier. Selon une nouvelle étude, il est possible d'obtenir des résultats permettant d'économiser efficacement de l'énergie et d'aider les énergies renouvelables à percer, même avec des investissements relativement faibles. Même s'il est souhaitable de procéder à un assainissement global en tenant compte de l'enveloppe du bâtiment, l'isolation du plafond de la cave, par exemple, permet déjà d'obtenir un effet probant. L'essentiel étant d'identifier les mesures pertinentes du point de vue de l'énergie et de la politique climatique, lesquelles peuvent être mises en œuvre à un coût relativement faible et être amorties plus rapidement.

Les rénovations globales intégrant l'enveloppe du bâtiment permettent de réaliser des économies d'énergie substantielles et de réduire les émissions de CO₂ dans le secteur des bi-



Selon les conclusions de l'étude LICs, les pompes à chaleur air/eau peuvent être un élément central d'une solution d'assainissement économique. Photo: Photo: Giovanni Pirajno

ens immobiliers résidentiels et commerciaux. Malgré cela, de nombreux propriétaires de bâtiments hésitent à doter leur ancienne construction d'une nouvelle isolation de façade, notamment parce qu'ils craignent des coûts d'investissement élevés, un processus de construction complexe et des coûts ultérieurs (comme le remplacement de la protection solaire, la remise en état des chemins, des bordures et des surfaces environnantes). À cela s'ajoute le fait que les exigences légales sont si strictes lors d'un assainissement qu'elles ne permettent souvent pas de solution intermédiaire. Les propriétaires de bâtiments sont alors confrontés à la décision de réaliser une isolation coûteuse selon les normes de construction neuve - ou de ne rien faire du tout. L'assainissement énergétique du bâtiment est alors volontiers reporté à une date indéterminée, ou bien on se contente de remises en état (par ex. peinture de la façade) ou à des retouches ponctuelles, parfois peu efficaces sur le plan énergétique.

Le Dr Martin Jakob, directeur de l'entreprise zurichoise de recherche et de conseil TEP Energy, connaît bien la problématique: « Depuis les années 1990, les propriétaires de bâtiments sont encouragés à commencer par l'assainissement de l'enveloppe du bâtiment avant de passer aux énergies renouvelables. Cette voie est toutefois irréaliste, notamment pour les propriétaires plus âgés dans la mesure où elle nécessite de gros investissements dont l'amortissement n'est possible

qu'à long terme. De plus, du point de vue de la protection du climat, nous n'avons plus le temps de commencer par rénover toutes les enveloppes des bâtiments avant de recourir aux énergies renouvelables. Ce contexte implique de faire des compromis et de mettre en œuvre un projet d'assainissement allégé qui aura tout de même un impact considérable ».

Focus sur le système de chauffage

Une étude de TEP Energy et de deux autres sociétés de conseil zurichoises (Low-Tech Lab, Studio Durable) montre désormais aux propriétaires de bâtiments soucieux de l'environnement des moyens de contribuer efficacement à la protection du climat, à l'utilisation des énergies renouvelables et aux économies d'énergie, même avec un engagement financier supportable. On a cherché des possibilités de faire progresser la rénovation énergétique des bâtiments existants avec des solutions avantageuses en termes d'investissement. Lors de tels assainissements à faible coût d'investissement (en bref: LICS), les coûts d'investissement par mètre carré de surface de référence énergétique s'élèvent à environ 200 à 300 francs, soit environ 25'000 à 38'000 francs pour un appartement de 100 m² avec une surface de référence énergétique d'environ 125 m². L'étude a été soutenue par l'Office fédéral de l'énergie (OFEN), par l'ewz (Elektrizitätswerk der Stadt Zürich) ainsi que par les villes de Zurich et de Winterthur.

Bâtiment	Réf. 1 : remplacement chauffage fossile	Réf. 2 : comme réf.1 mais avec remplacement de fenêtres	Stratégie 1 : isolation enveloppe du bâtiment + chauffage fossile	Stratégie 2 : isolation enveloppe du bâtiment + chauffage pas LICS	Stratégie 3 : isolation enveloppe du bâtiment + chauffage LICS	Stratégie 4 : isolation LICS + chauffage LICS	Stratégie 5 : aucune isolation + chauffage LICS
	Coûts d'investissement [CHF/m ²]						
1	115	269	711	791	799	376	376
2	106	218	238	330	287	287	305
3	89	163	310	334	371	298	247
4	103	275	304	452	383	383	374
5	103	272	415	440	481	424	378
6	95	311	429	583	501	429	354
7	65	279	403	462	450	371	360
8	189	189	412	600	473	329	289
9	112	112	118	256	165	165	162
10	85	85	183	319	238	163	163
11	40	138	217	317	259	251	198

Bâtiment	Réf 1	Réf 2	Stratégie 1	Stratégie 2	Stratégie 3	Stratégie 4	Stratégie 5
	Coûts annuels [CHF/m ² /a]						
1	23	31	47	54	52	37	37
2	29	34	33	34	34	34	37
3	28	31	32	32	34	33	35
4	29	37	34	38	37	37	42
5	33	39	36	38	37	43	42
6	27	40	39	44	41	41	37
7	23	31	31	32	32	33	34
8	41	41	40	47	42	43	45
9	24	24	22	31	22	22	23
10	25	25	25	31	28	28	28
11	16	19	20	25	22	22	22

Des études de cas sur onze bâtiments montrent: Si, dans le cadre de la stratégie LICS, on renonce à une rénovation complète de l'enveloppe du bâtiment et que seul le système de chauffage est remplacé par une pompe à chaleur air-eau comme système de chauffage primaire (stratégies 4 et 5), les coûts d'investissement et les coûts annuels (somme des coûts de capital, d'énergie et d'exploitation, annualisés) tendent à être plus faibles que si l'enveloppe du bâtiment est partiellement renouvelée sur le plan énergétique (stratégies 1, 2 et 3). Graphique: Rapport final LICS/rédigé par B. Vogel

Mais comment rénover à moindre coût? En limitant ces mesures à une partie essentielle, telle est la réponse de l'étude LICS. Concrètement, elle conseille de renoncer à la rénovation complète de l'enveloppe du bâtiment et d'investir plutôt les moyens financiers dans un nouveau système de production de chaleur de chauffage et d'eau chaude, complété par des mesures d'efficacité ponctuelles et ciblées.

Réduction des coûts grâce à l'utilisation de deux sources d'énergie

Les auteurs préconisent comme système de chauffage privilégié les pompes à chaleur air/eau, lesquelles récupèrent la chaleur de l'air ambiant et produisent du chauffage et de l'eau chaude en y ajoutant de l'électricité. Ils conseillent de concevoir des systèmes de chauffage de plus de 30 à 40 kW de puissance pour les immeubles collectifs de moyenne et grande taille et les immeubles de bureaux de manière bivalente. La pompe à chaleur couvre alors environ la moitié de la puissance et environ 80% à 90% de l'énergie. Dans la configuration bivalente, le reste est couvert par du biogaz, du méthane de synthèse ou du bois.

Cependant, une solution LICS peut aussi consister en un chauffage au bois ou en un raccordement à un réseau de chauffage urbain utilisant une part importante d'énergies re-

nouvelables. Sans assainissement complet de l'enveloppe du bâtiment, les bâtiments continuent certes à avoir une consommation moyennement élevée, mais celle-ci peut être couverte avec des solutions LICS en utilisant nettement moins d'énergie primaire et d'émissions de CO₂. « Les solutions LICS permettent de faire un grand pas en avant vers des bâtiments fonctionnant de manière renouvelable et avec peu d'énergies fossiles », explique Martin Jakob. « Il reste certes certaines émissions résiduelles, mais elles sont en général inférieures à ces 6 kg de CO₂ par m² de SRE et par an, valeur indicative pour les bâtiments d'habitation donnée par la Société suisse des ingénieurs et des architectes (SIA) (voir Objectifs de performance énergétique SIA 2040) ». Selon la situation, les solutions LICS sont préférables non pas en raison des coûts, mais surtout en raison des autres avantages qu'elles offrent, notamment moins de bruit, moins de puissance connectée et moins d'espace. Ils ont ainsi souvent permis d'intégrer des énergies renouvelables dans des bâtiments existants pas ou partiellement rénovés.

Mesures de soutien

Pour que les pompes à chaleur et les systèmes de chauffage complémentaires consomment le moins d'énergie possible, les auteurs de l'étude LICS préconisent une série de mesures de soutien. Elles comptent =>

	Réf 1 : replace- ment chauffage fossile	Réf. 2 : comme réf.1 mais avec remplace- ment de fenêtres	Stratégie 1 : isolation enveloppe du bâtiment + chauffage fossile	Stratégie 2 : isolation enveloppe du bâtiment + chauffage pas LICS	Stratégie 3 : isolation enveloppe du bâtiment + chauffage LICS	Stratégie 4 : isolation LICS + chauffage LICS	Stratégie 5 : aucune isolation + chauffage LICS
Énergie finale [kWh/m²]							
Bâtiment 1	134	125	94	114	41	58	58
Bâtiment 2	153	142	131	40	59	59	64
Bâtiment 3	163	154	100	111	41	54	69
Bâtiment 4	152	144	104	31	45	45	65
Bâtiment 5	176	161	87	110	34	69	72
Bâtiment 6	135	128	88	22	33	51	52
Bâtiment 7	137	110	58	17	22	43	47
Bâtiment 8	198	198	93	26	31	65	79
Bâtiment 9	48	48	48	16	14	14	14
Bâtiment 10	120	120	80	25	32	52	52
Bâtiment 11	89	79	55	21	22	27	34
Émissions gas à effet de serre loi sur le CO₂ [kWh/m²]							
Bâtiment 1	27	25	19	0	2	3	3
Bâtiment 2	31	29	27	0	3	3	4
Bâtiment 3	33	31	20	0	2	3	4
Bâtiment 4	31	30	22	0	2	2	4
Bâtiment 5	47	43	23	0	2	5	5
Bâtiment 6	27	26	18	0	2	3	3
Bâtiment 7	21	17	9	0	1	3	3
Bâtiment 8	40	40	19	0	0	0	0
Bâtiment 9	10	10	10	0	0	0	0
Bâtiment 10	24	24	16	0	2	3	3
Bâtiment 11	18	16	11	0	1	2	2

Des études de cas portant sur onze bâtiments montrent qu'il est plus avantageux, en termes de consommation d'énergie finale et d'émissions de CO₂, d'installer un chauffage non fossile que d'isoler la façade (comme le montre la comparaison des stratégies 5 et 1).
Graphique: Rapport final LICS/ rédigé par B. Vogel

RECOMMANDATIONS POUR LE RENFORCEMENT DES SOLUTIONS LICS

L'équipe d'auteurs de l'étude LICS a formulé des recommandations d'action qui soutiennent la mise en œuvre de solutions d'assainissement à faible coût d'investissement. Les recommandations sont reproduites ici sous une forme très abrégée :

Il est recommandé aux **propriétaires de bâtiments** privés et institutionnels d'établir une stratégie d'assainissement et de décarbonisation qui présente, de manière échelonnée dans le temps, les mesures prévues et leur impact sur la consommation d'énergie et les émissions, ainsi que les coûts d'investissement et la rentabilité. L'outil INSPIRE, par exemple, apporte un soutien à cet égard. Les stratégies doivent faire la distinction entre les maisons individuelles et les petits immeubles collectifs d'une part, et les grands immeubles collectifs et les bâtiments non résidentiels d'autre part, car les solutions LICS bivalentes (deux sources d'énergie) sont particulièrement pertinentes pour ces derniers.

Les **associations de propriétaires de bâtiments et les associations immobilières** doivent aider leurs membres à décarboniser leurs bâtiments et leurs portefeuilles immobiliers, notamment en fournissant des modèles et des exemples de bonnes pratiques.

Dans **le secteur de la technique du bâtiment**, les installateurs sont invités à démontrer les avantages des solutions LICS. Les fabricants d'installations de chauffage doivent poursuivre le développement d'installations bivalentes dans le but de les rendre plus simples et moins chères (à l'achat et à l'exploitation).

Les **entreprises du secteur de l'énergie** doivent également aider leurs clients à décarboniser leurs bâtiments grâce à des solutions LICS bivalentes. Elles doivent généralement être conçues comme des solutions transitoires et peuvent jouer un rôle stratégique décisif dans la mise en place de réseaux thermiques.

La **Confédération** doit améliorer les chances de réalisation par la promotion, les prescriptions en matière d'émissions, les travaux de recherche. Il faut également envisager d'adapter les prescriptions de protection sonore en permettant également des mesures d'exploitation pour éviter le bruit (par. ex. la prise en compte d'un mode d'exploitation échelonné). Les **cantons** et les **communes** sont également concernés: Ces derniers doivent indiquer dans leur planification énergétique où se situent les possibilités et les limites des systèmes décentralisés, notamment ceux basés sur des pompes à chaleur air/eau, et où il convient plutôt de recourir à des systèmes raccordés. Cela peut être réalisé, par exemple, à l'aide d'analyses basées sur un SIG, lequel catégorise l'adéquation de ces systèmes (par exemple avec un système de feux de signalisation). Les procédures d'autorisation doivent être simplifiées et dynamisées, par exemple en accordant (voire en encourageant) des solutions transitoires.

- la réduction des besoins grâce à l'isolation du sol des combles et du plafond de la cave;
- la réduction de la température de départ par des mesures de distribution et d'émission de chaleur telles que l'adaptation des réglages tels que la courbe de chauffe, la température ambiante, l'abaissement nocturne ainsi que l'équilibrage hydraulique;
- des concepts de ventilation plus avantageux que les systèmes d'entrée et de sortie d'air avec récupération de chaleur - tels que les systèmes d'extraction d'air, l'ouverture automatique ou commandée des fenêtres, les échangeurs de chaleur

intégrés dans les fenêtres;

- économiser l'eau chaude en installant un avaloir de douche avec récupération de chaleur;
- le dimensionnement minutieux, la mise en service et l'optimisation énergétique permanente de l'exploitation selon la méthodologie SIA.

L'équipe d'auteurs de l'étude LICS voit dans les systèmes de chauffage bivalents avec des pompes à chaleur air/eau un système de chauffage avancé qui peut être utilisé en particulier dans les quartiers extérieurs des villes, où la pose de son-

des géothermiques n'est guère possible sur l'ensemble de la surface. Les experts estiment qu'en ville, 60 à 65% des bâtiments peuvent être équipés d'une pompe à chaleur de différents types, et à la campagne, 80 à 85%. Pour maîtriser les nuisances sonores, ils proposent des mesures ciblées qui sont, du moins en partie, « low-cost ». Il est ainsi possible, par exemple, de choisir judicieusement le lieu d'installation, adapter la taille des échangeurs de chaleur et des conduits d'air pour réduire le bruit et la vitesse d'écoulement, ou encore monter des capots acoustiques. En outre, il faudrait examiner si des adaptations légales devraient être entreprises (voir encadré « Recommandations » p.4).

Études de cas avec onze bâtiments

Pour évaluer l'impact financier et environnemental de différentes stratégies d'assainissement, l'équipe d'auteurs du LICs s'est appuyée sur onze études de cas portant sur des maisons individuelles, des immeubles collectifs et des bâtiments de bureaux construits à des périodes plus anciennes, avant 1990. Pour les bâtiments, les coûts (coûts d'investissement et coûts totaux annualisés), la consommation d'énergie finale et les émissions directes et indirectes de CO₂ ont été calculés à l'aide d'un outil de simulation (INSPIRE) pour deux cas de référence et cinq stratégies d'assainissement (voir les graphiques p. 2 et 3). Dans les stratégies 1 à 3, l'enveloppe du bâtiment est partiellement rénovée sur le plan énergétique, mais pas dans les stratégies 4 et 5. Les stratégies 5, 4 et 3 font appel à un système de chauffage LICs (pompe à chaleur air-eau avec chaudière à gaz ou à fioul pour les pics de consommation).

Les auteurs tirent les conclusions suivantes de leurs calculs de simulation: « Les résultats montrent que les coûts d'investissement peuvent être maintenus dans des limites raisonnables pour les bâtiments analysés pour les stratégies avec solution LICs (S3 à S5). Pour la stratégie S3, les coûts d'investissement et les coûts annuels totaux ne sont en général que légèrement supérieurs à ceux de la solution fossile (S1), et ce pour des émissions nettement plus faibles. Si aucune mesure n'est prise pour l'enveloppe du bâtiment ou si seules des mesures dites spécifiques au LICs sont prises, les coûts d'investissement sont même inférieurs à ceux des solutions fossiles. Avec ces stratégies (S4 et S5), les émissions ne baissent certes pas autant qu'avec la S3, mais peuvent tout de même être réduites de manière significative, ce qui permet en règle générale de respecter la valeur indicative selon SIA 2040 ».

Typologie des bâtiments des objets examinés dans les études de cas

Type de bâtiment, taille, construction	Période de construction	Efficacité énergétique Energie utile	Besoin de chaleur de chauffage [kWh/m ²]
Immeuble, petit, 5 étages, indépendant	Avant 1919	Moyenne, fenêtres et toit rénovés	84
Immeuble, lotissement, 5 étages, deux et trois ménages	1919-1945	Mauvaise, fenêtres rénovées uniquement (env. 2000)	118
Immeuble, taille moyenne, 3 étages, indépendant	1946-1960	Moyenne, assainissement partiel (par ex. fenêtres et grenier années 1990)	133
Immeuble, grand, 3 étages, montage unilatéral	1946-1960	Moyenne, façade, fenêtres avec toit bas rénovés avec norme élevée	106
Immeuble, très grand, 4 étages, indépendant	1946-1960	Mauvais, fenêtres rénovées uniquement (env. 1990)	125
Immeuble, petit (5 appartements), 2 étages, indépendant	1971-1980	Moyenne, assainissement total sans façade vers 2000	113
Immeuble, taille moyenne, 3 étages, montage bilatéral	1981-1990	Moyenne, essentiellement pas rénové	94
Maison individuelle, petite, 2 étages, indépendante	1919-1945	Mauvaise, essentiellement pas rénové	153
Maison individuelle, grande, 2 étages, indépendante	1981-1990	Moyenne, pas rénové	27
Bâtiment administratif, taille moyenne, 9 étages, indépendant	1919-1945	Moyenne, toit plat rénové	106
Bâtiment scolaire, grand, 5 étages, indépendant	1971-1980	Mauvaise, essentiellement pas rénové	106

Valeurs de référence des onze bâtiments pris en compte dans les études de cas. Tableau: Rapport final LICs/rédigé par B. Vogel

Pratique et rapide

Selon les experts, la nouvelle approche est également praticable parce qu'il existe aujourd'hui des pompes à chaleur qui fournissent les températures de départ nécessaires pour les bâtiments non rénovés (jusqu'à 65°C). Un remplacement rapide du chauffage est également indiqué. Dans le cas contraire, les objectifs énergétiques ne pourront pas être atteints à temps. Les besoins d'investissement et de financement moindres des assainissements à faible coût entraîneront « des progrès plus rapides dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre à l'échelle nationale (2 à 5% par an au lieu de moins de 1% par an) », écrit l'équipe d'auteurs dans le rapport final du projet en se référant à leurs propres calculs.

➤ Le **rapport final** du projet « Potentiel et limites des solutions existantes et nouvelles pour les assainissements à faible coût d'investissement afin d'atteindre une faible

valeur limite de CO₂ dans les bâtiments existants › est disponible sur :

<https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=44742>

- Nadège Vetterli (nadege.vetterli@anex.ch), responsable externe du programme de recherche Bâtiments et villes de l'OFEN, et le chef de projet Dr Martin Jakob (martin.jakob@tep-energy.ch), communiquent des **in-
formations** sur ce projet.

- Vous trouverez d'autres **articles spécialisés** concernant les projets de recherche, les projets pilotes et de démonstration ainsi que les projets phares dans le domaine Bâtiments et villes sur www.bfe.admin.ch/ec-batiments.