Commission européenne

BROCHURE SUR LES SOLUTIONS D'AMÉLIORATION DE L'ENVELOPPE DU BÂTIMENT

Smart Cities Marketplace 2023

Le Smart Cities Marketplace est géré par la Direction générale de l'énergie de la Commission européenne.

L'ÉNERGIE

Editeur : Smart Cities Marketplace © Union européenne, 2023

Complété dans : Janvier 2023

Auteur : Smart Cities Marketplace géré par la Direction générale de l'énergie de la Commission smart-cities-marketplace.ec.europa.eu | European Commission | DG ENER

La version 2023 est écrite par : Paulina Rodriguez Fiscal, Han Vandevyvere (VITO/EnergyVille), Leen Peeters (Th!nk E)

La version 2020 est écrite par : Yixiao Ma, Han Vandevyvere (VITO/EnergyVille), Leen Peeters (Th!nk E)

Correction d'épreuves : Gabi Kaiser, Siora Keller (Steinbeis 2i)

Conception graphique : Agata Smok (Th!nk E) pour le Smart Cities Marketplace, Commission européenne DG ENER

Image de couverture Projet ECO-life à Courtrai, en Belgique, où des immeubles d'habitation ont été construits qui datent de 1970 ont été transformées en résidences à faible consommation d'énergie en 2021. © Agata Smok

Police de caractères : EC Square Sans Pro

Avis de non-responsabilité : © European Union, 2021

The Commission's reuse policy is implemented by Commission Decision 2011/833/EU of 12 December 2011 on the reuse of Commission documents (OJ L 330, 14.12.2011, p. 39).

Unless otherwise noted, the reuse of this document is authorised under the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) licence. This means that reuse is allowed, provided appropriate credit is given and any changes are indicated.

For any use or reproduction of elements that are not owned by the EU, permission may need to be sought directly from the respective right holders.

This document has been prepared for the European Commission however it reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

Quoi et pourquoi 5

Contexte de la ville 7

Technique Spécifications 10

Classification des solutions

Trias Energetica

Façades/murs extérieurs

Toit/grenier

Autres mesures

Bien isoler : l'importance de respecter les principes de bonne construction physique

Obstacles techniques et non techniques

Matériaux d'isolation

Modèles d'entreprise et finances 28

Modèles commerciaux possibles

Obstacles financiers

Aspects sociétaux et utilisateurs 35

Obtenir le soutien et l'engagement des parties prenantes

Tirer parti des avantages primaires et secondaires

Engagement des propriétaires

Gouvernance et réglementation 39

Parties prenantes des projets de modernisation des bâtiments

Regulatory barriers

Leçons apprises - résumé 42

Défis

Recommandations

Documents utiles (en anglais) 45

QU'EST-CE QUE LE SMART CITIES MARKETPLACE ?

La Smart Cities Marketplace est une initiative soutenue par la Commission européenne qui rassemble **des villes, des industries, des PME, des investisseurs, des banques, des chercheurs et d'autres acteurs actifs dans le secteur climatique, et des villes intelligentes.** Le réseau d'investisseurs de Smart Cities Marketplace est un groupe croissant d'investisseurs et de fournisseurs de services financiers qui recherchent activement des projets climatiquement neutre et des projets de villes intelligentes.

QUELS SONT LES OBJECTIFS DU SMART CITIES MARKETPLACE ?

Le Smart Cities Marketplace compte des milliers d'adeptes dans toute l'Europe et au-delà, dont beaucoup se sont inscrits en tant que membres. Leurs objectifs communs sont les suivants **d'améliorer la qualité de vie des citoyens, d'accroître la compétitivité des villes et de l'industrie européennes ainsi que d'atteindre les objectifs de l'Union européenne les objectifs en matière d'énergie et de climat.**

À QUOI PEUT VOUS SERVIR LE SMART CITIES MARKETPLACE ?

Découvrez les possibilités, donnez forme à vos idées de projet et concluez un accord pour lancer votre solution Smart City ! Si vous souhaitez nous contacter, veuillez utiliser info@smartcitiesmarketplace.eu

© Oliver Cole, Unsplash

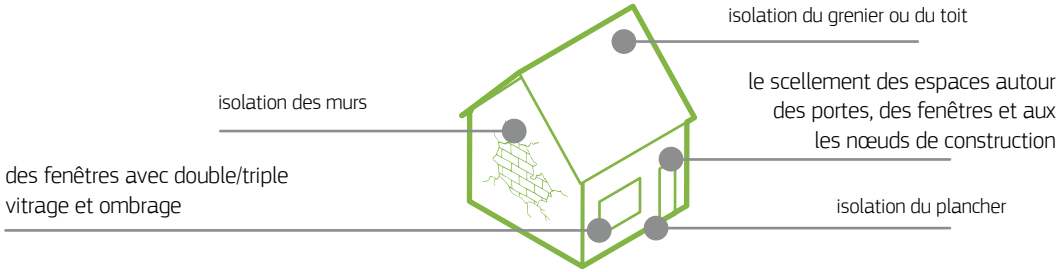
QUOI ET POURQUOI

© Jesus Cardona

QUOI ET POURQUOI

Les bâtiments sont les plus gros consommateurs d'énergie en Europe, représentant environ 40 % de la consommation d'énergie de l'UE, lorsque 75 % du chauffage et de la climatisation des bâtiments est produit à partir de combustibles fossiles. Près de 35 % des bâtiments en Europe ont plus de 50 ans, et près de 75 % de l'immobilier est considéré comme inefficace.

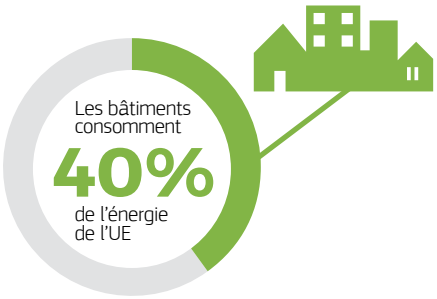
En même temps, le taux de rénovation des bâtiments reste assez faible, de l'ordre de 1 % par an en moyenne. L'augmentation de ce taux de rénovation peut contribuer à une utilisation plus efficace de l'énergie et à la réduction des émissions de CO_2, tout en améliorant le confort thermique intérieur.

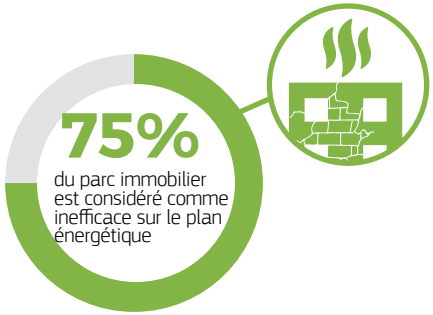


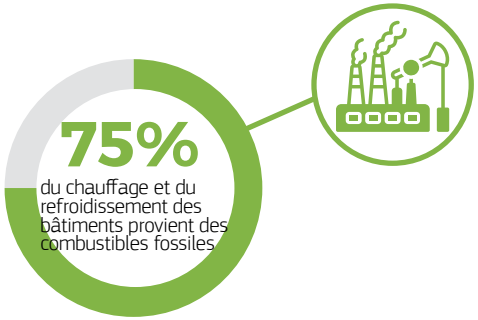
Diverses mesures de rénovation énergétique peuvent être envisagées, ciblant **l'enveloppe du bâtiment** d'une part et les systèmes thermiques et électriques du bâtiment d'autre part. L'amélioration de l'enveloppe du bâtiment, en **réduisant les pertes thermiques** par **transmission** et **infiltration**, est une première étape logique et efficace.

Cette brochure se concentre spécifiquement sur la rénovation des enveloppes des bâtiments et l'envisage d'un point de vue technique, financier, social et de gouvernance.

Les obstacles à la mise en œuvre, ainsi que le **potentiel de transposition à plus grande échelle**, seront discutés et illustrés par des expériences tirées de différents projets européens.







CONTEXTE DE LA VILLE

© Agata Smok

CONTEXTE DE LA VILLE

Compte tenu de l'importance de la rénovation énergétique, l'UE a aidé de nombreux consortiums à expérimenter de nouvelles techniques et procédures opérationnelles, des systèmes de financement, des stratégies d'engagement des utilisateurs finaux et des processus de gouvernance.

D'après l'analyse d'un ensemble de près de **50 démonstrateurs** de **rénovation de bâtiments**, il apparaît que la moitié des projets de rénovation réalisent des économies de 50 à 75% de la demande énergétique finale totale.

Quelques exemples choisis sont présentés ci-dessous.

À Valence, en Espagne, 548 logements (62 243 m^2 au total), dont 536 logements privés et 12 logements sociaux sont fortement rénovés. Les mesures relatives aux toits, aux façades, aux vitrages et aux châssis sont mises en œuvre au-delà de la réglementation nationale applicable aux bâtiments rénovés et des pratiques habituelles.

Cette rénovation vise à réaliser 64 % d'économies d'énergie (y compris par l'intégration des énergies renouvelables).

À Valladolid, en Espagne, un plan intensif de rénovation de l'enveloppe des bâtiments a été déployé pour 398 logements (24 700 m^2 de surface conditionnée avec 1 000 résidents). La demande d'énergie de ces bâtiments est considérablement réduite grâce à la mise en œuvre de mesures passives sur les murs, les toits et les fenêtres. L'économie d'énergie est d'environ 32%.

À Nottingham, en Grande-Bretagne, un programme complet de rénovation a été mis en place dans la zone de Sneinton afin de créer un quartier à faible consommation d'énergie (23 318 m2 de surface conditionnée, 411 logements avec environ 1 600 résidents). L'intervention de rénovation se concentre sur l'isolation des murs et des toits, en particulier sur les propriétés de plus de 100 ans. Les économies d'énergie réalisées sont d'environ 40 %.

Un ensemble d'interventions liées à l'enveloppe a été mis en œuvre à Tepebasi, en Turquie (9 110 m^2, 57 logements pour 400 résidents). L'isolation des murs extérieurs, le triple vitrage et l'isolation des toits ont permis de réaliser 53 % d'économies d'énergie.

A San Sebastian, en Espagne, 156 bâtiments résidentiels et 34 bâtiments commerciaux (totalisant 18 350 m^2) ont été rénovés grâce à l'isolation de la façade, du toit et du rez-de-chaussée et au remplacement des fenêtres à haut rendement énergétique, ce qui a entraîné une réduction de 35% de la consommation d'énergie primaire (en combinaison avec un réseau de chauffage urbain).

À Florence, en Italie, 300 logements sociaux accueillant 700 résidents et représentant une surface totale de 20 000 m^2 ont été équipés d'une isolation de l'enveloppe, ce qui a permis de réaliser une économie d'énergie d'environ 30 % (en combinaison avec un réseau de chauffage urbain).

À Vitoria-Gasteiz, en Espagne, 312 logements (23 110 m^2) ont été rénovés en isolant l'enveloppe et en installant des fenêtres extérieures à double vitrage. En outre, ces bâtiments ont été raccordés à un nouveau réseau de chauffage urbain à la biomasse. Cela a permis de réduire la demande de chauffage de 52,5 % et les émissions de CO_2 de 89 %.

À Sonderborg, des actions similaires d'amélioration de l'enveloppe ont été mises en œuvre dans les sites de démonstration comprenant 51 bâtiments avec 815 appartements et 66 181 m^2 de surface construite au total. Les économies d'énergie dues à ces rénovations de quartier ont atteint 2 980 MWh

À Nantes, en France, des appartements à logements multiples et des maisons individuelles ont été rénovés grâce à une meilleure isolation thermique et à l'installation de dispositifs intelligents et de systèmes d'énergie renouvelable. Cinq appartements à logements multiples (270 logements de 18 000 m^2) ont atteint une performance énergétique moyenne de 80 kWh/m2/an (35-68% de consommation relative d'économie selon le bâtiment), tandis que 32 maisons individuelles ont réduit leur consommation d'énergie de 24 % en moyenne.

À Nice, en France, deux immeubles d'habitation comprenant 132 logements (10 684 m^2) ont été rénovés de sorte que les économies d'énergie devraient être de 900 MWh/an après la rénovation, ce qui représente une réduction de 252 tonnes de CO_2/an. /an.

À Barcelone, en Espagne, 207 logements (plus de 14 000 m^2) ont été équipés d'une isolation des murs extérieurs et d'une protection solaire efficace. La consommation de gaz naturel pour le chauffage a été réduite de 22 % à 30 % (selon le bâtiment). En outre, 53 % des logements contrôlés ont un confort thermique accru en hiver, tandis qu'on observe également une réduction de 43 % du mécontentement dû au déséquilibre des températures.

Six bâtiments comprenant un total de 323 appartements ont été rénovés dans le quartier de Valla Torg à Stockholm, en Suède. Les mesures de rénovation consistaient en l'amélioration de l'enveloppe thermique et de nombreuses autres mesures actives. Dans l'ensemble, les mesures ont permis de réduire la consommation totale d'énergie des bâtiments de 60%.

À Cologne, en Allemagne, un vaste projet d'amélioration de la performance énergétique a été mis en œuvre dans 16 immeubles résidentiels comptant 687 logements locatifs dans le quartier de Stegerwaldsiedlung. Des mesures similaires sont incluses - isolation de l'enveloppe et remplacement des fenêtres. Combinées à quelques mesures actives (éclairage LED, panneaux photovoltaïques), les économies totales d'énergie finale atteignent 61 % au niveau de chaque bâtiment.

TECHNIQUE SPÉCIFICATIONS

© Th!nk E

TECHNIQUE SPÉCIFICATIONS

Classification des solutions

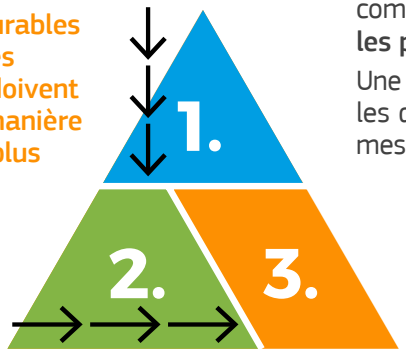
Trias Energetica

Le principe «Trias Energetica» décrit une stratégie logique en trois étapes pour la réalisation d'un bâtiment économe en énergie :

En gardant à l'esprit le concept de Trias Energetica, la réalisation d'un bâtiment économe en énergie devrait toujours commencer par la réduction des pertes de chaleur (ou de froid) de l'espace intérieur conditionné vers l'extérieur.

L'enveloppe du bâtiment est définie comme la barrière physique qui sépare les espaces intérieurs de l'extérieur. Elle se compose **des toits, des murs, des sols, des fenêtres et des portes.** Différentes mesures d'amélioration peuvent être mises en œuvre sur les composants opaques et transparents du bâtiment. L'amélioration de l'enveloppe qui en résulte peut-être réalisée à l'échelle du bâtiment au niveau des composants, des logements, des bâtiments et même au niveau des districts.

1. Réduire la demande énergétique globale du bâtiment par des mesures telles qu'une bonne isolation et une bonne étanchéité à l'air ;
2. La demande d'énergie étant réduite, l'étape suivante consiste à utiliser le plus grand nombre possible de sources d'énergie durables (solaire, éolienne, géothermique, etc.) pour fournir l'énergie restante demande.
3. Si les sources d'énergie durables ne sont pas disponibles, les combustibles fossiles ne doivent être utilisés que dans la manière dans laquelle ils sont les plus efficaces.

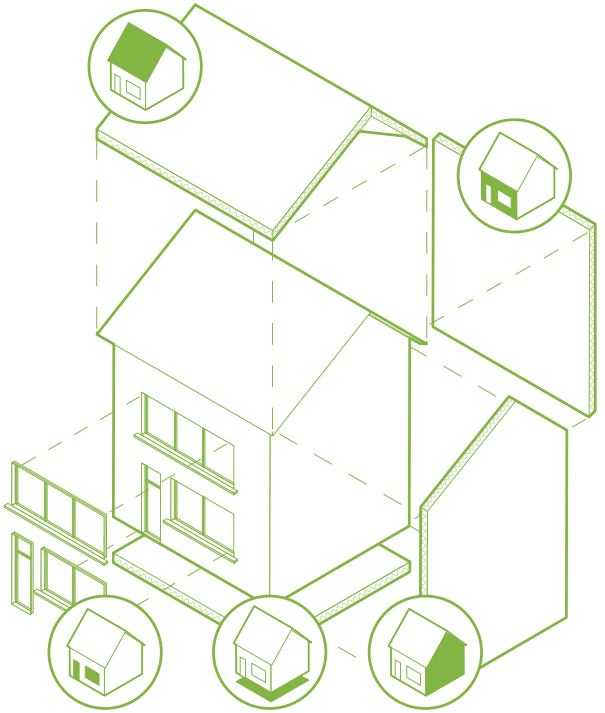


Les matériaux isolants sont la mesure la plus courante pour améliorer la résistance thermique des parties opaques de l'enveloppe du bâtiment et pour réduire ainsi le nombre de pertes thermiques.

Les mesures d'isolation exactes dépendent du type de structure, du type de matériau isolant et de l'emplacement du matériau isolant dans la structure.

Un complément d'isolation bien conçu comprend des mesures visant à r**éduire les pertes par infiltration.**

Une bonne exécution est essentielle pour les deux, mais surtout pour la dernière mesure.



Le compromis entre la profondeur de la rénovation de l'enveloppe du bâtiment et le niveau de fourniture durable de chaleur et de froid.

La quantité exacte à isoler ou l'ampleur de la réduction des pertes doivent être considérées dans une perspective systémique. Des sources de chaleur (ou de froid) durables peuvent être disponibles localement et à des températures différentes selon leur origine.

Dans le cas où une **source de chaleur locale** à haute température est disponible, un niveau d'isolation plus faible peut être un choix responsable. Un bon exemple est celui d'une zone patrimoniale où les bâtiments offrent peu de possibilités d'isolation supplémentaire, mais où la même zone pourrait être desservie par un réseau de **chauffage urbain** durable à haute température.

Lorsque la **chaleur perdue** à basse température est disponible, on peut opter pour des enveloppes mieux isolées combinées à un chauffage par le sol ou à des radiateurs à basse température.

L'équilibre comprend une combinaison d'évaluations au niveau des bâtiments et d'évaluations à plus grande échelle, nécessitant l'avis d'experts pour aboutir à l'approche la plus durable.

Les plans locaux de zonage thermique jouent un rôle important dans la détermination des résultats de ce compromis. Les plans de zonage thermique définissent les zones urbaines où les réseaux de chauffage et de refroidissement urbains seront déployés. Les régimes de température donnés sont comparés aux zones où les systèmes autonomes - tels que les pompes à chaleur individuelles - seront la solution standard pour l'installation des bâtiments. En d'autres termes, les guides pour des zones urbaines et les guides pour des bâtiments individuels (voir également plus loin) doivent être compatibles entre elles. Tout ceci doit être considéré dans la perspective d'un système énergétique décarboné, éliminant progressivement les installations alimentées par des combustibles fossiles.

Pour en savoir plus sur le chauffage et le refroidissement urbains ainsi que sur les plans de zonage thermique, cliquez ici :
smart-cities-marketplace.ec.europa.eu/insights/solutions

k

Conductivité thermique (valeur k)

La mesure de base de la quantité d'énergie thermique conduite par tout matériau de construction, y compris les matériaux d'insulation thermique, est la conductivité thermique. Elle est caractérisée par la valeur lambda (λ), ou valeur k (unité : W/m*K). En règle générale, plus la conductivité thermique est faible, mieux c'est, car le matériau conduit moins d'énergie thermique. 'k' et 'λ' sont des caractéristiques des matériaux, tandis que 'R' et 'U', comme indiqué ci-dessous, sont des caractéristiques des composants du bâtiment.

R

Résistance thermique (valeur R)

La résistance thermique est le principe inverse de la conductivité. Plus la conductivité est faible, plus la résistance est élevée. Pour comparer les performances relatives de différentes épaisseurs de matériaux (et d'éléments de construction composites constitués de plusieurs couches de matériaux différents), il faut évaluer leur résistance thermique (unité : m2*K/W). La résistance thermique est calculée en divisant l'épaisseur du matériau par sa conductivité thermique, ce qui donne une valeur R spécifique à cette épaisseur. En règle générale, plus la résistance thermique est élevée, mieux c'est, car la résistance au transfert de chaleur est plus grande. Par conséquent, la résistance thermique peut être augmentée en choisissant un matériau ayant une conductivité plus faible et/ou en fournissant une couche plus épaisse de ce matériau isolant. Dans un mur composite, les résistances thermiques des différentes couches s'additionnent.

U

Transmittance thermique (valeur U)

La valeur U est une mesure de la transmission thermique, ou de la quantité d'énergie thermique qui traverse un plancher, un mur ou un toit, du côté chaud (chauffé) au côté froid (unité : W/m2*K). En règle générale, plus la valeur U est faible, mieux c'est. De cette façon, U est l'inverse de R.

NZEB Flanders:

Les toits : U_{toit} = 0.24 W/m²*K

Murs extérieurs : U_{mur} = 0.24 W/m²*K

Fenêtres (profiles and glazing) :

$U_{Fenêtre}$ = 1.5 W/m²*K and vitrage : $U_{vitrage}$ = 1.1 W/m²*K

Portes : U_{door} = 2.0 W/m²*K

Planchers : $U_{plancher}$ = 0.24 W/m²*K

Exigences relatives à la valeur U pour les bâtiments rénovés en Suède :

Les toits : U_{toit} = 0.13 W/m²*K

Murs extérieurs : U_{mur} = 0.18 W/m²*K

Fenêtres (profiles and glazing) :

$U_{Fenêtre}$ = 1.2 W/m²*K

Portes : U_{door} = 1.2 W/m²*K

Planchers : $U_{plancher}$ = 0.15 W/m²*K

Façades/murs extérieurs

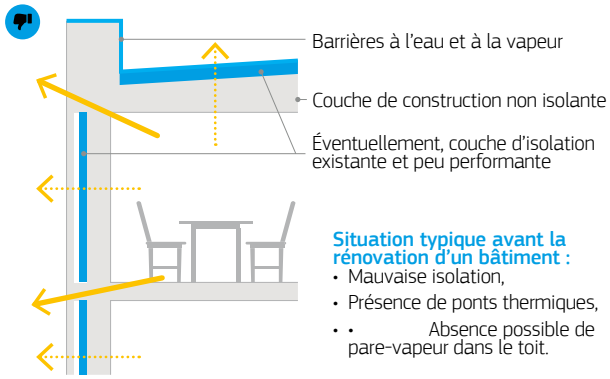
Pour les façades, la couche d'isolation peut être placée à l'extérieur, à l'intérieur ou dans la cavité du mur.

Isolation extérieure

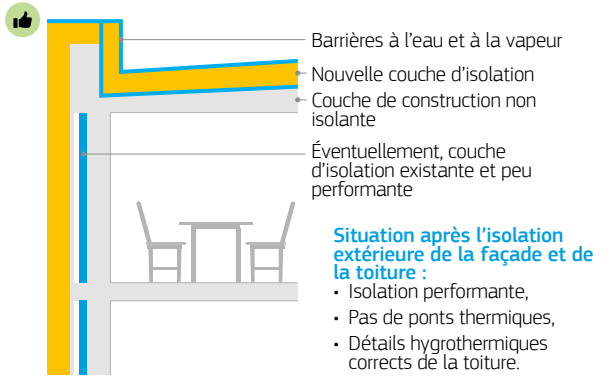
L'isolation par l'extérieur implique **qu'une ou plusieurs couches d'isolation soient appliquées sur la surface extérieure du mur.**

Le degré de démantèlement du mur existant dépend de son état de conservation et du type d'isolation. Il est parfois nécessaire d'enlever l'enduit ou le bardage existant de la surface extérieure avant de poser les nouvelles couches d'isolation. Le plus souvent, **une nouvelle finition de façade devra être appliquée sur la couche d'isolation ajoutée.** Un exemple courant est l'enduit, mais des systèmes de façade légers et même une nouvelle lame extérieure en pierre ou en brique est possible, pour autant que les systèmes de support adéquats soient mis en place (cadres de support fixés à la façade existante ou nouvelles fondations).

Du point de vue de la physique du bâtiment, l'isolation extérieure est l'option préférée car (1) elle offre **le plus de garanties pour la réalisation d'une couche d'isolation continue autour du bâtiment sans «ponts thermiques»** (interruptions de l'isolation qui provoquent des pertes thermiques accrues et entraînent des risques tels que la condensation) et (2) **elle «emballe» complètement la masse thermique de la structure du bâtiment** afin que cette dernière puisse fonctionner comme un stockage de chaleur (ou de froid) dans le volume protégé, réduisant les fluctuations de température et améliorant ainsi le confort thermique.



Situation typique avant la rénovation d'un bâtiment :
- Mauvaise isolation,
- Présence de ponts thermiques,
- Absence possible de pare-vapeur dans le toit.



Situation après l'isolation extérieure de la façade et de la toiture :
- Isolation performante,
- Pas de ponts thermiques,
- Détails hygrothermiques corrects de la toiture.

Situation avant l'isolation. © Th!nk E

Travaux d'isolation. © Th!nk E

Nouvelle lame de brique extérieure. © Th!nk E

Isolation intérieure

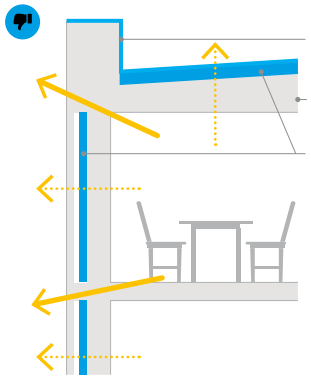
L'isolation intérieure consiste à ajouter une couche d'isolation à l'intérieur du mur extérieur.

La méthode la plus courante consiste **à construire un nouveau mur à montants et à ajouter la couche d'isolation dans sa structure.** Cependant, l'isolation par l'intérieur peut être perturbante, et elle nécessite de retirer et de refixer des éléments ou des équipements intérieurs. Elle est également moins optimale du point de vue de la physique du bâtiment.

Les trois obstacles les plus important sont :

1. **les ponts thermiques inévitables (par exemple, lorsque des sols en béton sont fixés dans les murs extérieurs) ;**
2. **la perte de la capacité thermique de ces murs extérieurs ; et**
3. **le stress thermique sur ce dernier, qui est en conséquence entierement exposé aux chocs thermiques et froids de l'extérieur.**

En outre, la surface utile du plancher est diminuée par l'ensemble des mesures d'isolation intérieure. L'isolation intérieure doit donc être considérée comme une option à choisir lorsque d'autres solutions **ne sont pas possibles ou sont jugées trop complexes ou trop coûteuses à réaliser.**

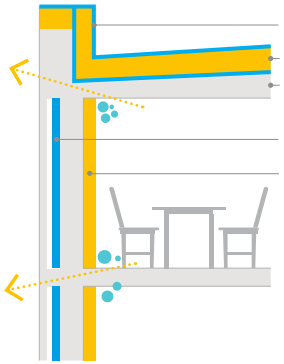


Barrières à l'eau et à la vapeur

Couche de construction non isolante

Éventuellement, couche d'isolation existante et peu performante

Situation typique avant la rénovation d'un bâtiment :
- Mauvaise isolation,
- Présence de ponts thermiques,
- Absence possible de pare-vapeur dans le toit.



Barrières à l'eau et à la vapeur

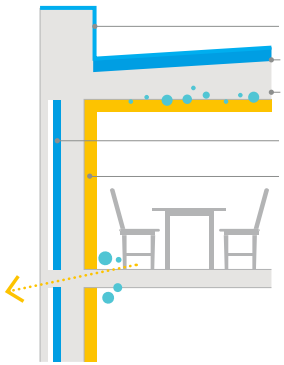
Nouvelle couche d'isolation

Couche de construction non isolante

Éventuellement, couche d'isolation existante et peu performante

Nouvelle couche d'isolation intérieure

Situation after internal façade and external toit insulation:
- Isolation performante,
- Correct hygrothermal toit detailing but remaining thermal bridges and condensation risks.



Barrières à l'eau et à la vapeur

Éventuellement, couche d'isolation existante et peu performante

Couche de construction non isolante

Éventuellement, couche d'isolation existante et peu performante

Nouvelle couche d'isolation intérieure

Situation après l'isolation intérieure de la façade et de la toiture :
- Isolation performante, mais présence de ponts thermiques et de risques de condensation interne (critique en toiture).

© Smart Cities Marketplace

Isolation des murs creux

Si le mur extérieur présente une cavité vide et que celle-ci est suffisamment large (au moins 50 mm), cette dernière peut être rempli d'un matériau isolant approprié pour améliorer les propriétés thermiques du mur extérieur.

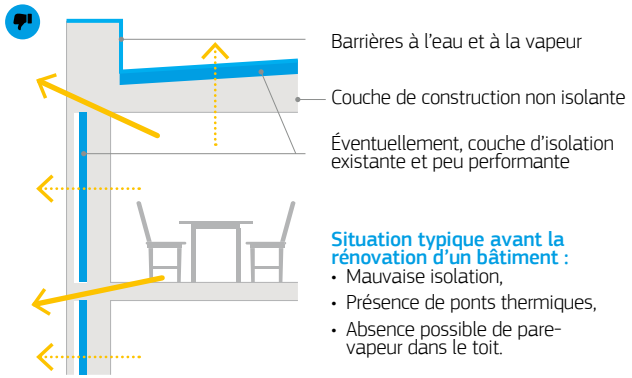
Si la plupart des murs en briques conviennent aux briques vitrifiées, certaines façades peintes, ainsi que les briques poreuses plus anciennes, ne peuvent être combinées avec l'insulation des murs creux. **La couche d'isolation réduit donc les pertes de chaleur à travers la cavité en éliminant la couche d'air avec un matériau d'isolation plus performant.**

Bien qu'il s'agisse d'une solution très pratique (peu de perturbations, relativement bon marché), elle présente certains inconvénients, comme l'isolation interne.

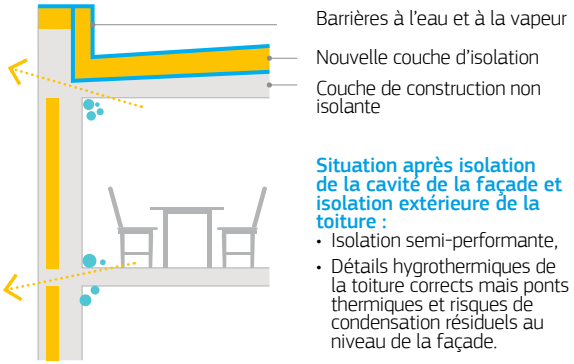
Les ponts thermiques inévitables peuvent constituer le principal problème de cette solution, selon que la cavité interne est continue ou non.

L'amélioration potentielle de la performance thermique est également limitée par la largeur de la cavité. Cependant, l'épaisseur sera juste suffisante pour surmonter l'inconfort thermique typique des murs extérieurs froids.

© ugent.be



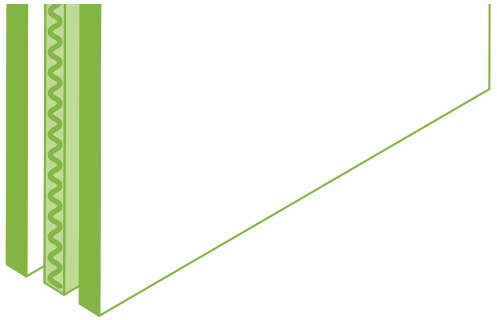
Situation typique avant la rénovation d'un bâtiment :
- Mauvaise isolation,
- Présence de ponts thermiques,
- Absence possible de pare-vapeur dans le toit.



Situation après isolation de la cavité de la façade et isolation extérieure de la toiture :
- Isolation semi-performante,
- Détails hygrothermiques de la toiture corrects mais ponts thermiques et risques de condensation résiduels au niveau de la façade.

Pour toutes les mesures d'isolation ci-dessus, il est fortement recommandé **d'obtenir les conseils d'un expert en bâtiment** afin de réaliser une installation durable qui réponde aux prérequis hydrothermiques appropriés. L'avis d'un expert est également recommandé pour résoudre les nœuds de construction, comme expliqué ci-dessous.

© ugent.be



Construire des nœuds d'enveloppe et éviter les effets de verrouillage futurs

Pour être efficace, la couche d'isolation doit continuellement entourer le volume protégé du bâtiment. Lorsque les murs extérieurs rencontrent les toits, les fenêtres ou les planchers, cela peut impliquer que des adaptations substantielles de ces nœuds spécifiques du bâtiment doivent être réalisées.

Par exemple, à travers l'extension de la surface de la toiture et de sa couche d'isolation afin qu'elles se raccordent bien à la couche d'isolation extérieure nouvellement ajoutée et aux finitions des façades.

Lorsqu'un bâtiment est rénové par phases, **il faut envisager les interventions futures afin de ne pas compromettre le principe de l'isolation continue.**

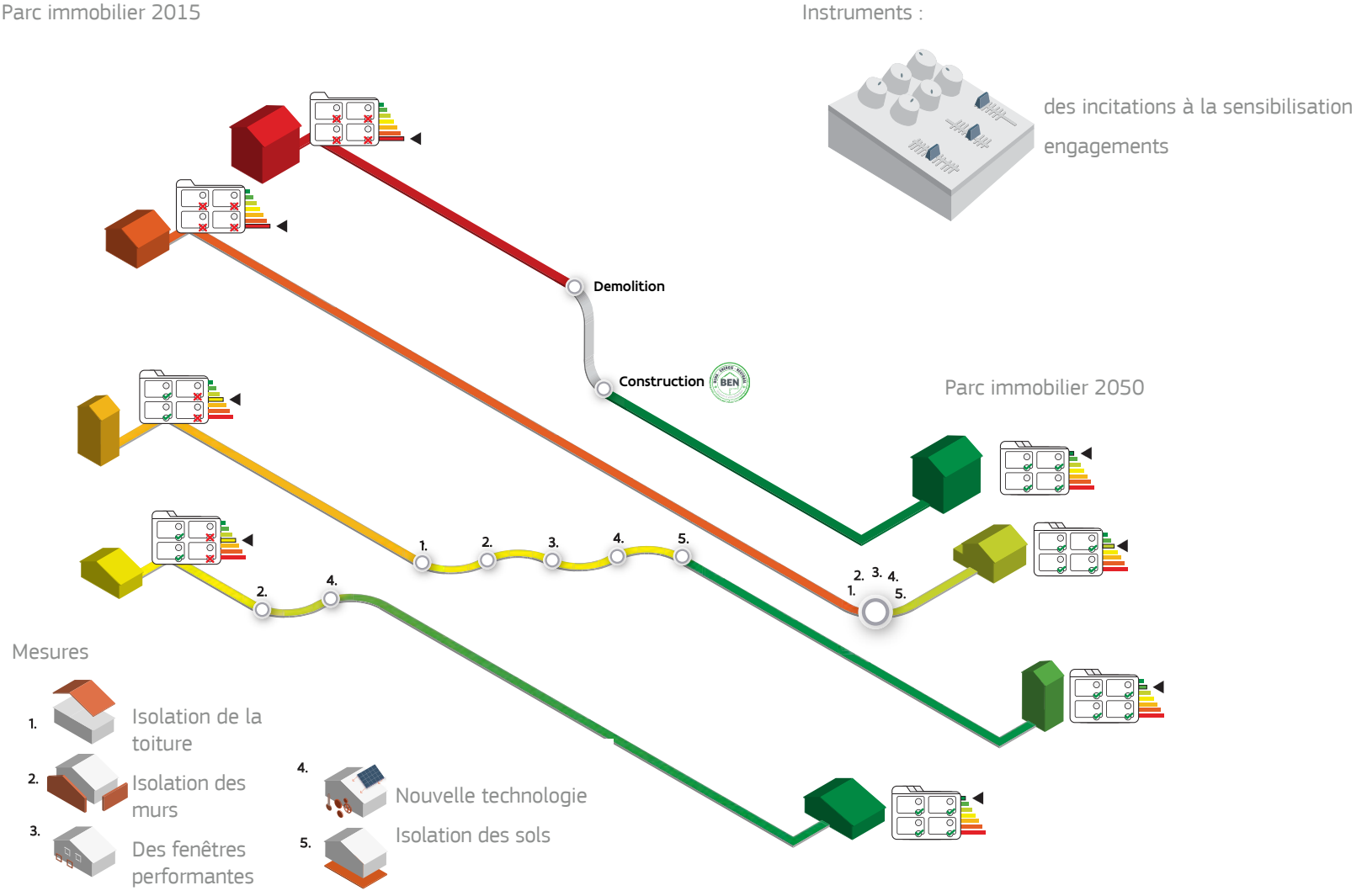
Un exemple est le remplacement des fenêtres : il faut tenir compte du fait que, plus tard, les façades pourront être isolées et qu'elles devront donc être correctement raccordées aux nouveaux profils de fenêtres.

Si la réduction de l'ouverture nette des fenêtres résultant de cette future intervention n'est pas prise en compte au préalable, le remplacement des fenêtres conduira à un blocage où aucune solution techniquement correcte n'est possible sans remplacer à nouveau les fenêtres, cette fois avec une surface vitrée plus petite.

Illustration de la nécessité de revoir la conception des nœuds de bâtiments, par exemple, là où le toit et la façade rénovés se rencontrent. © Smart Cities Marketplace

La meilleure façon d'éviter les verrouillages sous-optimaux tout en préparant l'avenir du bâtiment par étapes est de revenir à l'utilisation **d'une feuille de route du bâtiment.**

Cette feuille de route envisage l'état final souhaité du bâtiment et articule les scénarios possibles pour atteindre cet état final étape par étape.



Exemple de cartographie routière du bâtiment : utilisez cette image de © Energiesparen/VEKA

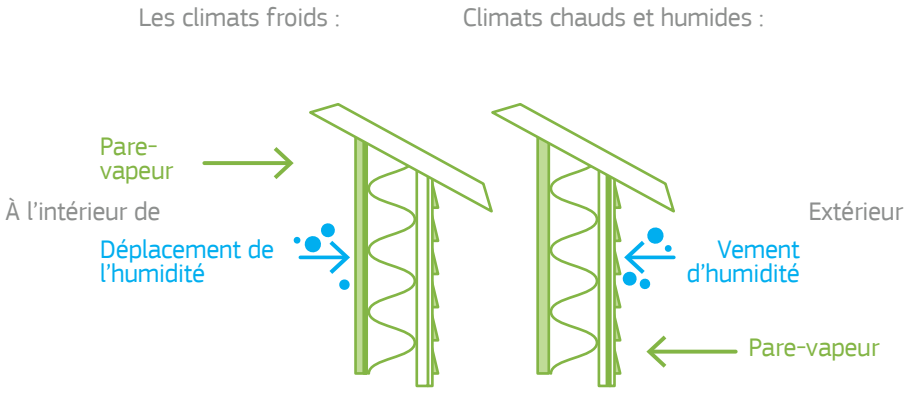
Toit/grenier

Isolation de la toiture

L'isolation de la toiture est généralement plus critique que celle des murs et sera le plus souvent la première mesure à appliquer lors de la priorisation des interventions de rénovation.

En même temps, le temps d'amortissement de l'isolation de la toiture est généralement (beaucoup) plus court que celui de l'isolation des murs. La manière d'isoler la toiture dépend du type de toit. Les techniques appropriées pour les toits plats sont substantiellement différentes de celles pour les toits en pente.

Lors de l'isolation d'une toiture, il faut veiller à installer **des pare-vapeur** là où c'est nécessaire et à l'endroit approprié, afin d'éviter la condensation interne **dans la structure du toit et en conséquence les problèmes de stabilité futurs.**



L'importance des pare-vapeur

Si des quantités excessives de vapeur d'eau s'accumulaient dans la structure du mur, du toit ou du plancher et dans les couches d'isolation correspondantes, cela réduirait les propriétés d'isolation et pourrait entraîner des défauts tels que l'humidité, la moisissure et/ou la pourriture. Les dommages qui en résultent peuvent être considérables, allant jusqu'à la défaillance structurelle des éléments de construction. Des pare-vapeur correctement placés permettent d'éviter ces effets.

Un pare-vapeur est une feuille ou un film continu imperméable. Comme l'air chaud peut contenir plus de vapeur que l'air froid et que la condensation peut donc se produire là où il y a un transport d'humidité vers les zones d'air plus froid, la feuille est toujours installée sur le côté chaud de la couche d'isolation. Cet écran empêche l'humidité de migrer vers les parties plus froides du mur, du toit ou du plancher.

Du côté froid, l'isolant n'est pas recouvert d'un pare-vapeur similaire. La raison en est que, par exemple, les changements de température peuvent entraîner une augmentation de l'humidité dans le matériau isolant, et qu'un côté ouvert lui permet de sécher. L'utilisation d'une couche de finition extérieure étanche à l'eau et à la vapeur, telle que la feuille d'étanchéité de la plupart des toits plats, constitue une exception. Dans ce cas, il faut veiller à ce que, lors de l'installation, le matériau isolant soit parfaitement sec pendant qu'il est encastré entre le pare-vapeur intérieur et la feuille d'étanchéité extérieure. Ainsi, aucune humidité ne pourra pénétrer dans l'emballage étanche de l'isolant.

Les pare-vapeur ne doivent pas présenter de fuites d'air laissant l'humidité s'infiltrer, tout comme les feuilles de toiture ne doivent pas présenter de perforations laissant passer l'eau.

L'isolation de la toiture selon les normes futures impliquera souvent **une augmentation de l'épaisseur de la toiture :**

→ Ce ne sera pas le cas dans un toit en pente où l'isolation peut être ajoutée entre les chevrons et vers l'intérieur des combles ;

→ Ce sera toutefois le cas dans les toits en pente où la technique du sarking est appliquée. Par ici, un nouveau paquet d'isolation continu est ajouté sur les chevrons existants ;

→ Et ce sera surtout le cas pour les toits plats où la couche d'isolation à l'extérieur est épaissie et une nouvelle membrane d'étanchéité est ajoutée.

De cette façon, un défi similaire à celui évoqué pour les façades se posera aux nœuds du bâtiment, par exemple aux connexions entre les toits et les façades. Les bordures de toits peuvent nécessiter des travaux importants.

L'isolation d'un toit plat vers l'intérieur sous la charpente entraîne **des risques élevés de condensation interne** et ne doit être réalisée que dans des configurations spécifiques avec l'approbation (et le contrôle de l'exécution) d'un expert en bâtiment.

Pour la plupart des types de toits en pente, en revanche, la solution fonctionne très bien si certaines conditions sont remplies (par exemple, l'installation correcte d'un pare-vapeur lorsque les conditions climatiques intérieures l'exigent). L'isolation des toits en pente est généralement la première et la plus évidente des mesures à prendre pour augmenter l'efficacité énergétique d'un bâtiment, car elle est facile à mettre en œuvre et s'accompagne de courts délais d'amortissement.

Le réaménagement fonctionne. © Agata Smok

Le réaménagement fonctionne. © Smart Cities Marketplace

Isolation des combles

Il existe deux types de grenier : froid et chaud.

Dans le grenier froid, l'isolation **est placée sur le plancher du grenier plutôt que dans la structure du toit**, ce qui permet de maintenir la fraicheur. Cela peut être une solution viable lorsque le grenier n'est pas utilisé, ou seulement comme espace de stockage pour les matériaux qui peuvent résister aux chocs de la chaleur et du froid. Lors du stockage de matériaux dans un grenier, il faut faire attention à ne pas endommager la couche d'isolation.

Dans le grenier chaud, **une isolation thermique est placée dans la structure du toit.** De cette façon, le grenier peut être utilisé comme un espace de vie plutôt qu'uniquement comme un espace de stockage.

Fenêtres/Portes

Le remplacement des anciennes fenêtres à simple ou double vitrage par des vitrages et des profilés à haut rendement énergétique peut augmenter la performance énergétique du bâtiment, de manière importante. Par exemple, à travers le vitrage à faible émissivité, double/triple vitrage moderne, cadres de fenêtres à double ou triple chambre thermique. Le confort intérieur s'en trouvera également amélioré, car le rayonnement froid des fenêtres en hiver diminuera considérablement.

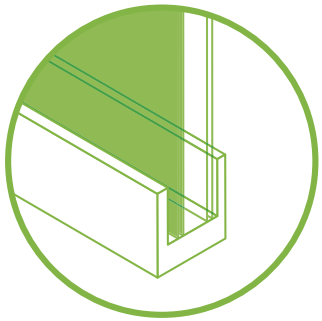
Il peut toutefois y avoir une limite à fixer à la performance thermique des fenêtres, en fonction des caractéristiques thermiques des autres parties de l'enveloppe du bâtiment.

L'installation de fenêtres à triple - ou même double - vitrage dans des murs mal isolés peut provoquer des problèmes de condensation sur les murs.

Ces derniers deviennent alors le point froid d'un espace où, auparavant, la condensation se produisait sur les surfaces de la fenêtre (simple).

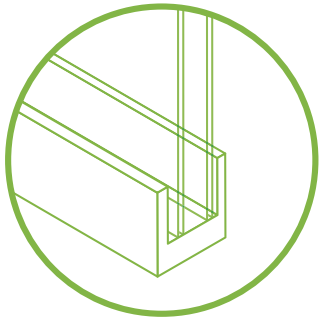
Le réaménagement fonctionne. © Smart Cities Marketplace

Le réaménagement fonctionne. © Smart Cities Marketplace



Fenêtres à faible émissivité (fenêtres Low-E)

Les fenêtres à faible émissivité sont dotées d'un revêtement de surface spécial qui **réduit la quantité de rayons infrarouges (IR) et ultraviolets (UV) qui les traversent,** sans empêcher la plupart des rayons visibles de passer. Le rayonnement infrarouge à ondes longues, qui est de la chaleur, émis de la pièce vers l'extérieur est réfléchi par le revêtement.



Fenêtres à double vitrage

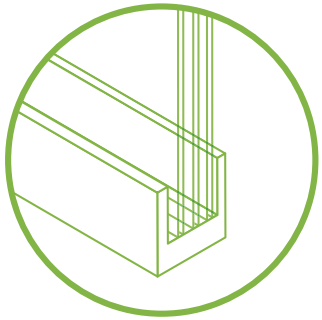
Ces fenêtres comportent **deux vitres séparées par une couche remplie d'air ou de gaz noble.** Le système de fenestration est étanche à l'air. Une entretoise est en place pour séparer les vitres et sceller le gaz à l'intérieur.

Fenêtres à triple vitrage

Le concept est le même que pour le double vitrage, mais avec trois vitres et deux couches de gaz (air ou gaz rares). Le triple vitrage permet d'obtenir de meilleures propriétés thermiques que le double vitrage.

Le facteur de transmission thermique des fenêtres comprend à la fois le verre et le cadre. **Une installation correcte du verre est cruciale afin de ne pas créer de fuites et de courants d'air près du cadre.**

Les vitrages disponibles dans le commerce combinent souvent les caractéristiques ci-dessus, par exemple les revêtements et les chambres à air/gaz.



Remplacement de la porte

Le remplacement d'une ancienne porte extérieure par une porte économe en énergie et présentant une valeur u inférieure permettra à la fois **de réduire la consommation d'énergie et d'améliorer l'étanchéité à l'air du bâtiment.**

Le réaménagement fonctionne. © Smart Cities Marketplace

Autres mesures

Ombrage externe/interne

Les dispositifs de protection solaire peuvent limiter la quantité de rayonnement solaire non désiré qui pénètre dans le bâtiment. Ils peuvent être externes ou internes, fixes ou dynamiques.

La protection solaire extérieure est **plus efficace** que la protection solaire intérieure car elle empêche le rayonnement solaire de pénétrer dans l'espace intérieur où il sera absorbé et transformé en chaleur.

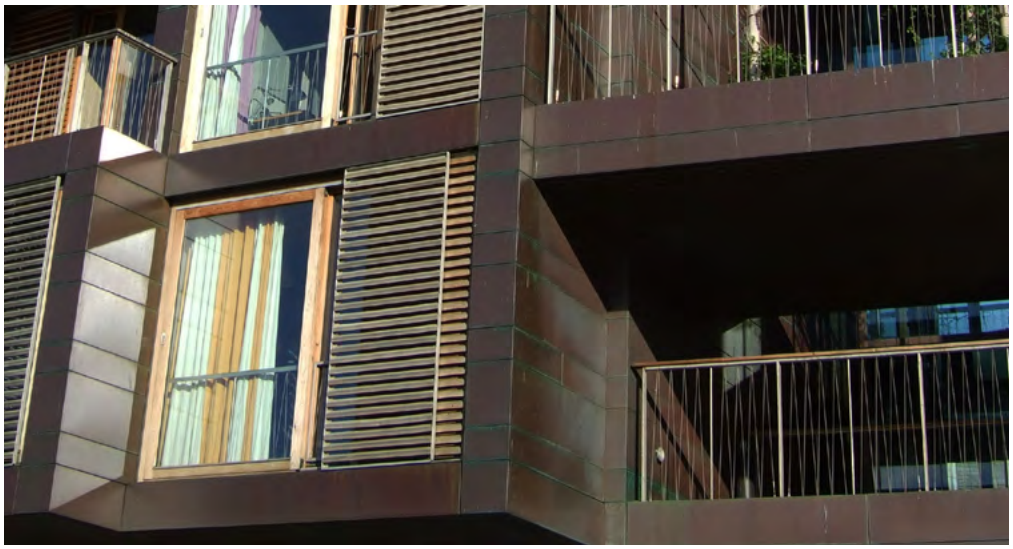
Les protections solaires fixes peuvent être conçues de manière que, lorsque les altitudes solaires sont faibles en hiver, la lumière pénètre dans le bâtiment et fournit des gains de chaleur gratuits, tandis que lorsque les altitudes solaires sont élevées en été, le rayonnement est bloqué.

Toit vert

Un toit vert est une couche de végétation située au-dessus du toit.

Il peut améliorer les propriétés thermiques et acoustiques de la toiture **l'isolation thermique et sonore**, mais aussi la rétention, la collecte et l'utilisation de la pluie, l'amélioration de la qualité de l'air local, la réduction de l'effet d'îlot de chaleur urbain et l'accroissement de la biodiversité locale.

Et bien sûr, un toit vert est plus agréable à regarder qu'une surface noire en polymère.



Ombrage extérieur intégré à l'architecture du bâtiment : porte-à-faux, grilles mobiles (Tietgencollegiet, Copenhagen). © Smart Cities Marketplace

Toit vert à Oud-Heverlee, Belgique STORY Horizon 2020 Demo Site. © Th!nk E

Préfabrication

La rénovation complète de la façade, voire de l'enveloppe du bâtiment, est proposée sous forme de solution préfabriquée.

Cette solution commence généralement par un scan 3D du bâtiment actuel et développe une enveloppe complète qui est ajoutée comme une nouvelle couche extérieure au bâtiment existant. Comme le coût d'ingénierie est généralement plus élevé, cette solution est principalement utilisée pour des projets comportant un grand nombre de bâtiments similaires ou des immeubles de grande hauteur tels que des appartements. Cependant, les innovations en matière de numérisation et de traitement la rendent plus compétitive pour les projets de bâtiments individuels.

Si l'isolation, les nouvelles fenêtres et une nouvelle finition sont généralement incluses, les systèmes préfabriqués peuvent également inclure des éléments techniques tels que de nouveaux tubes de ventilation ou des panneaux photovoltaïques intégrés.

D'autres approches pour renouveler les installations techniques comprennent une boîte technique complète placée à côté du bâtiment.

Travaux de rénovation de façade à haut rendement énergétique pour l'immeuble de bureaux CRAC à Namur, en Belgique. © Machiels Building Solutions 2019

Module énergétique pour maison multifamiliale Rénovations (D7.1 Solutions de façade et modules énergétiques). © Renovates

Achèvement des travaux de rénovation de la façade à haut rendement énergétique de l'immeuble de bureaux CRAC à Namur, en Belgique. © Machiels Building Solutions 2019

Bien isoler : l'importance de respecter les principes de bonne construction physique

Pour rappel, la rénovation thermique doit se faire en respectant strictement les principes d'une bonne physique du bâtiment. Cela implique que les problèmes suivants seront évités :

Fuites thermiques, principalement sous la forme de ponts thermiques à certains nœuds du bâtiment, mais aussi sous la forme de matériaux d'isolation mal placés sur toute la surface de l'enveloppe du bâtiment ;

La condensation interne et de surface peut non seulement entraîner des problèmes de qualité de l'air intérieur, mais aussi une dégradation des matériaux, des moisissures, de la pourriture et même un effondrement de la structure ;

La performance inégale des parties (adjacentes) de l'enveloppe du bâtiment, conduisant à des investissements sous-optimaux et à des problèmes potentiels tant du point de vue thermique que du point de vue de l'humidité ;

Les fuites d'air entraînent des problèmes de transfert de chaleur et d'humidité ainsi que de pénétration du bruit extérieur.

Mauvais travail : lorsque les panneaux d'isolation ne sont pas étroitement reliés les uns aux autres, une grande partie de la capacité d'isolation est perdue et des problèmes d'humidité peuvent apparaître avec le temps. Le renforcement des capacités de la main-d'œuvre et un contrôle strict des travaux de construction sont essentiels pour éviter de telles déficiences.

Condensation sur les surfaces et dans la structure du bâtiment ; problèmes de fuites de chaleur et d'humidité

Il est obligatoire d'appliquer les mesures d'isolation selon les détails standard fournis par les fabricants ou selon les instructions d'un expert en bâtiment (architecte, ingénieur en bâtiment, ..).

Les ponts thermiques doivent être évités ou réduits à un degré non nuisible. Cela signifie qu'il existe encore des pertes thermiques importantes au niveau du nœud de construction spécifique, mais que ces pertes ne sont pas problématiques au point de provoquer de la condensation, par exemple.

Les pare-air, les pare-vapeur et les pare-humidité doivent être placés dans les bonnes séquences, avec le plus grand soin et la plus grande précision, pour éviter tous les problèmes mentionnés ci-dessus. Éviter la condensation (interne) est une priorité absolue pour tout type de travaux d'isolation.

Voir aussi l'encadré sur le rôle des pare-vapeur : « L'importance des pare-vapeur «, page 18.

Mauvais travail : lorsque les panneaux isolants ne sont pas bien raccordés les uns aux autres, une grande partie de la capacité d'isolation est perdue. Le renforcement des capacités de la main-d'œuvre et un contrôle strict des travaux de construction sont essentiels pour éviter de telles situations. © Smart Cities Marketplace

Étanchéité à l'air et fuites (infiltration/exfiltration) par rapport à la ventilation et à la qualité de l'air intérieur.

Outre une bonne isolation thermique, il est également important de se concentrer sur l'étanchéité à l'air du bâtiment. L'étanchéité à l'air d'un bâtiment est définie comme la résistance aux fuites d'air vers l'intérieur ou l'extérieur par des points ou des zones de fuite involontaires dans l'enveloppe du bâtiment. L'amélioration de l'étanchéité à l'air du bâtiment doit faire l'objet d'une attention particulière lors de la rénovation, car les fuites d'air peuvent réduire l'efficacité de l'isolation thermique, permettant à l'air conditionné de s'échapper vers l'extérieur ou à l'air extérieur non conditionné de s'infiltrer à l'intérieur, entraînant ainsi une charge de travail supplémentaire pour les systèmes de chauffage ou de refroidissement. Les fuites d'air entraînent en outre de graves problèmes d'humidité, de condensation et de confort intérieur.

Les infiltrations et les exfiltrations sont difficiles à mesurer, et les pertes associées sont difficiles à contrôler. Ceci nécessite une exécution professionnelle pour éviter ces fuites au maximum ; un test de blowerdoor peut être effectué après les travaux pour prouver que le niveau d'étanchéité à l'air requis a été atteint.

Blowerdoor test. © Th!nk E

Rendre un bâtiment étanche à l'air réduit les pertes thermiques et l'inconfort thermique, mais augmente fortement la nécessité d'un bon système de ventilation, car l'air intérieur consommé doit être suffisamment rafraîchi par l'importation contrôlée d'air extérieur propre. Il est donc important de s'assurer que les bons volumes d'air sont extraits et fournis - ce qui contraste avec les changements d'air incontrôlés qui se produisent avec une enveloppe de bâtiment peu performante. Dans les systèmes de ventilation entièrement «équilibrés», il est également possible de recycler la chaleur (ou le froid) de l'air extrait pour préchauffer (ou prérefroidir) l'air entrant. Cela permet de minimiser les pertes thermiques résultant des flux de ventilation (nécessaires).

La ventilation contrôlée peut également être assistée par la détection du CO_2 - ou de l'humidité, ce qui donne les bonnes impulsions au système de ventilation, de sorte qu'en cas de contamination accrue de l'air intérieur, le débit de ventilation est augmenté en conséquence, et vice versa. Ce type de contrôle réduit encore la consommation d'énergie liée aux flux de ventilation.

Obstacles techniques et non techniques

En principe, de bonnes solutions techniques existent pour tout problème d'isolation. Cependant, elles peuvent avoir un coût considérable et une exécution minutieuse est d'une importance capitale pour atteindre les niveaux de performance souhaités.

Ce dernier aspect peut s'avérer difficile à réaliser. Le secteur de la construction est connu pour avoir un taux d'échec élevé et se débat avec des problèmes de capacité, tant en termes de taille de la main-d'œuvre que de compétences professionnelles. Il est donc recommandé que le maître d'ouvrage soit soutenu par des professionnels impartiaux tels que des architectes, des ingénieurs ou des consultants en construction, mais aussi par de nouvelles structures telles qu'un «guichet unique de rénovation» facilité par les autorités locales, afin que des garanties de qualité suffisantes soient intégrées dans la conception et la réalisation de l'opération de rénovation.

Les guichets uniques sont en plein essor et peuvent en même temps fournir au propriétaire du bâtiment des stratégies de financement et d'autres types de soutien et de déresponsabilisation. De cette façon, les obstacles techniques, logistiques et financiers sont abordés en une seule action concertée.

© Charles Deluvio, Unsplash

Matériaux d'isolation

Selon la méthode d'amélioration de l'enveloppe du bâtiment, divers matériaux peuvent être utilisés dans différents composants de l'enveloppe du bâtiment. Les matériaux d'isolation thermique les plus utilisés peuvent être classés en fonction de leurs propriétés :

Matériaux inorganiques :

Laine de verre, laine minérale.

Matériaux organiques :

Naturel : liège, cellulose, coton, chanvre, paille.

Synthétique : polystyrène expansé (EPS), polystyrène extrudé (XPS), polyuréthane (PUR), polyisocyanurate (PIR), etc..

De nombreux paramètres doivent être pris en compte lors du choix des matériaux d'isolation thermique, **notamment les propriétés thermiques, le coût, la facilité de mise en œuvre, les exigences du code du bâtiment, la durabilité, les performances acoustiques, l'étanchéité à l'air et l'impact environnemental.**

Cependant, la résistance thermique des matériaux d'isolation reste la propriété la plus importante lorsqu'on considère les performances thermiques et les économies d'énergie.

MODÈLES D'ENTREPRISE ET FINANCES

© Rawpixel, Unsplash

MODÈLES D'ENTREPRISE ET FINANCES

Modèles commerciaux possibles

Le modèle économique approprié pour la rénovation des bâtiments dépend du projet et du client. Les modèles économiques et les incitations possibles pour la rénovation peuvent être résumés en six types/groupes principaux :

→ Modèle de marché client à bâtiment unique

→ Modèle d'intermédiation du marché

→ Magasin à guichet unique

→ Modèle ESCO et contrat de performance énergétique

→ Modèles de revenus supplémentaires, y compris les incitations au soutien financier.

→ Systèmes de financement innovants

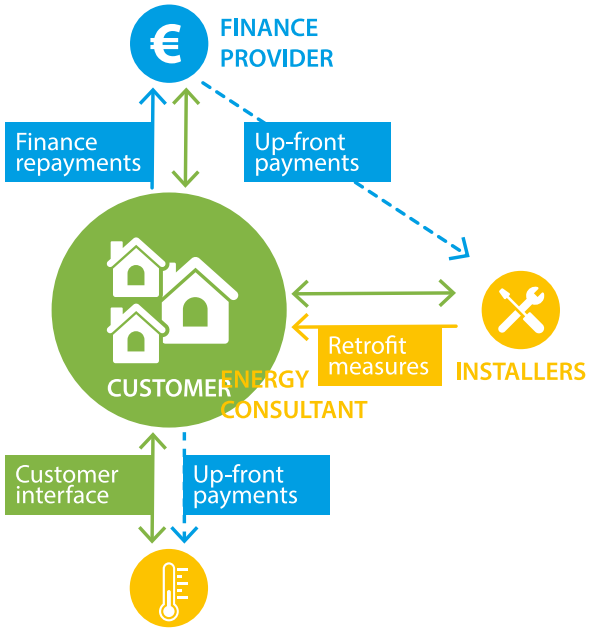
Les combinaisons des différents modèles sont possibles (par exemple, le client d'un seul bâtiment soutenu par des incitations financières).

En général, ces modèles commerciaux ne sont pas seulement destinés à financer les mesures de l'enveloppe du bâtiment, mais aussi à soutenir **l'ensemble de l'opération de rénovation.**

Le modèle traditionnel **du marché des clients pour un seul bâtiment** est le modèle commercial le plus courant pour la rénovation résidentielle en Europe, surtout pour **les projets de petite taille** (par exemple, la réhabilitation d'une maison individuelle).

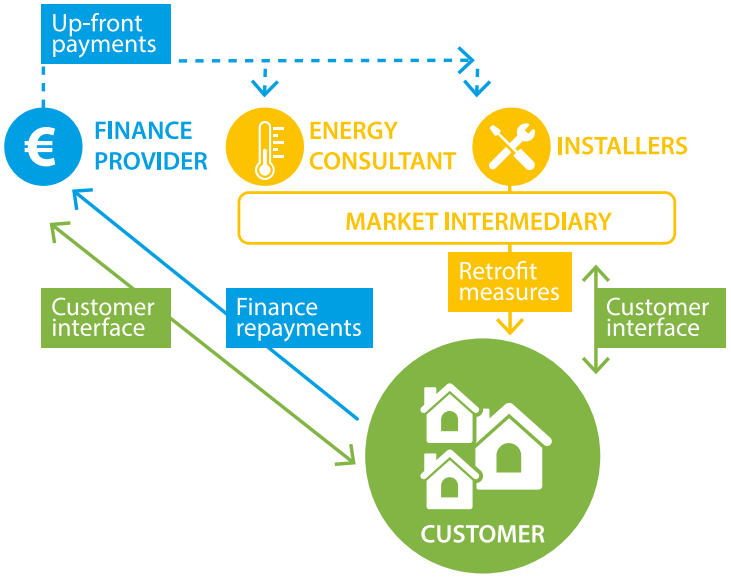
Dans ce modèle économique, les mesures de rénovation sont mises en œuvre par un ou plusieurs entrepreneurs pour le compte d'un seul client/propriétaire de bâtiment. Les propriétaires des bâtiments s'approvisionnent en mesures de rénovation individuelles (y compris le contrôle de la qualité et la commission de suivi), les audits énergétiques et le financement séparément, ce qui se traduit par des interfaces clients distinctes pour un ensemble complet de rénovations résidentielles. Le financement dans cette formule comprend généralement des liquidités propres, un prêt ou une hypothèque. Les économies d'énergie ne sont généralement pas garanties. Le principal inconvénient de ce modèle commercial est que les projets sont fragmentés en raison de la multiplicité des interfaces, ce qui entraîne des problèmes de communication, de planification, de coordination et d'exécution.

Les opportunités d'économies d'échelle sont manquées.



Le modèle d'intermédiation du marché est un autre modèle commercial relativement courant pour la rénovation résidentielle. La principale différence entre ce modèle et le modèle du client unique est l'acteur supplémentaire sur le marché : une organisation intermédiaire qui **coordonne la chaîne d'approvisionnement** (par exemple, l'audit énergétique, le regroupement des entrepreneurs, la coordination de l'installation, le contrôle de la qualité) et fournit une interface client agrégée, qui **simplifie** ainsi largement **le parcours du client** et décharge le propriétaire du bâtiment.

Cependant, dans ce modèle, il y a toujours une interface client entre le fournisseur de financement et le propriétaire du bâtiment. Ce modèle implique généralement la mise en œuvre de programmes de subventions gouvernementales axés sur des mesures uniques et utilise des estimations du coût énergétique associé et des économies de carbone à partir d'un audit énergétique de base. Typiquement, dans ce modèle, les municipalités locales ou les ONG peuvent jouer un rôle crucial d'intermédiaire en **fournissant des informations et des conseils fiables** aux propriétaires de bâtiments.

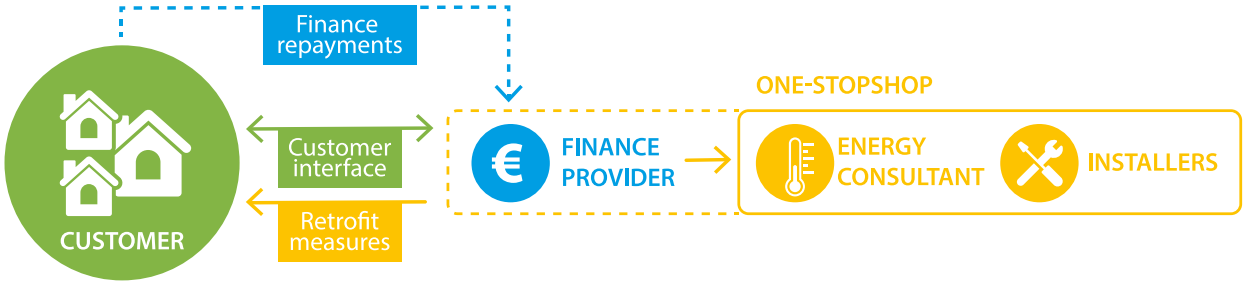


Dans le cadre des actions développées dans le projet mySMARTLife, Nantes Métropole a développé un service public gratuit de rénovation appelé «Mon Projet Renov».

Cette plateforme en ligne permet aux habitants d'accéder à des informations pertinentes pour les aider à élaborer leur projet de réhabilitation, en partageant des contacts avec des entreprises locales cotées en bourse et peut même jouer un rôle d'intermédiaire en proposant des devis de l'entreprise et des aides financières disponibles.

Le modèle de guichet unique (MGU) s'appuie sur le système précédent et comprend des services allant de la fourniture d'informations aux audits, en passant par la décharge complète du client en intégrant toute la chaîne d'approvisionnement, y compris la solution de financement, en **un seul service pour le client.**

Ainsi, un seul entrepreneur peut offrir soit des parties, soit l'ensemble des services liés à la rénovation énergétique, y compris le conseil, l'audit énergétique, les travaux de rénovation, le suivi et le financement. L'approche globale peut donc regrouper différentes ressources et différents services en un seul paquet complet et le fournir au client final via une interface unique.



Ce modèle est de plus en plus déployé : Le Danemark a lancé le programme «Better Home», un guichet unique de conseil tout au long du processus de construction pour éliminer les obstacles et rendre la rénovation plus simple et plus facile à gérer pour les propriétaires de bâtiments ; en France, la région de Picardie a lancé un projet pilote «Picardie Pass Rénovation», qui offre un service intégré (assistance technique, financière et informationnelle) pour la rénovation énergétique des bâtiments résidentiels ; Bolig Enøk, un projet pilote norvégien, a développé une approche de «gestionnaire de projet» : Les propriétaires de bâtiments emploient un «gestionnaire de projet», qui fournit une analyse technique, des recommandations et une gestion de projet pour l'ensemble du processus de rénovation. Vous trouverez d'autres exemples dans un rapport spécial de la CE.

Les gouvernements locaux et nationaux jouent un rôle clé dans la mise en place des services de guichet unique, en apportant un soutien financier ou en créant le guichet unique au sein des services gouvernementaux. Ils peuvent gérer la qualité de manière conséquente (par exemple, en Irlande), ainsi que développer un soutien pour des groupes spécifiques tels que les ménages vulnérables.

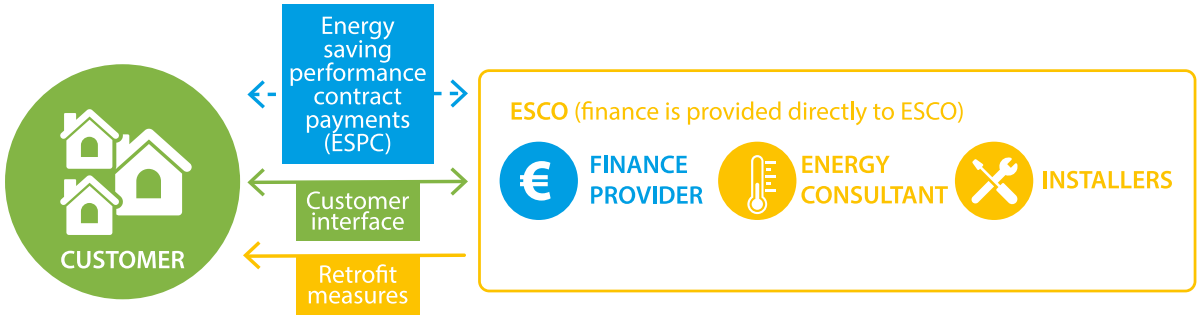
Un modèle proche du guichet unique est basé sur les sociétés de services énergétiques (ESCO), et les variantes les plus courantes des services fournis sont le contrat de performance énergétique (CPE) et le contrat de fourniture d'énergie (CFE). Comme pour le MGU, l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement est intégré.

Le modèle CPE offre à ses clients une performance ou des économies garanties, généralement dans un délai donné. Les clients se voient garantir certains niveaux de performance pour des services spécifiques, par exemple, une température intérieure constante ou une température d'eau chaude constante tout au long de l'année.

Dans le cadre du modèle CFE, une ESCO fournit de l'énergie, telle que l'électricité et la chaleur, à un propriétaire ou à un utilisateur de bâtiment par le biais d'un contrat à long terme.

Le CPE va donc au-delà du CFE: Le CFE garantit la fourniture d'énergie, tandis que Le CPE est un modèle commercial pour les économies d'énergie. L'objectif est d'éviter le gaspillage d'énergie et d'investir les économies réalisées dans l'efficacité énergétique.

L'ESCO offre généralement des paquets de conduction énergétique personnalisés qui contiennent des éléments de planification, d'exécution, d'exploitation et de maintenance. En outre, elle gère également l'achat d'énergie et le financement de divers projets. Un état des lieux des ESCO et CPE actuels dans différents pays européens a été publié par la CE.



Les ESCO et EPC peuvent jouer un rôle important dans l'amélioration de l'efficacité énergétique et dans la stimulation des investissements dans ce domaine au niveau du marché.

Les principales différences entre le modèle ESCO et le modèle de guichet unique sont les suivantes :

→ Les ESCO ont tendance à approcher les propriétaires de bâtiments individuels, alors qu'un guichet unique s'occupe généralement de la rénovation collective/à grande échelle dans chaque zone géographique ;

→ Les ESCO sont pour la plupart des acteurs privés du marché alors qu'un MGU sera généralement initié et géré par une ou plusieurs autorités locales ou régionales, des services publics ou d'autres institutions ayant une mission d'intérêt public ;

→ Les ESCOs s'appuieront principalement sur des financements privés alors qu'un MGU peut puiser dans des dispositifs soutenus par le public avec des banques d'investissement spécifiques, des prêts bonifiés ou similaires ;

→ En conséquence, les ESCOs ciblent des interventions avec des temps de retour sur investissement plus courts (généralement jusqu'à 10-15 ans) alors qu'un MGU peut, grâce à des schémas de financement publics ou institutionnels, permettre des temps de retour sur investissement plus longs.

Cela implique que pour les rénovations profondes, avec des temps de retour sur investissement qui peuvent s'élever à plusieurs décennies, le MGU a un avantage par rapport aux ESCOs telles qu'elles fonctionnent sur le marché aujourd'hui.

Les modèles commerciaux basés sur l'incitation financière peuvent découler de l'utilisation des aides publiques disponibles. Par exemple, les propriétaires de bâtiments peuvent obtenir une réduction d'impôt ou recevoir des subventions lorsqu'ils mettent en œuvre certaines mesures d'amélioration de l'efficacité énergétique. Les prêts à taux réduit peuvent être considérés comme une autre forme d'incitation financière. Ils sont assortis de conditions avantageuses et peuvent être émis par une banque ou un fonds à caractère d'intérêt public. Ils sont, par définition, destinés à des investissements spécifiques - dans ce cas, les mesures de rénovation.

Les modèles d'entreprise fondés sur des **systèmes de financement innovants** reposent sur des programmes qui contribuent à éliminer les obstacles liés aux coûts initiaux élevés.

Les institutions financières (et les sociétés de services publics) peuvent jouer un rôle essentiel en fournissant des produits financiers pour stimuler les améliorations énergétiques dans les bâtiments. Différents systèmes de financement innovants apparaissent sur le marché. Par exemple, avec le financement sur facture, une société de services publics fournit un capital à un propriétaire pour l'assurance, tandis que les propriétaires remboursent le prêt sur facture (émis par la société de services publics) par le biais d'une taxe supplémentaire sur la facture de services publics (par exemple, démontré dans [Renon-bill]).

Les principales familles de modèles économiques sont identifiées dans le [projet STUNNING]. Notez que les modèles économiques basés sur de nouveaux revenus vont au-delà de la rénovation de l'enveloppe du bâtiment et comprennent, par exemple, la mise en place d'installations d'énergies renouvelables ou l'extension du bâtiment tout en le rénovant.

Modèles commerciaux durables pour la rénovation profonde des bâtiments - Publication finale. © Stunning project

Obstacles financiers

Les obstacles financiers suivants doivent encore être abordés dans tous les modèles économiques de rénovation :

- **Le coût initial de la rénovation de l'enveloppe du bâtiment reste élevé**, surtout par rapport aux solutions de production d'énergie renouvelable plus abordables (comme le photovoltaïque, les chaudières solaires, les pompes à chaleur, ..). Dans ce cas, la rénovation de l'enveloppe du bâtiment doit être suffisamment profonde pour rendre le bâtiment suffisamment résistant à l'avenir. Si la charge (financière) est trop élevée pour réaliser cela en une seule fois, une approche progressive suivant une feuille de route du bâtiment peut être suivie.
- **Un long temps de retour sur investissement et une valeur nette négative :** le temps de retour sur investissement pourrait être de 30 à 50 ans, voire plus. Le délai de récupération reste long, même si les prix de l'énergie augmentent. D'une manière générale, il n'existe toujours pas de systèmes de financement complets qui répondent aux besoins spécifiques des propriétaires. En outre, les systèmes de financement classiques sont généralement peu enclins à prendre des risques et ne tiennent pas compte, ou très peu, des économies d'énergie et des rendements financiers correspondants.

© Wesley Tingey, Unsplash

© Rawpixel, Unsplash

ASPECTS SOCIÉTAUX ET UTILISATEURS

© Johan Mouchet, Unsplash

ASPECTS SOCIÉTAUX ET UTILISATEURS

Obtenir le soutien et l'engagement des parties prenantes

Tirer parti des avantages primaires et secondaires

Les propriétaires et les occupants peuvent tirer des avantages substantiels de l'amélioration de l'enveloppe des bâtiments, dans plusieurs domaines. Il peut s'agir de bénéfices primaires (liés à la consommation d'énergie) ou secondaires (co-bénéfices pour le propriétaire du bâtiment, l'occupant, la société et l'environnement) :

© Erik Mcleanon Unsplash

Avantages économiques

La rénovation de l'enveloppe réduit le demand de chauffage/refroidissement, ce qui entraîne une baisse des coûts d'exploitation, et potentiellement une réduction des coûts d'investissement initiaux en raison de la taille réduite des équipements nécessaires (par exemple, une installation de chauffage moins puissante). Les bâtiments économes en énergie réduisent la dépendance énergétique et les risques de pauvreté énergétique. Ils réalisent des valeurs plus élevées sur le marché de l'immobilier.

Utiliser les avantages

→ **Confort thermique :** la rénovation de l'enveloppe augmente le confort thermique sans dépendre excessivement du fonctionnement des systèmes thermiques et électriques ;

→ **Confort acoustique :** des matériaux d'isolation adaptés peuvent potentiellement réduire les niveaux de bruit et améliorer le confort acoustique intérieur ;

→ **Qualité de l'air intérieur :** une conception et une installation correctes de l'isolation thermique (en combinaison avec les stratégies de ventilation nécessaires) peuvent contribuer à prévenir les problèmes de qualité de l'air intérieur, résultant par exemple de la condensation, de l'humidité et des moisissures ou des courants d'air dans tout le bâtiment ;

→ **Protection contre l'incendie :** les matériaux isolants non combustibles peuvent ralentir la propagation des flammes en cas d'incendie.

Projet de rénovation à Courtrai, en Belgique © Agata Smok

© Getty images

Avantages pour l'environnement

La rénovation de l'enveloppe présente également des avantages pour l'environnement, car elle réduit la dépendance à l'égard de l'utilisation de l'énergie, ainsi que les impacts liés à l'approvisionnement et les émissions de polluants.

Ce dernier point vaut en particulier pour les émissions de gaz à effet de serre, mais aussi pour d'autres polluants résultant des processus de combustion (par exemple, les particules fines).

Néanmoins, l'impact environnemental de l'isolation et des matériaux de construction utilisés pour la rénovation doit également être pris en compte afin de parvenir à une évaluation complète de l'impact environnemental.

Avantages sociétaux

La rénovation de l'enveloppe contribue à améliorer la qualité et la santé à l'intérieur, la productivité des occupants, le confort et le bien-être. Il en résulte des réductions notables du coût du travail (pour les entreprises) et des dépenses sociales et de santé (pour les pouvoirs publics).

La réduction des incidences sur l'environnement entraîne également des avantages pour la société, grâce à l'atténuation du changement climatique et à la prévention des coûts qui en découlent.

En outre, les avantages sociétaux (par exemple, la création d'emplois locaux et la stimulation des entreprises, le soutien à l'économie verte locale) sont tangibles pour les différents acteurs impliqués dans les projets de modernisation.

Engagement des propriétaires

Même si les nombreux avantages sont évidents, il est encore assez difficile de convaincre les propriétaires et de les faire adhérer. Les principaux obstacles sociétaux sont les suivants :

- Il y a un manque d'information et de sensibilisation aux questions énergétiques ;
- Les propriétaires craignent les risques et les incertitudes ;
- Les propriétaires préfèrent éviter les tracas d'une réaffectation et/ou de travaux de rénovation ;
- Il n'existe pas de systèmes de financement clairs et il n'est pas facile pour les propriétaires d'y avoir accès.

Les propriétaires peuvent être facilement découragés par ces obstacles connus ou même inconnus. Ainsi, d'un point de vue sociétal, l'un des éléments clés de la rénovation des bâtiments est l'engagement et la participation des propriétaires. La déresponsabilisation du propriétaire est cruciale dans cette perspective.

Des analyses ont démontré l'importance de l'interface client dans ce processus d'engagement, comme la promotion et la commercialisation de paquets de rénovation de bâtiments, l'assistance dans la conception, l'exécution et le contrôle des travaux de rénovation, et la facilitation du financement et des programmes de financement. D'une part, il est essentiel de **motiver et d'aider les propriétaires de bâtiments à rénover en connaissance de cause** ; d'autre part, il est également important de **fournir des conseils et des messages de manière neutre**, en particulier dans le cas de l'interface client unique. Ce n'est qu'avec des **informations transparentes** et des **conseils impartiaux que les** propriétaires peuvent prendre des décisions rationnelles concernant les stratégies et les interventions de rénovation des bâtiments.

L'engagement des citoyens reste un aspect essentiel de la promotion et de la mise à l'échelle de nombreuses solutions de villes intelligentes. Un livret de solutions dédié est publié spécifiquement pour se concentrer sur ce sujet.

GOUVERNANCE ET RÉGLEMENTATION

© Smart Cities Marketplace

GOUVERNANCE ET RÉGLEMENTATION

Parties prenantes des projets de modernisation des bâtiments

La réussite d'un projet d'amélioration de l'efficacité énergétique implique généralement un ensemble complexe d'interactions entre les différentes parties prenantes. Les principales parties prenantes des projets de rénovation des bâtiments sont les suivantes :

Propriétaire de la maison/du bâtiment : possède le bâtiment existant ou est le client du projet de rénovation ;

Gestionnaire d'installations : gère les installations (énergie et climat intérieur) dans le bâtiment existant ;

Concepteur : architectes et ingénieurs impliqués dans la phase de conception de la rénovation ainsi que dans le contrôle des travaux exécutés ;

Entrepreneur : exécuteur des travaux de rénovation ;

Sous-traitant : sous-traite principalement dans un domaine spécifique pour le compte de l'entrepreneur ;

Municipalité/Autorité locale ou régionale/Gouvernement : gère les politiques, les réglementations, les subventions et les feuilles de route relatives aux projets de rénovation. Peut mettre en place un guichet unique ou d'autres mécanismes de soutien ;

Institution financière/banque privée ou publique/fonds : fournit des prêts et un soutien financier, directement au propriétaire du bâtiment ou via un véhicule intermédiaire (ESCO, MGU, service public de l'énergie ,...) ;

Fournisseurs de services énergétiques : producteurs, distributeurs, opérateurs, fournisseurs de flexibilité, etc.

Ces parties prenantes sont impliquées dans différentes étapes du projet de rénovation. Une identification claire **de tous les acteurs impliqués et une communication bien pensée** entre eux dès le début du projet sont des facteurs clés de succès.

© Antenna, Unsplash

Regulatory barriers

Les réglementations et les procédures administratives telles que l'obtention de permis restent souvent un **défi** et peuvent même constituer des **obstacles**.

Dans certains cas, la valeur architecturale et culturelle des bâtiments protégés par la loi ou la réglementation locale peut limiter le choix des solutions et mesures techniques. Par exemple, lorsque l'ajout d'une isolation extérieure des murs ou le remplacement des cadres de fenêtres et des vitrages historiques ne sont pas autorisés. Bien que cette protection soit peu discutée pour les **monuments** réels, un autre patrimoine peut valoir la peine d'un compromis entre le gel de la situation historique d'une part et l'amélioration des normes énergétiques et de confort d'autre part. Les **règles d'urbanisme et d'aménagement du territoire peuvent mener à des obstacles similaires**. Cela illustre la nécessité de mettre en place des politiques équilibrées qui dépassent les cloisonnements disciplinaires.

Les différences géographiques dans la législation peuvent limiter le potentiel de réplication des mesures de modernisation.

En outre, l'interdiction d'accéder aux **données énergétiques des utilisateurs domestiques** (par exemple, la consommation d'énergie, la température intérieure) ajoute à la **complexité du suivi** et de la validation de la performance réelle du bâtiment avant et après la rénovation de l'enveloppe (afin de limiter l'effet de rebond).

Relié et pré-relié

Effet de rebond : L'efficacité énergétique accrue peut s'accompagner d'économies d'énergie moins importantes que prévu, en raison du changement de comportement des utilisateurs du bâtiment après la rénovation. Par exemple, ces derniers peuvent désormais se permettre des températures intérieures plus élevées, le bâtiment étant de toute façon économe en énergie.

Effet de précaution : il s'agit du phénomène inverse, où la consommation d'énergie prévue d'un bâtiment mal isolé et pas encore rénové est supérieure à la consommation d'énergie observée. La raison en est que les occupants du bâtiment, sachant que le bâtiment est énergivore, réduisent leurs exigences de confort et, par exemple, ne chauffent pas les zones de sommeil et de circulation ou limitent le niveau de température dans les espaces de vie en dessous de la norme de confort normale.

© Andrada Riglea

LEÇONS APPRISES – RÉSUMÉ

Retrofitting in Amsterdam © City-zen

LEÇONS APPRISES - RÉSUMÉ

Défis

Le parc immobilier de l'UE est actuellement confronté à des défis qui empêchent la mise en œuvre à grande échelle de mesures d'efficacité énergétique dans les bâtiments. D'un point de vue économique, technique, social et de gouvernance, les obstacles sont identifiés et résumés comme suit :

L'amélioration de l'enveloppe des bâtiments nécessite **d'importants investissements initiaux** et ne s'avère rentable qu'après une longue, voire une très longue période, de l'ordre de 30 à 50 ans, voire plus. Les propriétaires de bâtiments manquent souvent de moyens d'investissement, ainsi que d'un horizon d'investissement pour entreprendre de tels efforts ;

Il n'existe toujours pas de systèmes de financement complets qui soient suffisamment adaptés aux besoins spécifiques des propriétaires de maisons ou de bâtiments. La structure de propriété atomisée reste un autre obstacle à la prise de décision à grande échelle concernant les investissements de rénovation et leur financement effectif ;

Il existe **une pénurie de main-d'œuvre (qualitative) dans le secteur du bâtiment.** La complexité des travaux de rénovation pose des défis techniques et logistiques qui nécessitent une réponse hautement qualifiée.

L'efficacité énergétique est un aspect important, mais elle est rarement considérée comme **la priorité absolue des propriétaires de maisons ou de bâtiments** dans la prise de décision concernant la rénovation. En général, il y a **un manque de sensibilisation aux questions liées à l'énergie.**

Les facteurs susceptibles de motiver ou d'entraîner une amélioration et un approfondissement de l'efficacité énergétique sont notamment :

- **Devoir subir une rénovation ou un autre type de travaux (par exemple, nouvelle cuisine/salle de bain, réparation périodique des toits et des façades, ...) ;**
- **Un changement de propriétaire de l'immeuble ;**
- **Un agrandissement prévu de l'immeuble ;**
- **Souhait d'améliorer le confort intérieur ;**
- **Désir de posséder une maison respectueuse de l'environnement ;**
- **La modernisation en profondeur peut être plus rentable que la démolition et la reconstruction ;**
- **Des factures d'énergie élevées et croissantes ;**
- **Augmenter la valeur immobilière et esthétique de la propriété.**

Recommandations

Décharger le propriétaire d'une maison ou d'un bâtiment est une priorité. Cet objectif peut être atteint en intégrant l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement dans une interface client unique et en incitant, motivant et soutenant en permanence les propriétaires de maisons et de bâtiments à procéder à des rénovations en connaissance de cause.

Les municipalités et les gouvernements locaux peuvent jouer un rôle essentiel en tant que facilitateurs et régulateurs pour promouvoir l'amélioration de l'efficacité énergétique et la généralisation de la rénovation à long terme. Des politiques bien équilibrées qui dépassent les cloisonnements disciplinaires aideront à trouver des solutions optimales et holistiques.

Les méthodes de financement optimales pour la modernisation peuvent être différentes des hypothèques ou des prêts classiques. Des schémas de financement innovants provenant de sources publiques et privées sont nécessaires pour abaisser le seuil financier des propriétaires de bâtiments. Le modèle commercial choisi pour le projet de rénovation doit être adapté au segment de marché ciblé.

Il est urgent d'améliorer la qualité et la quantité de la main-d'œuvre dans le secteur de la construction de l'UE l'industrie. Il est essentiel de fournir un travail de qualité et un bon soutien aux propriétaires pour garantir leur engagement.

L'isolation de l'enveloppe est une première étape valable pour atteindre l'efficacité énergétique, mais elle ne suffit pas. La combinaison de l'isolation thermique et d'autres mesures de rénovation constitue l'ensemble des mesures de rénovation. Ces mesures de rénovation peuvent être réalisées en une seule fois ou par étapes. Cependant, une rénovation partielle, sans plan global adapté à chaque bâtiment, risque d'entrer en conflit avec des mesures nécessaires ultérieures.

→ Une amélioration inadéquate de certaines parties d'un bâtiment peut ainsi entraîner à terme d'autres améliorations (effet de verrouillage), ce qui doit être évité.

→ L'identification des réseaux et des canaux de communication pertinents, en particulier dans les premières phases, est nécessaire pour l'engagement des propriétaires et la sensibilisation pendant le processus de prise de décision.

La promotion et le marketing de la rénovation ne doivent pas être uniquement axés sur l'efficacité énergétique ; les avantages secondaires associés, tels que la santé et le bien-être, doivent également être mis en avant.

Rénovation à Amsterdam © City-zen

DOCUMENTS UTILES

© Kelly Brito, Unsplash

DOCUMENTS UTILES (EN ANGLAIS)

Sites Web et produits livrables des projets du CCN sur la rénovation des bâtiments (enveloppe) :

- InfiniteBuildingRenovation

Rennovates et similaires (BAM)

- NOM in een smart grid (in Dutch)
- 39 woningen nul-op-de-meter in Woerden (in Dutch)
- Film: wat komt er kijken bij een NOM-renovatie (in Dutch)
- Renovatie (in Dutch)
- Film: Robot plakt steenstrips (in Dutch)
- Europe's Green-Building Retrofit Leader Is One of Its Smallest Countries (bloomberg.com)

mySMARTLife:

- Ile de Nantes – Retrofitting Actions
- Bergedorf-Süd – Retrofitting Project

Replicate:

- San Sebastian
- Florence

REMOURBAN:

- District retrofitting
- Retrofitting
- Valladolid (Spain)
- Nottingham (East Midlands)
- Tepebasi/ Eskişehir (Turkey)

Matchup:

- ICT urban platform
- Valencia Lighthouse Interventions Detailed Definition

IRIS:

- Nice France

SmartEnCity:

- District retrofitting monitoring program
- Sonderborg Building Retrofitting Complete
- Smart Solutions in Vitoria-Gasteiz
- Tartu retrofitting package
- Retrofitting (Sonderborg)

GrowSmarter:

- Energy efficient refurbishment of social housing
- Energy efficient refurbishment of public housing area
- Energy efficient refurbishment of a residential settlementCologne

Renonbill

PadovaFit Expanded

En savoir plus sur les matériaux d'isolation

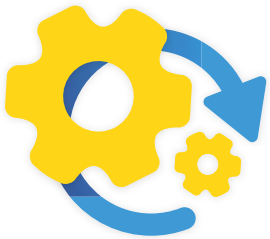
- Performance characteristics and practical applications of common building thermal insulation materials

En savoir plus sur les modèles d'entreprise

- Sustainable business models for deep energy retrofitting of buildings: state-of-the-art and methodological approach
- Key aspects of building retrofitting: Strategizing sustainable cities
- Business models for residential retrofit in the UK: a critical assessment of five key archetypes

Smart Cities Marketplace

Smart Cities Marketplace (SCM) est une initiative avec le soutient de la Commission européenne, qui rassemble des villes, des industries, des PME, des investisseurs, des chercheurs et d'autres acteurs dans le domaine des villes intelligentes. La SCM offre un aperçu des bonnes pratiques européennes en matière de villes intelligentes, vous permettant découvrir l'approche qui pourrait convenir à votre projet de ville intelligente.
Découvrez notre brochure ici



Matchmaking

La Smart Cities Marketplace offre des services et des événements aux villes et aux investisseurs pour créer et trouver des propositions de villes intelligentes bancables en utilisant notre réseau d'investisseurs et en publiant des appels à projets.

Réseau d'investisseurs

Appel à projets

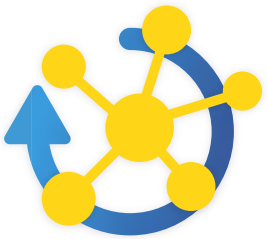
Cours de maître sur le financement de projets

Groupes de réflexion et de discussion

Les groupes de réflexion sont des collaborations qui travaillent activement sur un défi commun lié à la transition vers des villes intelligentes. Les groupes de discussion sont des forums où les participants peuvent échanger leurs expériences, coopérer, se soutenir et discuter d'un thème spécifique.

Groupes de discussion et de réflexion

Communauté



Initiatives de l'UE

En dehors de la SCM, il existe ainsi des initiatives européennes visant à améliorer la qualité de vie et de travail dans les villes européennes.

Autres initiatives de l'UE

Smart Cities Marketplace est géré par la Direction générale de l'énergie. © Smart Cities Marketplace

BROCHURE SUR LES SOLUTIONS D'AMÉLIORATION DE L'ENVELOPPE DU BÂTIMENT

Smart Cities Marketplace 2023

Le Smart Cities Marketplace est géré par la Direction générale de l'énergie de la Commission européenne.