

Ressources, territoires et habitats
Énergie et climat
Prévention des risques
Développement durable
Infrastructures, transports et mer

Présent
pour
l'avenir



Rédacteurs : Caroline IMBERT et Djilali MEDIOUNI

Direction régionale et interdépartementale de l'Équipement
et de l'Aménagement d'Île-de-France

www.driea.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr

Introduction

La réalité du dérèglement climatique, de la raréfaction des ressources disponibles et de l'augmentation du coût de l'énergie doivent modifier l'approche que nous avons sur notre environnement et notre façon d'habiter.

La limitation des consommations énergétiques et des émissions de gaz à effet de serre (GES) des bâtiments repose sur deux principes :

- « *consommer moins* » avec une conception bioclimatique (profiter des apports solaires, se protéger des intempéries, ventiler, etc.) et une enveloppe performante (en jouant sur l'isolation des murs, des planchers et de la toiture, sur les caractéristiques et l'orientation des fenêtres, sur l'inertie et l'étanchéité à l'air du bâti) ;
- « *consommer mieux* » avec la mise en œuvre de systèmes techniques adaptés, régulés, pérennes et efficaces pour l'éclairage, la ventilation et le chauffage. L'intégration des énergies renouvelables peut alors être une réponse.

Si tous les bâtiments ne peuvent pas être isolés par l'extérieur du fait de leur architecture ou des matériaux de façade (pierre de taille...), l'isolation par l'extérieur est possible sur plus de la moitié du parc bâti de l'Île-de-France, c'est-à-dire sur des centaines de millions de m², constitués pour l'essentiel de bâtiments d'une surface inférieure à 1000 m². Les bâtiments qui ne peuvent être isolés par l'extérieur peuvent néanmoins émettre beaucoup moins de gaz à effet de serre en recourant à d'autres systèmes de productions d'énergie (électricité, chauffage urbain, solaire, ...).

L'objet du présent document est de fournir les informations adaptées à l'isolation par l'extérieur et une aide à la décision des propriétaires qui s'engagent dans cette action.

Les questions traitées sont classées en trois chapitres :

Questions des propriétaires donne aux propriétaires des clés pour comprendre les enjeux liés à l'isolation thermique par l'extérieur

Questions Communales présente les problématiques juridiques et les obstacles que le maire peut lever sur son territoire.

Questions techniques signale les précautions techniques à prendre : chantier, entretien, thermique, humidité, architecture, réglementation et filière.

L'étude intègre également un rapport sur la rénovation énergétique des bâtiments existants développant le contexte de l'étude, la méthodologie d'audit énergétique ainsi que les rapports des audits énergétiques réalisés sur les trois bâtiments étudiés. Chaque rapport présente un état des lieux des bâtiments, l'évaluation des enjeux énergétiques et des préconisations de travaux chiffrées pour une amélioration de leurs performances énergétiques et des émissions de gaz à effet de serre.

Cette étude s'adresse donc aux 5 millions de décideurs d'Île-de-France concernés par une forte consommation énergétique sur un bâti courant.

QUESTIONS DES PROPRIÉTAIRES

A. Repères

Pourquoi l'Isolation Thermique par l'Extérieur ?

Les avantages d'une Isolation par l'Extérieur sont multiples :

- Préservation de la surface habitable des pièces et donc de la valeur du bâtiment en comparaison avec la pose d'une isolation thermique par l'intérieur ;
- Economies d'énergie et donc d'argent ;
- Diminution des émissions de gaz à effet de serre ;
- Possibilité de financement publics : Prêt à taux zéro, crédit d'impôts, subventions... ;
- Réalisation des travaux sans déplacement des habitants, en site occupé ;
- Amélioration architecturale du bâtiment et valorisation du patrimoine ;
- Augmentation de l'inertie thermique de l'enveloppe assurant un meilleur confort d'été et d'hiver ;
- Diminution des déperditions thermiques à travers les parois ;
- Réalisation 2 en 1, ravalement de façade et isolation ;
- Diminution des risques de condensation en comparaison avec la pose d'une isolation thermique par l'intérieur et réduction des ponts thermiques sources de pathologie du bâti ;

Quelques inconvénients :

- Est réservé aux professionnels ;
- Nécessité de déclaration de travaux,
- Risque d'assombrissement dans la maison lorsque les fenêtres ne sont pas remplacées en même temps à cause du retour de l'isolation sur le tableau de fenêtre ;
- Gestion parfois délicate des points singuliers ;
- Gamme d'isolants en éco-matériaux encore en développement ;

« L'Isolation Thermique par l'Extérieur, communément appelé ITE, regroupe l'ensemble des techniques permettant de traiter, par l'extérieur, l'enveloppe du bâtiment afin d'en limiter les déperditions thermiques. »

1. Précautions

Méthode

Quelle est la démarche pour aboutir à une amélioration énergétique du bâti et en particulier à une isolation thermique par l'Extérieur ?

Pour être sûr de réaliser les bons travaux au meilleur prix et dans le bon ordre, la réalisation d'un audit énergétique par un professionnel est déterminante. Son coût est largement compensé par les erreurs d'investissement évitées. Les étapes d'un tel audit sont décrites ci-dessous :

Prendre le temps de la réflexion

Le résultat final est étroitement lié à la façon dont les professionnels répondent aux demandes du propriétaire.

Le propriétaire doit avant tout faire le point de ses consommations réelles d'énergie en reprenant ses factures. A partir de là, il peut définir ses besoins, les résultats à atteindre et l'argent qu'il peut investir.

S'entourer de compétences

Tous les bâtiments sont différents. Les meilleurs outils et méthodes ne sont donc rien sans le métier d'un bon professionnel. Ce dernier doit avoir :

- Une bonne connaissance technique et pratique des bâtiments existants et de leurs équipements techniques, notamment énergétiques ;
- La compétence, l'esprit critique et une bonne dose d'imagination pour proposer des améliorations opportunes, évoquer les financements et les mécanismes administratifs de prise de décision, etc. ;
- Une indépendance vis-à-vis des revendeurs de produits particuliers.

Réaliser un état des lieux

L'état des lieux de l'existant est réalisé par le professionnel. Il sert à évaluer la vétusté, repérer les éventuels désordres, comprendre le fonctionnement du bâti, inventorier les faiblesses et les opportunités et évaluer les enjeux énergétiques. Un diagnostic du bâtiment permet de repérer l'état et la composition des parois (murs, planchers, toitures, fenêtres, etc.), et inventorier les systèmes techniques (chauffage, eau chaude sanitaire, ventilation, etc.). Ces visites sont également l'occasion de faire un reportage photographique éventuellement avec une caméra thermique et d'effectuer un relevé métrique du bâtiment permettant d'obtenir ou de vérifier les plans du bâtiment.

Evaluer les enjeux énergétiques

Un bon état des lieux permet de modéliser le plus fidèlement possible le bâtiment avec un logiciel de simulation thermique.

Dans tous les cas les consommations énergétiques calculées doivent être cohérentes avec les consommations réelles obtenues par factures.

Définir les travaux et évaluer le coût

Il s'agit d'arrêter avec le professionnel la liste des actions, les plus faciles, les moins chères et les plus efficaces, compte tenu des moyens financiers engageables et des économies de charge réalisées.

Des préconisations de travaux chiffrées avec leur temps de retour sur investissement permettent alors de consulter des entreprises pour la réalisation des travaux.

Une attention particulière doit être portée à la cohérence et au phasage des travaux qui en résulte, par exemple : Changer une chaudière puis ultérieurement faire une isolation thermique par l'extérieur peut conduire à avoir surdimensionné la chaudière.

Vigilances

Une étude thermique est-elle réglementairement obligatoire avant la réalisation d'une Isolation Thermique par l'Extérieur ?

Aucune étude préalable à la pose d'une isolation par l'extérieure n'est réglementairement obligatoire. L'audit énergétique préconisé permet néanmoins de démontrer l'impact économique des travaux et d'assurer une amélioration énergétique du bâti. Un audit énergétique permet de considérer tous les postes d'économie potentielle et de les classer selon leur rentabilité, quitte à les phaser dans le temps.

Evoquer la RT existant

Quelles sont les autorisations administratives préalables aux travaux d'Isolation Thermique par l'Extérieure ?

Au même titre qu'un ravalement ou toute modification extérieure d'un bâtiment existant, une déclaration préalable de travaux (anciennement déclaration de travaux DT) est obligatoire pour la pose d'isolation par l'extérieur, d'après l'article R.421-17.a du Code de l'Urbanisme.

Un permis de construire peut être requis par exemple dans le cas d'une façade classée ou inscrite à l'inventaire des Monuments Historiques (ISMH) ou pour d'autres cas particuliers. La Déclaration préalable est, sauf cas particuliers, déposée à la mairie de la commune où se situe le terrain. Le délai maximum d'instruction, indiqués par courrier recommandé dans le mois suivant le dépôt du dossier, est généralement de un mois.

Un dossier de Déclaration préalable est à fournir en 2 ou 3 exemplaires et comporte notamment le formulaire Cerfa n°13404*01 « déclaration préalable » et les pièces jointes indiquées dans ce document(plan de situation des travaux, croquis, etc..)

Une autorisation d'occupation du domaine public pourra être demandée dans le cas d'emprise sur le domaine public.

Quels sont les points de vigilance à identifier à l'occasion du diagnostic préalable à la pose d'Isolation par l'Extérieur ?

Une fois choisie la liste des actions financières il est nécessaire, soit de faire appel à un maître d'œuvre soit de faire appel directement à des artisans ou des entreprises du bâtiment.

Dans ces deux cas un diagnostic technique réalisé par ce professionnel du bâtiment s'impose avant de réaliser l'isolation d'un bâtiment ancien ou avant de rénover une isolation existante.

Le propriétaire veillera à ce que le professionnel traite les points suivants :

- Tous les points singuliers de l'enveloppe qui devront être traités séparément (débord de toiture, départ de sol, appuis de fenêtre, etc.) ;
- Les éléments de fixation en façade (antenne, volets, évacuation d'eau pluviale, etc.) ;
- L'environnement des façades pour traiter une mitoyenneté éventuelle, gérer le risque aux chocs, la végétation, etc.) et déterminer l'orientation par rapport au soleil et aux intempéries ;
- L'état du support. Il est nécessaire d'évaluer la planéité de la façade et sa résistance. Des carottages ou des prélèvements sont indispensables pour s'assurer de la cohésion du support et, dans le cas d'un enduit sur isolant d'adapter le type de colle à la nature de celui-ci (organique ou minérale). Dans le cas d'une fixation mécanique, des essais d'arrachement de fixation sont nécessaires pour déterminer le type de fixation et la charge admissible pour le support ;
- Les traces d'humidité potentielles aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur. La présence d'humidité peut avoir des causes multiples (remontées d'humidité par capillarité, infiltrations par la toiture, dégâts des eaux, fissuration, condensation superficielle excessive ou d'un problème de perméance etc.) ;
- La composition du mur et en particulier la nature du revêtement extérieur afin d'estimer les risques de condensation après isolation ;
- Les dispositifs de ventilation existants, un système de ventilation performant étant indispensable après des travaux d'isolation.

Ce dernier point peut être fondamental.

Pourquoi est-il important d'assurer une bonne ventilation d'un bâtiment, en particulier après la pose d'une Isolation Thermique par l'Extérieur ?

La ventilation d'un bâtiment permet de maintenir une bonne qualité d'air mais aussi d'évacuer l'humidité produite à l'intérieur par les occupants, les activités domestiques (cuisson, appareil ménagers, etc.), la toilette (douches, etc.) et les plantes. L'absence de ventilation peut être non seulement très inconfortable voir dangereuse pour la santé mais aussi créer des dégâts dans le bâtiment.

Les pertes par ventilation ou infiltration d'air représentent en moyenne 12% des déperditions d'une maison individuelle et 25% d'un immeuble.

Par la pose d'Isolation par l'Extérieur, le bâtiment peut devenir étanche. Les pertes par infiltration d'air diminuent et l'humidité ambiante augmente. Le renouvellement d'air ne se fait plus comme par le passé.

Trois risques apparaissent :

- Les risques d'intoxication par le monoxyde de carbone dus aux appareils de chauffage et de cuisson. Cela implique une alimentation en air neuf venant de l'extérieur suffisante des appareils à combustion, une extraction satisfaisante des fumées et un entretien correct des appareils ;
- Les risques d'inconfort voir même pour la santé des habitants, cela implique d'amener de l'air neuf et d'évacuer l'air intérieur vicié chargé en CO² et en vapeur d'eau ;
- Des risques de dégradation du bâtiment, par condensations dans les murs.

Ces points doivent impérativement être traités par le professionnel choisi.

Question de l'isolation acoustique

2. Financement

Combien coûte une Isolation Thermique par l'Extérieur ?

Le coût d'une Isolation Thermique par l'Extérieur varie entre 70 et 400 €HT/m² selon la technique réalisée ; ces coûts ont tendance à baisser :

Pour la technique de l'enduit sur isolant, qui représente 2/3 des chantiers, les prix varient entre 70 à 80 €HT/m² sur un bâtiment de grande dimension et 150 €HT/m² pour une rénovation de maison individuelle. Dans l'exemple étudié d'un bâtiment en copropriété le coût est d'environ 120 €HT/m². Le coût d'un bardage (façade bois sur isolant par exemple) varie entre 100 et 400 €HT/m², en fonction de la nature du matériau. Le coût d'une vêtture (bardage sur isolants préfabriqué) se situe, quand à lui, autour de 80 à 150 €HT/m², mais peut atteindre 350 €HT/m² pour des revêtements très qualifiés.

On peut donc retenir une fourchette de 70 à 150 €HT/m² pour les techniques les plus courantes.

Les prix dépendent :

- De l'objectif de performance à atteindre qui détermine l'épaisseur d'isolant à mettre en œuvre ;
- Du type de procédé utilisé (enduit, bardage, vêtture) ;
- Du type de revêtement choisi (enduit, bois, céramique, métal, terre cuite, pierre...) ;
- De l'état initial de la façade qui entraîne une préparation du support plus ou moins complexe ;
- De l'implantation du bâtiment qui définit la facilité d'accès aux façades ;
- De la complexité de la façade qui détermine le nombre de points singuliers à traiter.

Quelles sont les aides financières ?

Les aides concernent les propriétaires bailleurs ou occupants, à noter que les locataires peuvent dans certaines conditions bénéficier des aides lorsqu'ils se substituent aux propriétaires pour faire les travaux. Elles sont attribuées aussi bien pour les études (Diagnostic de Performance Énergétique, étude thermique) que la rénovation de l'enveloppe (murs, fenêtres, toitures...) et l'installation de systèmes de

chauffage (chaudière bois, pompe à chaleur...) ou de production d'électricité (panneaux photovoltaïques...)

Pour la réalisation d'une Isolation Thermique par l'Extérieur, certaines aides sont attribuées sans condition de ressources comme la TVA à 5,5%, le Crédit d'impôt ou l'éco prêt à taux zéro. D'autres aides peuvent-être attribuées, sous condition de ressource, par l'ANAH, l'ADEME ou certaines collectivités territoriales (mairie, département, intercommunalité) dans le cadre d'un projet de rénovation global avec l'atteinte d'un certain niveau de performance.

- Une TVA réduite est fixée à 5.5% (au lieu de 19,6%) sur la fourniture des matériaux et la main d'œuvre lors de l'installation ;
- Un Crédit d'impôt de 25 % sur le montant TTC de la fourniture des matériaux et de la main d'œuvre est accordé pour l'isolation des murs. L'isolation des murs doit permettre d'atteindre une valeur de résistance thermique R minimal au moins égales à 2.8 m².K/W. Sachant que la réglementation actuelle fixe, pour la majeure partie des rénovations, une résistance minimale R pour la paroi (mur+isolant) à 2.3 m².K/W.
- Contrairement aux deux aides précédentes, l'Eco prêt à taux zéro nécessite la réalisation de différents type de travaux et ne peut s'appliquer à la seule réalisation une Isolation Thermique par l'extérieur des façades. Un prêt de 20 000 euros à 0% est attribué si deux actions parmi un bouquet de six actions sont réalisées (30 000 euros si 3 actions). Par exemple l'isolation d'au minimum 50% des murs avec une résistance thermique minimale R de l'isolant de 2.8 m².K/W, constitue l'une des actions. Elle peut être associée aux changements des fenêtres, à l'isolation de la toiture et/ou au remplacement du système de chauffage ou d'Eau Chaude Sanitaire (gaz à condensation, bois ou solaire).

Quelles sont les économies visées après une Isolation Thermique par l'Extérieur ?

Le montant des économies visées est déterminant pour arrêter le coût total des travaux finançables et donc la liste des actions arrêtées avec l'audit énergétique.

Le choix de la liste d'actions est très important d'une part pour la cohérence des travaux envisageables phasés dans le temps (cf. changement de chaudière et l'isolation thermique par l'extérieur) mais aussi pour la capacité à financer des actions rentables à long terme.

En effet, le temps de retour sur investissement par les économies d'énergie réalisées peut aller couramment de 1 à 30 ans selon les actions. La liste des actions arrêtées peut permettre de financer des actions à 30 ans de valeur patrimoniale, grâce à des actions à temps de retour beaucoup plus court engagées simultanément.

Economies d'énergies, aides publiques financières et combinaison des actions engagées permettent à tout un chacun de dégager des économies, de réduire la consommation d'énergie et de diminuer les émissions de gaz à effet de serre.

Il peut être intéressant, si l'enveloppe d'économie le permet, de financer plus de travaux que ce que permet de récupérer les économies d'énergie pour augmenter la valeur patrimoniale d'un bien. L'investissement peut alors recouvrir un aspect de placement patrimonial.

Il a en outre l'avantage de contribuer à l'indépendance énergétique de la France et de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

L'audit énergétique réalisée sur la maison individuelle et les logements collectifs nous ont permis de valider la réduction des consommations estimées par l'ADEME soit une économie de 15 à 30 % par rapport à un bâtiment non isolé (Figure 2).

Figure 1 : Gains de chauffage avec une isolation par l'extérieur

	Consommations énergétiques		Emissions de gaz à effet de serre		Temps de Retour sur Investissement (avec subvention)
	avant travaux	après travaux	avant travaux	après travaux	
	kWhEP/m².an		kg.eq CO2/m².an		années
Logements collectifs en copropriété					
LC – isolation par l'extérieur des murs (20 cm)	574	356	39	23	11
LC – isolation de la toiture (30 cm)	574	497	39	33	6
LC – isolation toiture (30 cm) et murs (20 cm)	574	342	39	22	13
LC – rénovation globale (isolation mur, toiture et plancher, ventilation simple flux, changement chaudière et radiateurs, régulation)	574	144	39	15	7
Maison individuelle					
MI – isolation par l'extérieur des murs (20 cm)	335	303	75	60	45
MI – isolation de la toiture (20 cm)	335	328	75	65	33
MI – isolation toiture (20 cm) et murs (20 cm)	335	295	75	58	38
MI – rénovation globale (isolation murs et toiture, ventilation double flux, svstème solaire combiné)	335	175	75	50	42

Pour comprendre la portée des résultats de ce tableau, il est utile de préciser les hypothèses qui ont été faites lors des simulations et des calculs.

Tout d'abord les consommations énergétiques présentées correspondent à des consommations conventionnelles calculées à l'aide d'un logiciel de calcul réglementaire. Ces consommations correspondent aux usages de chauffage, de production d'eau chaude sanitaire, d'auxiliaires (chauffage et ventilation) et d'éclairage. Il ne s'agit pas de consommations réelles observées.

Par ailleurs, les calculs de temps de retour sur investissement ont été effectués en faisant l'hypothèse que les prix de l'énergie n'évoluaient pas au cours du temps. Dans la réalité, ces prix sont susceptibles d'augmenter de manière significative ce qui conduirait à une diminution des temps de retour sur investissement.

B. Aller plus loin

1. Architecture

Quels sont les enjeux de l'intégration architecturale de l'Isolation par l'Extérieur ?

« Officiellement rien n'est fait dans l'octroi de subvention pour favoriser l'indispensable travail architectural que nécessite la réfection d'une façade. On choisit un système ou un produit de façade comme on choisirait une étoffe chez un marchand de tissus. Si on a les moyens on peut se payer un beau parement, comme on s'offrirait un drap de laine ou de soie ; si le budget est serré, on se contente d'enduit collé comme on se rabattrait sur un mauvais synthétique. Pourtant, si l'on prend la peine d'un véritable effort conceptuel, on peut redonner sa chance à un bâtiment. Il s'agit, en quelque sorte, non pas de le recouvrir d'un tissu mais de lui dessiner une robe. La différence est de taille »

Revue Bâtiment Energie n°32, Architecture et isolation par l'extérieur : une conjugaison laborieuse, 1984.

Valeur architecturale

Jusqu'à présent, la structure du bâtiment servait à l'architecte de base à son mode d'expression par l'utilisation de parements comme la pierre ou la brique. Son domaine d'intervention était lié au système de structure du bâtiment. A partir du moment où l'on place sous un « cocon » cette structure, l'architecte va devoir porter son effort créatif sur l'isolation. Sans cela le risque est grand, et certains des premiers prototypes l'ont prouvé, de concevoir des bâtiments totalement plats et lisses. Cette difficulté ne doit pas être sous-estimée devant la complexité des questions techniques et économiques. Si l'ITE ne permet pas de créer un aspect agréable, qui plaise aux occupants et aux passants, on risque de créer un immense préjudice à notre patrimoine et surtout d'observer une réaction de rejet face à cette technique. La pose d'une isolation thermique par l'extérieur associée à un travail architectural est un véritable bénéfice aussi bien pour les propriétaires et locataires que pour les collectivités locales car elle permet une requalification de l'image d'un bâtiment ou d'un quartier. Elle permet de donner un nouveau goût d'habiter.

Quand il est question d'architecture, il est le plus souvent fait référence aux exemples des siècles passés où prennent place certains jeux formels utilisant la modénature, la texture, des différences de matériaux. Face à cette richesse, les solutions autorisées par l'isolation par l'extérieur semblent pauvres. Cependant les voies de recherches et de créations offertes aux architectes ne manquent pas. L'isolation par l'Extérieur est l'occasion d'enrichir notre patrimoine architecturale par de nouvelles créations et non de l'appauvrir par un badigeonnage uniforme d'isolation. Ce travail nécessite donc une recherche esthétique. Malheureusement, les travaux d'isolation sont généralement considérés comme des aménagements techniques et non des travaux susceptibles de modifier l'aspect des façades, ce qui limite l'intervention

d'un architecte pour un travail sur l'esthétique des façades. L'intervention d'un architecte devrait être obligatoire pour toute opération susceptible de modifier le visage d'un immeuble ou d'un quartier.

Valeur foncière

Un des enjeux autres de l'intégration architecturale de l'Isolation par l'extérieur est la valeur foncière. Les enjeux environnementaux sont tels que la rénovation du parc existant est une nécessité. La variation du prix du m² en fonction de la performance thermique du bâtiment n'est pas encore sensible mais la récente parution le 12 juillet 2010 de la loi Grenelle 2 devrait accélérer le phénomène. A partir du 1^{er} janvier 2011, pour tout bien mis en vente, l'annonce devra signaler le résultat du Diagnostic de Performance Energétique (DPE). La performance énergétique d'un bâtiment entrera de plus en plus systématiquement dans le choix d'un acheteur ou d'un loueur. Cette performance passe par un renforcement de l'enveloppe du bâtiment et donc de l'isolation. L'avantage de l'Isolation thermique par l'extérieur par rapport à une isolation par l'intérieur tient à l'absence de perte de surface habitable. Le Cahier du CSTB n°2726 montre que l'on peut perdre 6% de surface habitable si l'on isole par l'intérieur.

Exemple étude de cas

Sur notre bâtiment d'étude en logement collectif, une isolation par 10cm d'isolant posé à l'intérieur représente 43m² de surface habitable soit 5.5% de la surface habitable de l'immeuble qui serait perdue.

Quels aspects architecturaux l'Isolation Thermique par l'Extérieur permet-elle de donner aux façades ?

Les différents systèmes d'Isolation Thermique par l'extérieur (enduit, bardage, vêtue, etc.) assurent une large palette de revêtement, de finitions, et de formats qui continue de s'étoffer en intégrant plus d'originalité, de décors et de couleurs. L'expression architecturale s'en trouve d'autant étendue qu'il est aujourd'hui possible de composer avec différents systèmes. De nombreux éléments décoratifs supplémentaires de type modénature légère sont adaptée à l'isolant par l'extérieur pour recréer ou créer corniches, bandeaux ou moulures. Les différentes matières peuvent être mariées ou opposées et donner naissance à des rythmes ou à une modénature. Il faut pour cela combiner les matériaux de revêtements en jouant sur les nus différents qui résultent de leur épaisseur réciproque. Les enduits sur isolant collé, plus mince et moins chers, appliqués sur une partie importante de la façade, peuvent servir de surface de base. La pose de certains matériaux de bardage peut être déportée vers l'avant de manière à créer des saillies. On peut mettre en relief, lier, limiter, délimiter, découper, souligner, colorer. On peut utiliser le rythme des découpes dans le cas de plaques. Les parties singulières comme les encadrements de portes ou de fenêtres peuvent être traitées de manière spécifique. Rien n'interdit non plus de créer des reliefs grâce à des éléments ajoutés à la boîte isolée comme des porches.

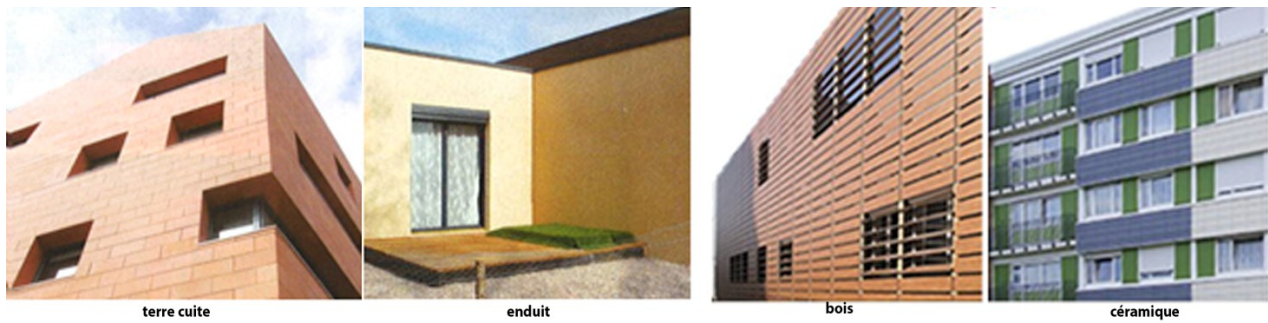


Figure 2 : Types de rendu de façade avec une isolation par l'extérieur

2. Environnement

Quel est le coût environnemental d'une Isolation par l'Extérieur ?

Les matériaux de construction sont responsables d'environ 15 à 18 % de l'impact environnemental total d'un bâtiment. Outre une amélioration drastique des performances énergétiques du bâtiment, il y a aussi lieu d'opérer un choix réfléchi des matériaux de construction durables. Dans ce contexte, il importe de tenir compte de trois critères importants : les performances techniques, l'influence sur l'environnement et les conséquences sur la santé. Il est en effet inutile d'utiliser un matériau de construction qui n'exerce pas d'influence nocive sur l'environnement si sa durabilité dans le temps ne peut être garantie ou s'il présente des performances techniques insuffisantes.

Malgré de nombreux avantages, les systèmes d'isolation thermique par l'extérieur comme tous autres matériaux n'échappent malheureusement pas à un coût environnemental. Les Figure 3, Figure 4, Figure 5 et Figure 6 présentent un exemple du coût environnemental de quelques systèmes d'isolation par l'extérieur. Pour comparer, l'énergie grise et les émissions de CO₂ tout au long du cycle de vie du produit ont été estimées. Le coût en énergie grise des produits reste toujours inférieur aux économies de chauffage réalisées grâce au système.

<p>Isolation par l'extérieur enduit sur isolant collé</p>	Polystyrène expansé (20cm) + Treillis+ Enduit extérieur	197 Kwhep/UF 28,22 Kg eq Co2
	Laine de verre (18 cm)/Panneaux + Treillis+ Enduit extérieur	62,37 Kwhep/UF 12,94 Kg eq Co2
	Fibre de bois (20cm)/P.dense + Treillis+ Enduit extérieur	142,37 Kwhep/UF -10,89 Kg eq Co2

Figure 3 : Coût environnemental de l'isolation par l'extérieur avec enduit sur isolant collé

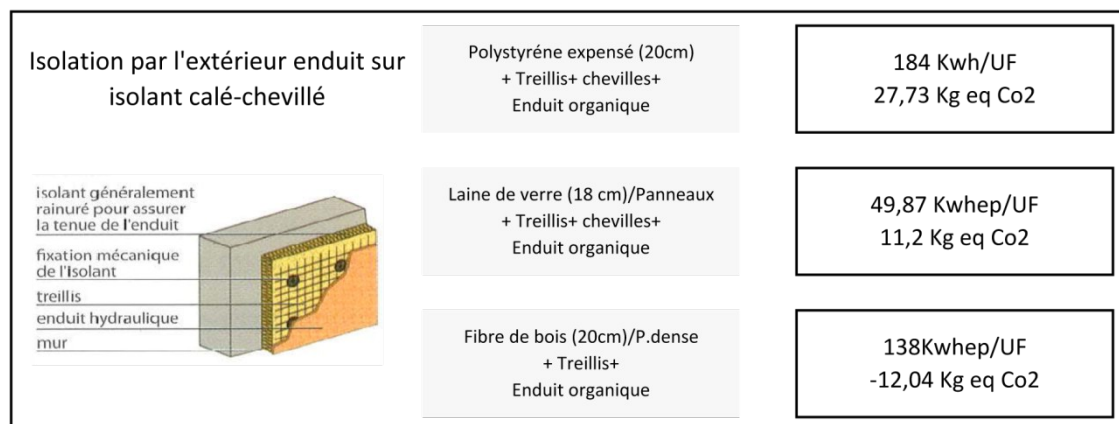


Figure 4 : Coût environnemental de l'isolation par l'extérieur avec enduit sur isolant calé-chevillé

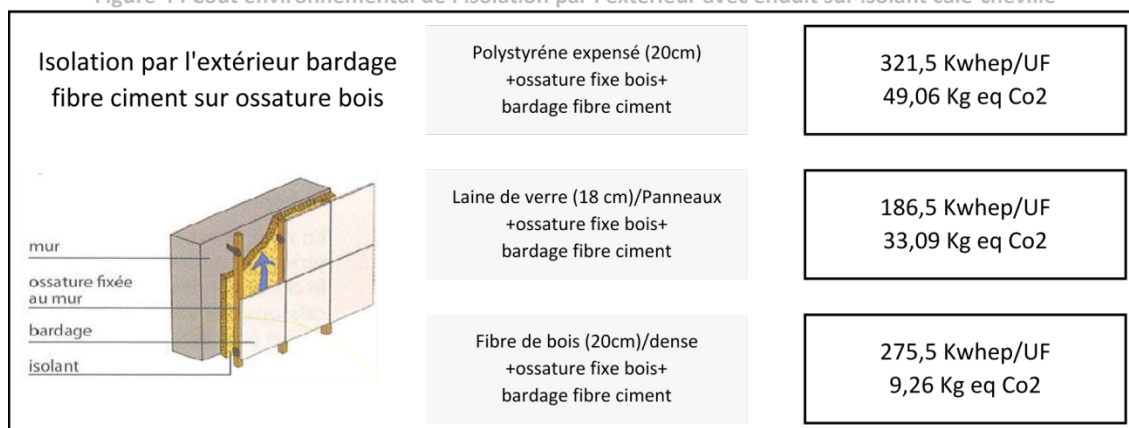


Figure 5 : Coût environnemental de l'isolation par l'extérieur avec bardage fibre ciment sur ossature bois

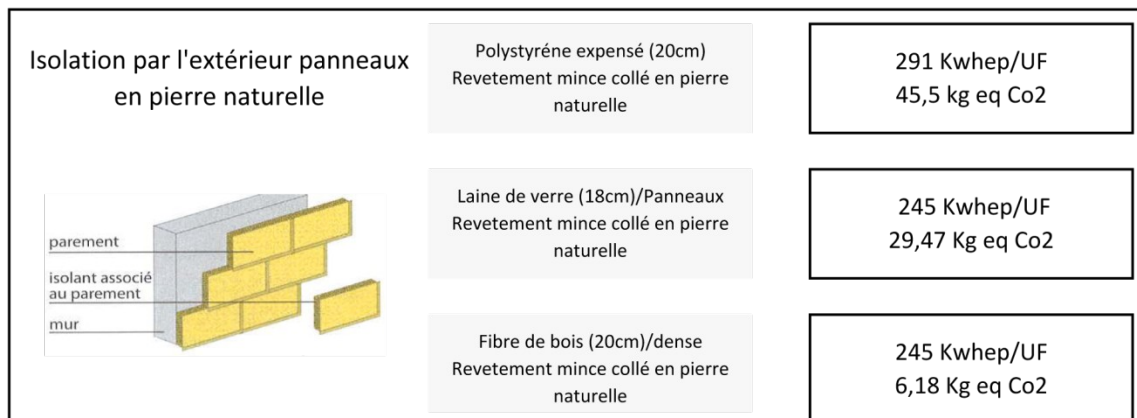


Figure 6 : Coût environnemental de l'isolation par l'extérieur par panneaux en pierre naturelle

La réalisation d'Isolation Thermique par l'Extérieur implique-t-elle nécessairement le changement des fenêtres ?

La réalisation d'une isolation thermique par l'extérieur n'implique pas forcément le changement des fenêtres. Le seul changement

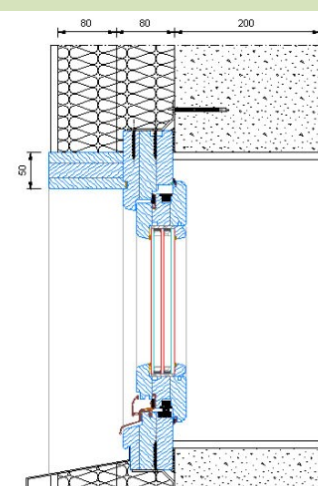


Figure 7 : Fenêtre dans le plan de l'isolation

de fenêtre est souvent un cas d'améliorations mal placé. L'argent dépensé peut être beaucoup plus utilement affecté à des travaux d'isolations (toiture, mur...).

Néanmoins le report de changement de fenêtres si c'est le cas demande de prendre des mesures conservatrices pour pouvoir le faire ultérieurement.

En effet les fenêtres doivent être mises en œuvre dans le plan de l'isolant, afin de limiter au maximum les ponts thermiques. Si cette règle est facilement applicable dans le neuf, dans le cas de rénovation de l'existant le problème se pose. La solution la plus efficace est bien évidemment de coupler la pose d'ITE au changement des menuiseries : ces dernières pourront alors être déplacées vers l'extérieur pour être dans le plan de l'isolant (Figure 7) et les caractéristiques thermiques de la nouvelle fenêtre seront nettement améliorées. Si les fenêtres, bien qu'elles soient changées, ne peuvent-être déplacées dans le plan de l'isolation (pour des contraintes techniques ou financière), il convient de prévoir des tapées d'épaisseur suffisante pour recevoir un isolant en retour extérieur des tableaux.

Cependant si les fenêtres sont conservées, il est également indispensable de pouvoir traiter les tableaux (Figure 8) avec un isolant. Afin de limiter l'épaisseur d'isolant à poser au niveau du tableau, tout en assurant une bonne isolation, on pourra par exemple utiliser le polystyrène graphite ou la mousse phénolique. Ces isolants (Figure 9), grâce à une conductivité thermique comprise entre 0.022 et 0.025 W/(M.K), permettent de diminuer d'au moins 1/3 l'épaisseur nécessaire pour une même résistance thermique par rapport aux isolants utilisés couramment en façade.

Pour obtenir une Résistance Thermique $R=2.8 \text{ m}^2.K/W$ (le minimum pour le crédit d'impôt).

	Conductivité thermique W/(m.K)	Epaisseur d'isolant
Mousse phénolique	0.023	6.4 cm
Polystyrène expansé (PSE)	0.035	9.8 cm
Laine de verre	0.04	11.2 cm

Figure 9 : Quelques valeurs de performances d'isolants

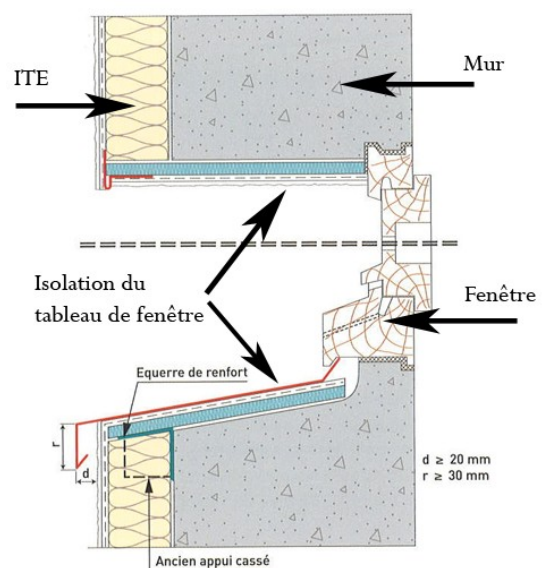


Figure 8: Isolation du tableau de fenêtre

3. Entretien

Quel doit être l'entretien d'une Isolation Thermique par l'Extérieur ?

Comme tout bâtiment et quelle que soit la technique d'isolation, intérieure ou extérieure, un entretien courant est nécessaire. Les ITE comme tout revêtement finissent par avoir besoin d'être rafraîchi ou rénové. Il sera à adapter selon le revêtement (RPE, enduit hydraulique, bois, etc.).

L'entretien et la rénovation des ITE sont régis par les Règles professionnelles pour l'entretien et la rénovation de systèmes d'isolation thermique par l'extérieur (Etics) (Figure 10). Les bonnes pratiques avaient été recensées en décembre 2004, dans la première édition de ces Règles, la nouvelle édition de janvier 2010 vient enrichir ces règles.

Le Diagnostic consiste tout d'abord en un examen visuel permettant de classer les pathologies en Cinq types. Les types I et II correspondent à l'observation de défauts essentiellement esthétiques. Les types III et IV impliquent non plus un simple entretien mais une rénovation. Au-delà du type IV, le revêtement de façade est affecté de décollements de l'isolant, de ruptures de l'armature, du décollement du sous-enduit, d'une fixation défectueuse de l'isolant se traduisant par l'existence de panneaux bombés ou tuilés, etc., impliquant une rénovation lourde.

Pour les classes I à IV, l'expert effectue ensuite diverses mesures sur place : humidité dans l'isolant, cohésion du sous-enduit, adhérence de l'enduit de finition, vérification de la fixation ou du collage des panneaux d'isolant, prélèvements pour chaque exposition... A cela s'ajoutent des examens en laboratoire : vérifications au microscope (bon ordre des produits, épaisseurs respectives, état de l'isolant...) mesure de perméabilité à la vapeur d'eau du complexe existant, etc. A chaque cas de figure s'applique ensuite une solution appropriée : K1 pour le type I, K2 pour le type II, K3 pour le type III et K4 pour le type IV, toutes détaillées dans les Règles professionnelles.

Les opérations de type K1 et K2 sont des travaux d'entretien. Ils doivent être confiés à des entreprises dont la compétence correspond aux niveaux de qualification 611 ou 612 (classement Qualibat). Pour les travaux de rénovation K3 et K4, le niveau de qualification 713 est requis en plus du niveau de qualification 611.

Dorénavant, l'entrepreneur peut réaliser lui-même, sous sa responsabilité et sous certaines conditions, le diagnostic préliminaire à l'entretien d'un système d'ITE de moins de 250 m². C'est ce qu'autorisent depuis janvier 2010 les nouvelles Règles professionnelles pour l'entretien et la rénovation de systèmes d'isolation thermique par l'extérieur (Etics).

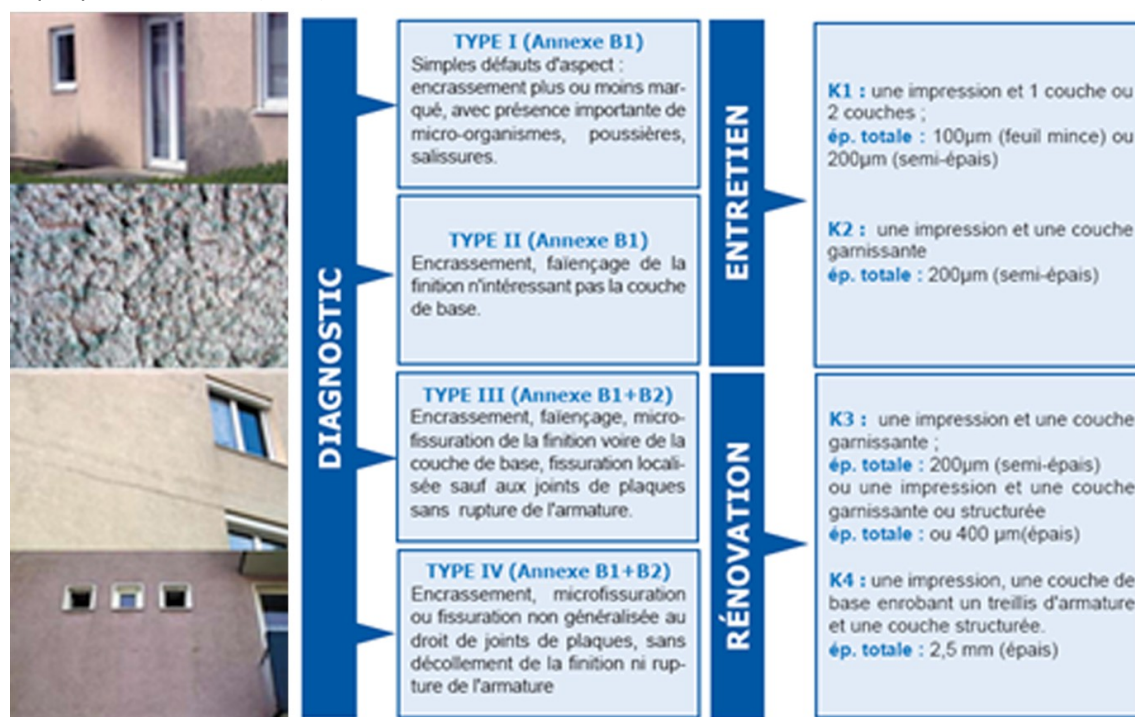


Figure 10 : Règles professionnelles pour l'entretien et la rénovation de systèmes d'isolation thermique par l'extérieur (Etics)

Quelques conseils pour le maître d'ouvrage après réception des travaux afin de préserver la durabilité de son complexe d'isolation par l'extérieur :

- Nettoyer périodiquement d'éventuelles moisissures, mousses et autres dépôts. Dans de très nombreux cas, un simple lavage à l'eau additionné d'un détergent ménager (salissures atmosphériques) ou d'eau de javel (verdissements), suivi d'un rinçage abondant sous faible pression, est suffisant ;
- Ne pas utiliser de solvants organiques agressifs ;
- Maintenir en bon état la toiture (couverture, terrasse, protections horizontales d'acrotères,...) et ses éléments accessoires ;
- Maintenir en bon état les évacuations d'eaux pluviales (chêneaux, gouttières et descentes d'eaux) ;
- Maintenir en bon état les ouvrages qui contribuent à l'étanchéité de la façade (solins, larmiers, bandeaux, etc.) ;
- Réparer les parties de revêtement détériorées par un usage anormal, actes de vandalisme ou interventions diverses sur l'ouvrage (perforations, déchirures, décollements ponctuels), ou application d'un revêtement de peinture en feuil mince ou semi-épais selon les prescriptions des présentes règles.

4. Confort

Quels sont les avantages thermiques d'une Isolation Thermique par l'Extérieur ?

Se distinguant des autres techniques d'isolation, répartie ou intérieure, l'Isolation par l'extérieur consiste à placer l'isolant sur les parois extérieures et à le recouvrir d'un revêtement de protection jouant le rôle de finition. Réalisant ainsi – pour reprendre l'appellation du groupement d'industriels du G2M – « un mur manteau », elle permet :

- d'optimiser le traitement des ponts thermiques aux droits des planchers et des murs de refends (*cf. question « Quel est l'impact de l'Isolation Thermique par l'Extérieur sur les ponts thermiques ? p.51*);
- de diminution des déperditions thermiques à travers les parois et donc de faire des économies de chauffage (*cf. question « Quelles sont les économies visées après une Isolation Thermique par l'Extérieur ? » p.10*);
- d'améliorer le confort d'été et d'hiver ;
- de protéger les murs des sollicitations climatiques.

Confort d'été et d'hiver

L'isolation par l'Extérieur participe au confort thermique d'été et d'hiver en profitant de l'inertie thermique de la paroi. Placée à l'Extérieur, l'isolant ne fait pas écran entre l'intérieur du bâtiment et les murs, un échange de calories est ainsi autorisé participant à la régulation de la température intérieure. La sensation de paroi froide est supprimée. En hiver, dans une pièce chauffée, les parois stockent la chaleur et la restituent si l'ambiance intérieure se refroidit. En été, en pratiquant une ventilation nocturne et en utilisant des protections solaires la journée, les murs sont capables d'emmagasinier une partie de la fraîcheur de la nuit et d'atténuer en journée une chaleur excessive, ce qui limite du même coup le recours à la climatisation.

Protection des sollicitations climatiques

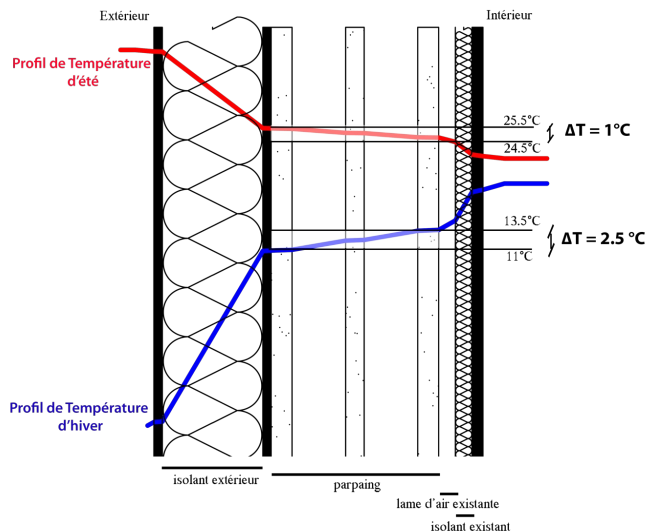
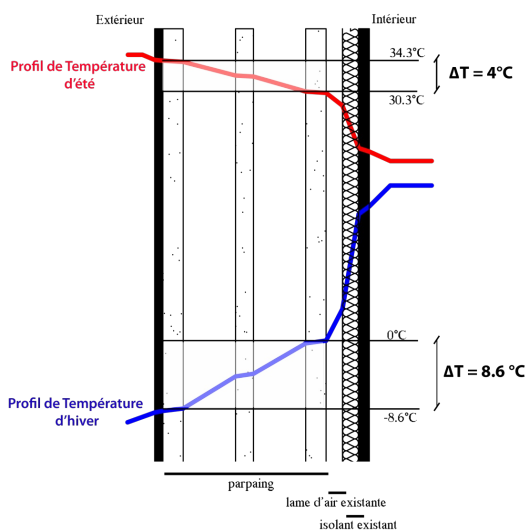
L'isolation par l'Extérieur assure une protection de la structure du bâtiment contre les sollicitations climatiques sources de fissurations et de dégradation du bâti. Les effets sont doubles :

- Le premier effet est de garder des températures homogènes dans le bâti - partie gros œuvre ou encore structurelle -.
- Le second effet est de diminuer la plage de température balayée, entre l'été et l'hiver.

Le premier effet est de garder des températures homogènes dans le bâti - partie gros œuvre ou encore structurelle -.

Exemple étude de cas

Les Figure 11 et Figure 12 ci-dessous montrent le profil de température dans une paroi en été et en hiver. Cette paroi est initialement composée de parpaing de 20cm, sur lequel est fixée, par plots de colle ménageant une lame d'air d'1 à 2 cm, une plaque de polystyrène de 2 cm. On remarque que la différence de température dans le parpaing varie entre 4°C en été et 8.6°C en hiver. Alors qu'une fois isolée par l'extérieur (par 12 cm de polystyrène), la différence de température n'est plus que de 1°C en été et 2.5°C en Hiver.



Ces écarts de température importants dans le gros œuvre sont sources de mouvement de dilatation différentielle pouvant entraîner des fissurations. Au niveau des ponts thermique ce phénomène de dilatation différentielle est accentué. La capacité de l'isolation thermique par l'extérieur de traiter certains ponts thermiques, aux droits des planchers et des murs de refends, diminue d'autant les risques de fissuration du bâti.

Le second effet est de diminuer la plage de température balayée, entre l'été et l'hiver.

Exemple étude de cas

Les Figure 14 et Figure 13 ci-dessous illustrent le choc thermique entre l'été et l'hiver que subit la structure, ici le parpaing. Sans isolation par l'Extérieur, la plage de température balayée entre été et hiver est de 43°C au niveau du parpaing. Avec une isolation par l'extérieur, la plage de température est réduite à 15°C. La structure reçoit moins de sollicitations, elle « bouge » donc moins. L'écart de température est en revanche important dans l'isolant et dans l'enduit qui doivent avoir des caractéristiques techniques adaptées.

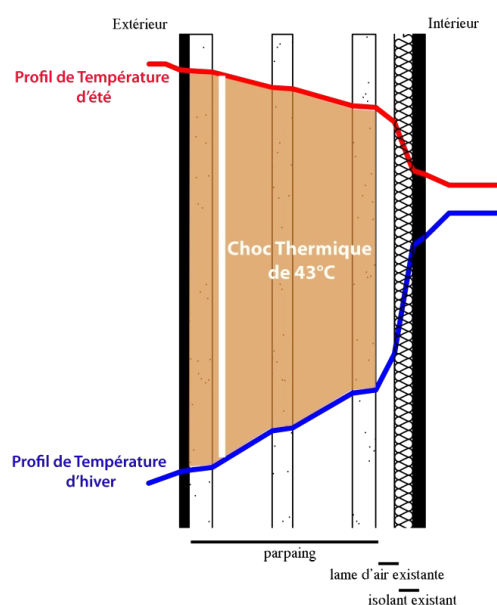


Figure 13 : Choc Thermique avec une paroi en parpaing

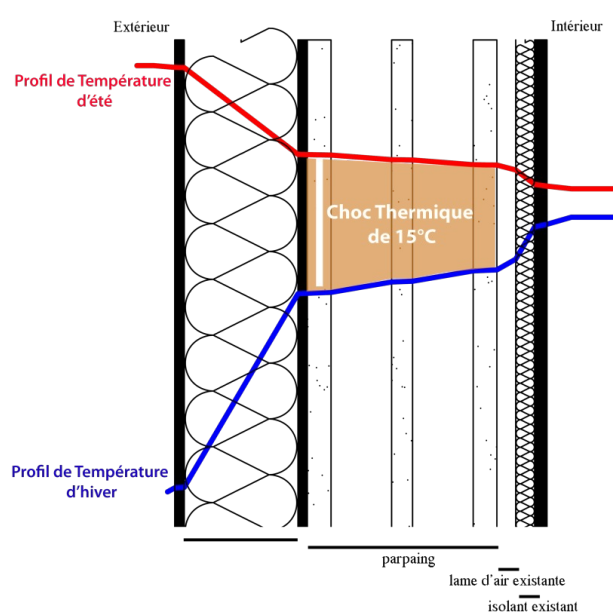


Figure 14 : Choc Thermique avec une isolation thermique par l'extérieur

5. Matériaux et systèmes durables

Existe-il des matériaux durables pour l'isolation par l'Extérieur ?

Durant les dix dernières années, le développement des matériaux isolants écologiques a été extraordinaire. Après plusieurs années de clandestinité, les fabricants ont su s'ouvrir un chemin entre les isolants traditionnels.

La percée a été spectaculaire, aidée par une remise en question des modes de consommation et des différents matériaux traditionnels qui composent le bâtiment.

Ces isolants naturels, qui font parties intégrante du système d'isolation, sont issus de matériaux renouvelables, éventuellement disponibles localement et recyclables. Le lin, le chanvre, le coton sont des plantes cultivées. La laine et les plumes sont des sous-produits de l'élevage. D'autres isolants sont fabriqués à partir de déchets recyclés (cellulose, textile). Les isolants conventionnels, eux, proviennent d'une matière première fossile, le pétrole, dont les ressources sont limitées.

Ces produits offrent des performances thermiques comparables aux matériaux habituels que sont les laines minérales ou le polystyrène. Les isolants naturels représentent une grande diversité de matière se déclinant en panneaux, rouleaux ou flocons en vrac (déposés ou insufflés).

Dans le cas spécifique de l'isolation par l'extérieur, l'isolant doit répondre à plusieurs critères déjà cités dans les questions précédentes comme celui de la rigidité qui facilite la mise en œuvre ou celui du comportement de l'isolant dans un milieu avec un taux d'humidité de l'air important.

Plusieurs isolants ont évolués positivement pour répondre aux exigences de l'isolation thermique par l'extérieur. On peut trouver le chanvre qui est fabriqué en bloque ou la fibre de bois qui est fabriquée en panneaux denses et rigides identiques à ceux de la laine de roche.

Comme isolant naturel utilisable pour l'isolation par l'extérieur on peut citer :

La fibre de bois



Figure 15 : ITE avec
panneaux de fibre de bois
calé-chevillé

Il convient tout d'abord de se renseigner sur l'origine du bois et de s'assurer que les forêts sont gérées durablement, grâce aux labels « Forest Stewardship Council (FSC) » ou « Projet Européen des forêts certifiées (PEFC) ». Les panneaux rigides sont fabriqués avec des colles peu respectueuses de l'environnement (formaldéhydes), il ne faut pas les confondre avec le contreplaqué ou autres panneaux rigides, leur densité est bien plus faible (300kg/m^3).

Les fibres de bois (issues parfois des chutes ou copeaux de scierie de bois non traité) se trouvent également sous forme de panneaux isolants flexibles ou semi-rigides qui, lorsqu'ils sont à base de bois vert naturel, sont liés à l'aide de polyoléfine et d'ammonium de phosphate, sans risque pour la santé ni l'environnement. Ces panneaux sont recyclables, sans liant chimique, ni fibre courte à risque cancérogène.

Ils ont de très bonnes caractéristiques d'isolation thermique et phonique, d'inertie, de régulation d'humidité, de diffusion de la vapeur d'eau, et sont fortement recommandés pour l'isolation des façades. Il existe plusieurs gammes de produits ayant reçu un avis technique.

La laine de chanvre

La culture du chanvre est très « écologique » car il s'accommode des sols pauvres et n'exige aucun traitement chimique, il pousse rapidement en étouffant les mauvaises herbes. Les deux composants principaux du chanvre sont la fibre et la chènevotte. Cardée, effilochée et mélangée à des fibres de polyester, la fibre passe ensuite en cuisson pour être coupée et mise sous forme de rouleaux ou de panneaux. La fibre donne la laine qui isole bien, régule l'humidité et absorbe les nuisances sonores, résiste aux nuisibles sans traitement protecteur, est non toxique, imputrescible et agréable à travailler.



Figure 16 : Mise en oeuvre de bloc de chanvre pour une ITE

En revanche, l'imprégnation par une substance ignifuge (carbone de sodium ou phosphate d'ammonium) s'impose pour obtenir un bon comportement au feu. La chènevotte est la partie boisée de la plante qui véhiculait la sève séchée, tamisée et défibrée. Elle sert à la réalisation de mortiers ou « bétons » de chanvre en la mélangeant avec de la chaux. Ces mortiers peuvent être une solution idéale pour remplir une construction à ossature bois, car ils sont solides, souples, ininflammables et résistants aux nuisibles sans traitement.

Il peut être aussi applicable comme enduit, on peut réaliser facilement une isolation par simple crépissage avec un crépi isolant à base de chaux et de chanvre.

Pour cette solution les enduits extérieurs recevront obligatoirement une finition sous forme soit d'un badigeon soit d'un mortier de chaux grasse.

Il existe une gamme de produits ayant reçu un avis technique.

La paille

Utilisée en ballots superposés comme isolation répartie, la paille est disponible localement partout en France, c'est une matière première économique et relativement facile à mettre en œuvre avec les conseils et l'accompagnement indispensables d'un professionnel expérimenté.

La paille pressée a une conductivité thermique pratiquement aussi faible que les meilleurs isolants, avec une épaisseur minimale de 38 cm, ce qui assure une construction avec une isolation remarquable. Il faut prendre en compte le tassement naturel du matériau et le limiter par une compression mécanique (sangle, chaîne, tige filetée). Elle convient idéalement aux constructions à ossature bois, mais exige de prévoir une dalle ou un mur intérieur pour donner de l'inertie au bâtiment, puisque la paille a une capacité thermique très faible.

Un parement bien jointif minimise les risques de dégradation par les insectes ou les petits rongeurs. La paille est peu sujette aux moisissures, à condition de ne jamais être exposée à l'eau. C'est un matériau sain, naturel, renouvelable, au coût intéressant, elle offre une grande liberté de conception. Des règles de l'art codifiées et un avis technique sont en cours d'élaboration.

Sa résistance au feu et sa mise en œuvre généralement associée au bois sont les seuls inconvénients reprochables à cet isolant qui commence à se développer

Le liège

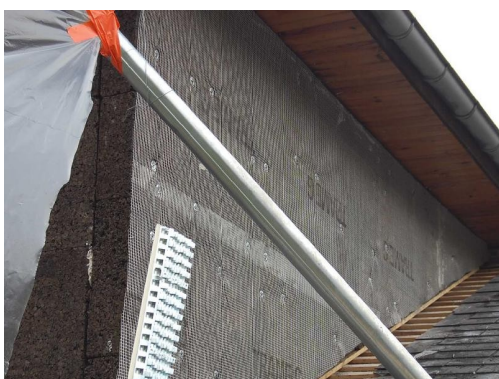


Figure 17 : panneaux de liège expansé

Pour chaque chêne liège, la récolte s'effectue tous les 10 ans, pendant plus de 150 ans. C'est donc un isolant renouvelable, à un rythme très lent, mais de manière très durable. Après sa récolte, le liège repose pendant 3 mois pour évacuer son humidité et sa sève. Ensuite, il est broyé et chauffé pour permettre à la sève résiduelle d'agglomérer les granulés entre eux.

Imputrescible, peu vulnérable aux attaques des rongeurs et des termites, des moisissures, difficilement inflammable, résistant à la compression, intégrable dans

un mortier isolant avec de la chaux, utilisable en milieu humide sans précaution particulière et facile à travailler, le liège se trouve sous forme de granulats en vrac ou en panneaux.

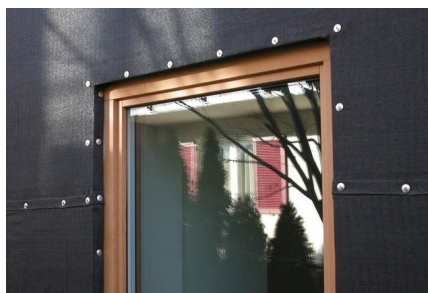
Son élasticité lui permet d'éviter les ponts thermiques en épousant les vis, les clous et autres mauvais traitements et lui confère des qualités anti-vibratiles. Grâce à ses performances en termes d'isolation tant thermique que phonique, il ne craint aucun autre matériau, naturel ou pas.

Il existe plusieurs gammes de produits ayant reçu une certification.

Existe-il des innovations en terme d'Isolation par l'Extérieur ?

Maison passive à Feldkirch, Allemagne - Architecte Walter Unterrainer

Cette maison passive a la particularité d'avoir un revêtement de façade constitué d'une seule couche de toile tendue noire de polyéthylène recyclé maintenue par des fixations inox. Ce matériau est utilisé à l'origine dans les jardins pour recouvrir des végétaux poussant au ras du sol. Derrière ce textile se cache l'ITE. Le faible coût du revêtement compense sa fragilité (déchirure, résistance au UV plus de 20 ans, plusieurs coloris disponibles).



La mauvaise résistance au feu et la fragilité de ce revêtement le pénalisent selon le classement Revêtir, mais il représente une certaine originalité dans le fait qu'il rend le bâtiment dynamique du point de vue esthétique.

ENERGY PANEL DE KINSPAN un panneau isolant chauffant



Kingspan EnergiPanel TM suit le même système constructif que des panneaux sandwich avec les ????. Le principe consiste à récupérer la chaleur accumulée dans chacune des rainures.

Ce système est généralement installé sur la face la plus au Sud du toit et / ou des élévations murales pour une efficacité optimale de la performance du chauffage.

La face extérieure du système se réchauffe instantanément sous l'effet du rayonnement solaire. Cette chaleur induit une circulation d'air à l'intérieur des rainures permettant de transférer la chaleur vers l'intérieur du bâtiment. Plus la couleur de la face externe est foncée plus le taux d'absorption est élevé et donc plus la performance du système est optimale.

Ce type de matériaux répond à la demande des industriels qui souhaitent compenser l'énergie du process industriel avec l'énergie solaire, le matériau joue un double rôle ; capter l'énergie et isoler le bâtiment de l'extérieur.

QUESTIONS COMMUNALES

A. Problématiques

Deux questions peuvent se poser lorsqu'un propriétaire souhaite mettre en œuvre la solution Isolation thermique par l'Extérieur :

- la question de l'empiètement de la sur-épaisseur ainsi créée (par le complexe isolant) sur l'espace public ou sur la propriété voisine lorsque le bâtiment est en bordure d'espace public et/ou en mitoyenneté du voisinage
- la question de la compatibilité de l'aspect architectural et de l'emprise en volume du bâtiment avec les règlements locaux d'urbanisme définissant l'usage du sol

Quels sont les contraintes liées à l'emprise sur l'espace public et l'espace privé ?

L'isolation par l'extérieur se heurte d'abord au problème majeur de la propriété du sol sur lequel elle est construite. La loi du 3 août 2009 dite « Grenelle I » prévoit de traiter cette question tout en renvoyant à des textes ultérieurs.

Pour aborder cette problématique, les contraintes liées à l'emprise sur le domaine public sont à distinguer de celles découlant de l'emprise sur le domaine privé d'un tiers.

Emprise sur le domaine public

Les occupations ou utilisations du domaine public sont soumises à autorisation selon l'article L. 2122-1 du Code général de la propriété des personnes publiques. Cependant dans les faits, une autorisation ne semble pas toujours être demandée en cas d'isolation par l'extérieur. Les personnes publiques responsables doivent composer avec le droit du domaine public qui n'est pas a priori favorable à cette technique.

« ... Permettre la mise en œuvre de travaux d'amélioration de la performance énergétique des bâtiments, notamment l'isolation extérieure, en adaptant les règles relatives à la protection du domaine public »

Art 7- II f de la loi Grenelle 1

En l'état actuel du droit, deux solutions peuvent être envisagées :

- La première consiste à déclasser le domaine public pour le revendre, mais la procédure est lourde, onéreuse et complexe à mettre en œuvre ;
- La seconde, qui consiste à autoriser l'occupation du domaine public (sous la forme juridique d'une autorisation d'occupation temporaire (AOT)), est plus souvent pratiquée. .

▪

Occupation du domaine public

La prise de mesures facilitant l'occupation du domaine public assure une réponse à court terme aux problématiques liées à l'empiètement de l'isolation par l'extérieur sur le domaine public.

Le cadre général de ces autorisations d'occupation du domaine public est le suivant :

- elles sont précaires et révocables ;

- elles doivent donner lieu au paiement d'une contrepartie sous forme d'une redevance ;
- elles sont temporaires : à l'issue du titre d'occupation, qui ne peut pas excéder 70 ans, les ouvrages installés sur le domaine public doivent être démolis, sauf si le titre d'occupation prévoit le contraire ou si l'autorité compétente renonce à la démolition ; si les ouvrages ne sont pas démolis, ils deviennent la propriété de la personne publique.

A droit constant, les autorités compétentes peuvent, pour faciliter les occupations du domaine public en cas d'isolation par l'extérieur, prévoir plusieurs mesures, dont certaines ne sont toutefois pas totalement sécurisées juridiquement :

- permettre dans le PLU des « surépaisseurs » pour les bâtiments existants à isoler par l'extérieur, à l'instar de communes comme Paris, ce qui, toutefois, règle la question de l'aspect extérieur des façades mais pas de l'empiètement sur l'espace public. (voir ci-dessous)
- mettre en cohérence les délais d'instruction des autorisations pour occupation du domaine public routier avec ceux de la délivrance du permis de construire ou de la déclaration préalable afin de ne pas retarder les projets de rénovation ;
- organiser une instruction conjointe de ces deux procédures lorsqu'elles relèvent de la même personne publique ;
- ne pas exiger d'autorisation pour les travaux d'isolation qui sont réalisés à partir du premier étage des immeubles (mais y-a-t-il "occupation" du domaine public et nécessité d'un permis de stationnement en étage des bâtiments ?) ;
- fixer un tarif de redevance le plus faible possible ou une redevance compensée sur des critères locaux (mais est-ce possible d'avoir une très faible redevance compte tenu des règles jurisprudentielles applicables au domaine public des collectivités territoriales ?) ;
- veiller à ce que les autorisations d'occupation prévoient bien que les ouvrages ne seront pas détruits à l'expiration du titre d'occupation.

Dans tous ces cas de figure, les personnes publiques gestionnaires du domaine ne peuvent cependant pas autoriser l'empiètement dans tous les cas (considérations d'ordre architectural, plans d'alignement ...). Elles devront rester vigilantes à ne pas provoquer une altération des capacités de circulation (routière ou piétonne, sur la voirie et les trottoirs), une gêne à l'exploitation des réseaux, une entrave au respect des normes relatives au déplacement des personnes handicapées

Domaine privé

La pose d'un isolant par un propriétaire en limite séparative avec une propriété privée voisine est encore plus délicate et ne peut résulter que d'un accord entre voisins.

Deux cas peuvent être rencontrés.

Dans le premier, l'isolation par l'extérieur déborde en surplomb du bâtiment voisin. Le propriétaire doit obtenir l'accord de son voisin et définir avec lui les questions d'entretiens des ouvrages (a priori, l'entretien d'un mur mitoyen en surplomb d'un immeuble bâti revient au propriétaire du bâtiment en surplomb) Le voisin peut donner son accord sans renoncer à utiliser l'espace correspondant : si ce surplomb advenait à disparaître du fait de la construction en mitoyenneté d'un nouvel immeuble ou du réhaussement de l'immeuble voisin existant, on peut de toute façon considérer que l'isolation perd alors sa raison d'être.

Dans le cas d'une isolation dès le rez-de-chaussée, un accord tacite entre voisin peut suffire mais il peut être nécessaire de faire appel à un notaire pour une cession de bande de parcelle, c'est à dire un transfert de propriété.

Dans tous les cas, l'accord préalable et écrit du voisin est indispensable.

Comment les articles du PLU peuvent être modifiés afin de favoriser l'Isolation Thermique par l'Extérieur ?

Le PLU reste l'outil urbanistique pour gérer toutes les actions de construction ou de modification d'aspect des bâtiments existants. Le PLU peut prévoir les opérations d'amélioration énergétique et spécialement la mise en place d'isolation thermique par l'extérieur, voire éventuellement les faciliter.

Sur cet aspect, la mairie de Paris a adopté dans son PLU des dispositions facilitantes qui sont exemplaires pour les collectivités locales qui souhaitent susciter les initiatives d'amélioration énergétique de la part des propriétaires des bâtiments existants.

Les trois articles du PLU de Paris qui fixent les gabarits et les éléments en saillie de bâtiment existants sont un exemple de formulation possible des PLU afin de valoriser l'isolation thermique par l'extérieure. La possibilité d'empiéter de 20 cm sur le domaine public s, facilite l'utilisation de l'isolation par l'extérieur. Le dépassement des gabarits est également nécessaire afin d'installer une isolation performante en rehaussant la toiture.

Exemple étude de cas

L'immeuble en copropriété étudié est en limite de voirie mais procède des commerces au Rez-de-chaussée. Les commerce bénéficient d'une épaisseur de sailli de leur devanture sur l'espace public. L'immeuble pourrait donc profité de cet empiètement autorisé de 20 cm pour l'isolation par l'extérieur des étages supérieurs.

« UG.10.1 - Plafonnement des hauteurs :

4°- Travaux sur les constructions existantes :

Certains éléments de construction à caractère technique (machineries d'ascenseurs, chaufferies, conduits de cheminées, armoires relais d'installations d'émission ou de diffusion, antennes...), ainsi que les édicules d'accès et les dispositifs de sécurité nécessaires, peuvent être admis en dépassement localisé de la hauteur atteinte par les constructions, ainsi que de la cote résultant de l'application du présent article UG.10, à condition :

_ Que ces éléments, édicules ou dispositifs ne soient pas constitutifs de surface hors œuvre nette supplémentaire au-dessus de la cote résultant de l'application du présent article UG.10,

_ Que leur aspect architectural soit satisfaisant au regard des dispositions de l'article UG.11 ci-après.

Les dispositifs destinés à économiser de l'énergie ou à produire de l'énergie renouvelable dans les constructions, tels que panneaux solaires thermiques ou photovoltaïques, éoliennes, toitures végétalisées, **rehaussement de couverture pour l'isolation thermique...**, peuvent faire l'objet d'un dépassement de hauteur dans le respect des dispositions de l'article UG.11 relatives à l'aspect des constructions. »

« UG.11.2.3 - Saillies des dispositifs destinés à économiser de l'énergie ou à produire de l'énergie renouvelable dans les constructions :

1°- Constructions existantes :

Les dispositifs destinés à économiser de l'énergie ou à produire de l'énergie renouvelable dans les constructions, tels que panneaux solaires thermiques ou photovoltaïques, éoliennes, toitures végétalisées, rehaussement de couverture pour **l'isolation thermique...**, sont autorisés en saillie des toitures à condition que leur volumétrie s'insère harmonieusement dans le cadre bâti environnant.

L'isolation par l'extérieur est autorisée en saillie des façades des constructions existantes, dans le respect des dispositions de l'article UG.11.1.1 ci-avant. **La saillie est limitée à 0,20 mètre** sur l'alignement de la voie publique ou la limite qui en tient lieu dans une voie privée. Cette saillie peut toutefois être augmentée pour des motifs liés à la nature de la façade à isoler, à la solution technique environnementale mise en œuvre ou à la nécessité de reconstituer les reliefs existants ».

« UG.11.1.4 - Traitement des rez-de-chaussée et devantures en façade sur les espaces publics :

2°- Devantures :

Les devantures, qui participent de façon très importante à l'animation commerciale et visuelle de la ville, doivent s'intégrer de la façon la plus harmonieuse possible au cadre bâti et à son patrimoine. Les dispositifs comportant des locaux directement ouverts sur voie (de type comptoir sans devanture) sont proscrits.

Les règles suivantes doivent être respectées pour assurer une bonne insertion des devantures :

en cas de devantures se développant à rez-de-chaussée sous une corniche ou un bandeau filant, ceux-ci doivent être reconstitués s'ils ont été supprimés ou endommagés ;

la réalisation de devantures se développant sur deux ou plusieurs niveaux ne peut être autorisée que lorsque l'architecture du bâtiment le permet ou a été conçue dans ce sens (rez-de-chaussée entresolé...) ;

les devantures peuvent être implantées, soit en saillie par rapport au plan de la façade pour les devantures dites "en applique", soit en retrait limité (10 à 20 cm) pour les devantures dites "en feuillure".

Dans tous les cas, les devantures doivent s'inscrire dans la composition architecturale des façades sans masquer ou recouvrir (partiellement ou totalement) des baies, appuis de portes ou de fenêtres, porches, moulurations, consoles de balcons...

Dans le cas où une devanture se développe sur deux bâtiments contigus, leur limite doit être clairement marquée (partie pleine, joint creux, descente d'eaux pluviales visible...).

Les matériaux et couleurs des devantures proposés doivent être en accord avec l'architecture du bâtiment qui les supports ; en particulier pour les devantures en applique les matériaux choisis doivent exprimer le caractère non porteur du dispositif (bois, verre, métal peint ou traité...) de préférence à de la pierre ou à des matériaux de placage lourds. Le vitrage doit être le plus clair possible et non réfléchissant.

Les devantures doivent comporter une vitrine implantée préférentiellement à l'alignement ; dans le cas de retrait un dispositif de fermeture à l'alignement doit être prévu.

Les coffres et grilles de fermeture doivent être, sauf impossibilité technique ou architecturale manifeste, implantées intérieurement, en retrait des vitrines ; le choix du système de protection doit maintenir les transparences visuelles, sous réserve de nécessités liées à la sécurité.

Les devantures peuvent comporter une saillie décorative de 0,20 mètre au maximum par rapport au plan de la façade, ainsi qu'en partie supérieure, à une hauteur de 2,50 mètres minimum par rapport au niveau du trottoir, un caisson support d'enseigne en bandeau d'une saillie de 0,40 mètre au maximum. Le bandeau supérieur doit avoir une hauteur de 0,80 mètre au maximum de façon à éviter les effets d'horizontalité qui nuisent à la bonne lecture des proportions de la hauteur sous linteau ou poutres des rez-de-chaussée.

Dans le cas où la devanture existante présente un intérêt historique ou architectural, le maintien, la restitution ou la réfection de la devanture peuvent être exigés.

Les devantures sont soumises aux prescriptions particulières relatives aux saillies prévues ci-après (saillies décoratives et d'ouvrages d'aménagement accessoires). »

L'Isolation Thermique par l'Extérieur est-elle adaptée à tous les bâtiments ?

« Les travaux d'isolation par l'extérieur ne doivent pas entraîner de modification de l'aspect de la construction en contradiction avec les protections prévues pour les secteurs sauvegardés, les zones de protection du patrimoine architectural, urbain et paysager, les abords des monuments historiques, les sites inscrits et classés, les sites inscrits sur la liste du patrimoine mondiale de l'UNESCO ou tout autre préservation édictée par les collectivités territoriales, ainsi que pour les immeubles bénéficiant du label patrimoine du XXe siècle et les immeubles désignés par l'alinéa 7 de l'article L.123-1 du code de l'urbanisme. »

Article 6 de l'arrêté ministériel du 3 mai 2007 relatif à la performance énergétique des bâtiments existants

Concrètement, l'isolation par l'extérieur devient donc impossible pour des bâtiments à valeur patrimoniale ou architecturale. D'une manière générale les constructions en pierre de taille, en bois ou en brique apparente, à colombage, en façade en verre, les bâtiments haussmanniens ne sont pas isolables par l'extérieur quelque soit le mode d'implantation.

A l'inverse, tous types de bâtiments possédant déjà une isolation par l'extérieur peuvent voir cette dernière renouvelée quelque soit le mode d'implantation. Une isolation par l'extérieur obsolète d'immeuble tertiaire ou d'habitation, de maison individuelle, d'Etablissement recevant du public (école, gendarmerie, musée, etc.) ou de bâtiment industriel peut être renouvelée ou renforcée en suivant Les Règles Professionnelles pour l'Entretien et la Rénovation des Systèmes d'Isolation Thermique par l'Extérieur (Etics).

La possibilité d'isoler un bâtiment par l'extérieur ne dépend pas seulement de l'aspect architectural de ce dernier. Le mode d'implantation du bâtiment par rapport à la parcelle et aux limites séparatives avec le domaine public et les voisins privés est à prendre en compte. Un bâtiment implanté de manière isolée sur sa parcelle (Figure 18) sans qu'il soit sur une limite séparative avec une parcelle voisine ou le domaine public est favorable à recevoir une isolation thermique par l'extérieur.

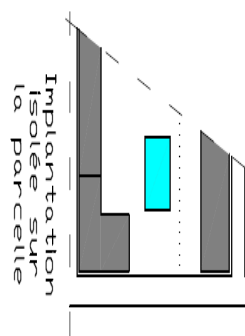


Figure 18 :
Mode d'implantation 1

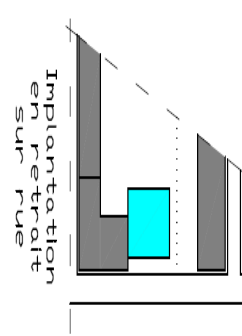


Figure 19 :
Mode d'implantation 2

De même un bâtiment implanté en retrait (Figure 19) par rapport aux limites séparatives avec l'espace public autorisant l'ajout d'une surépaisseur en façade sans dépassement de l'alignement de la rue est favorable à recevoir une isolation thermique par l'extérieur.

Pour tous les autres modes d'implantation, sur une limite séparative d'une propriété privée voisine (Figure 21) ou avec le domaine privé en alignement sur rue (Figure 22) ou sur Rez-de-jardin (Figure 20), l'isolation par l'extérieur reste possible sous conditions.

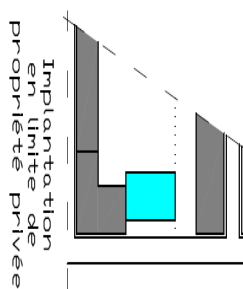


Figure 21 :
Mode d'implantation 3

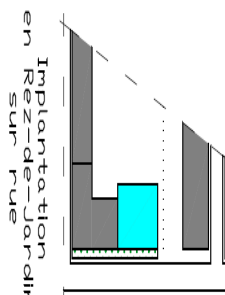


Figure 20 :
Mode d'implantation 4

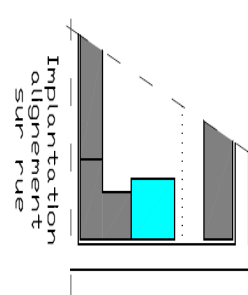


Figure 22 :
Mode d'implantation 5

B. Obstacles

Dans le cas d'une isolation thermique par l'extérieur, l'épaisseur de l'isolant est elle prise en compte dans le calcul des surfaces hors œuvres (SHOB, SHON, COS) ?

Le décret n°2009-1247 du 16 Octobre 2009 a supprimé une contrainte importante faisant face au développement des travaux de l'isolation thermique par l'extérieur. Selon l'article R.112-2 l'épaisseur d'un isolant placé à l'extérieur d'un mur était prise en considération dans le calcul de la SHOB, ce qui influençait directement le calcul de SHON et faisait augmenter ainsi les taxes d'urbanismes. Après la publication du décret n°1247 du 16 Octobre 2009 modificatif de l'article R.112-2 du code l'urbanisme, les surfaces extérieures apportées par l'isolation thermique par l'extérieur ne sont plus prises en considération dans les calculs des surfaces hors œuvres (SHOB et SHON). Cette modification représente une révolution importante dans le choix de l'isolation thermique par l'extérieur en rénovation.

« Les surfaces de plancher supplémentaires nécessaires à l'aménagement d'une construction existante en vue d'améliorer son isolation thermique ou acoustique ne sont pas incluses dans la surface de plancher développée hors œuvre brute de cette construction ».

Décret n°2009-1247 du 16 octobre 2009 relatif à la surface hors œuvre des constructions

En résumé, les conséquences du décret modificatif sont :

- il permet d'exclure ces isolations des taxes d'urbanisme, puisque celles-ci sont calculées sur la base de la surface de plancher hors œuvre nette (SHON), laquelle correspond à la SHOB après déduction des éléments énumérés à l'article R.112-2 du code de l'urbanisme ;
- il permet également de ne pas exiger un permis de construire auquel étaient soumis jusqu'à présent les travaux d'isolations par l'extérieur supérieures au seuil de vingt mètres carrés de SHOB. Un contrôle a priori minimum subsiste toutefois puisqu'une déclaration préalable est nécessaire si l'isolation a pour effet de modifier l'aspect extérieur du bâtiment ce qui est presque toujours le cas (article R.421-17.a du code de l'urbanisme) ;

- il permet, enfin, de réaliser une isolation extérieure en surdensité, c'est-à-dire lorsque le coefficient d'occupation des sols (COS) maximum est déjà atteint. En effet, l'isolation extérieure des constructions ne faisant plus varier la SHOB ni, par voie de conséquence, la SHON, elle n'est donc plus limitée par le COS qui sert à déterminer la SHON pouvant être construite (article R.123-10 du code de l'urbanisme).

L'isolation thermique par l'extérieur d'une extension permet elle une bonification du COS ?

La bonification du coefficient d'occupation des sols (COS) pour les constructions ou rénovations performantes sur le plan énergétique ouvre des perspectives tout à fait intéressantes pour les collectivités locales et l'ensemble des maîtres d'ouvrage. Inscrite dans la loi Pope¹ de 2005, ses conditions de mise en œuvre sont précisées dans les arrêtés du 3 mai 2007 relatifs aux conditions à remplir pour bénéficier du dépassement de COS et aux contenu et conditions d'attribution du label "haute performance énergétique".

Cependant l'utilisation de l'isolation thermique par l'extérieure pour une futur extension ne fait pas partie des critères requis pour bénéficier d'une bonification de COS. L'atteinte du label THPE 2005 passe néanmoins par une enveloppe performante et de ce fait, l'isolation par l'extérieur est une réponse.

Art. L. 128-1. Le dépassement du coefficient d'occupation des sols est autorisé, dans la limite de 20 % et dans le respect des autres règles du plan local d'urbanisme, pour les constructions remplissant des critères de performance énergétique ou comportant des équipements de production d'énergie renouvelable ».

Un décret en Conseil d'Etat détermine les critères de performance et les équipements pris en compte.

La partie de la construction en dépassement n'est pas assujettie au versement résultant du dépassement du plafond légal de densité.

« Art. L. 128-2. Les dispositions de l'article L. 128-1 sont rendues applicables dans la commune par décision de son conseil municipal ».

Chapitre VIII du code de l'urbanisme complété par l'article 30 de la loi POPE

¹ Programme fixant les Orientations de la Politique Energétique de la France

Quelles sont les particularités pour l'amélioration énergétique des immeubles en copropriété ?

La copropriété, qui compte 8,4 millions de logements, soit un peu plus du quart du parc résidentiel français selon l'Insee (enquête nationale logement 2006), présente une vraie spécificité.

A la différence d'une maison individuelle ou d'un bâtiment en mono propriété (la copropriété est un mode d'organisation de la propriété immobilière collective, qui peut concerner aussi bien un immeuble d'habitation qu'un immeuble de bureaux ou d'activités), la diversité des acteurs dans un immeuble en copropriété rend la prise de décision beaucoup plus difficile. Le vote des travaux dans un immeuble en copropriété est soumis à un formalisme très strict. Les majorités exigées par la loi de 1965 varient selon le type de travaux envisagés.

La loi Grenelle II, promulguée le 13 juillet 2010 assouplit les conditions de majorité exigées pour le vote de travaux d'économie d'énergie ou de réduction des émissions de gaz à effet de serre. .

Jusqu'à présent, seuls les travaux d'économie d'énergie amortissables sur moins de dix ans et énumérés par le décret du 15 septembre 1987 pouvaient être votés à la majorité absolue de l'article 25 (majorité des voix de tous les copropriétaires). Les autres travaux d'économie d'énergie devaient être votés à la double majorité de l'article 26, plus difficile à réunir (majorité en nombre des copropriétaires représentant 2/3 des voix de tous les copropriétaires).

Désormais, tous les travaux d'économie d'énergie sans distinction sont votés à la majorité absolue de l'article 25 (la majorité simple est celle prévue à l'article 24)

..

Toujours pour les travaux d'économie d'énergie ou de réduction des émissions de gaz à effet de serre, la loi Grenelle 2 a également introduit la notion de travaux d'intérêt collectif sur parties privatives en copropriété. Elle déroge ainsi au principe selon lequel l'assemblée générale ne peut prendre de décisions qu'en ce qui concerne les parties et équipements communs, les parties privatives relevant du seul copropriétaire, étant précisé que la répartition entre parties communes et parties privatives est opérée par le règlement de copropriété de chaque immeuble, et seulement à défaut par la loi.

L'assemblée générale pourra donc voter, à la majorité absolue de l'article 25, des travaux sur les parties privatives de tout ou partie des copropriétaires, à leurs frais, sauf si ces derniers démontrent qu'ils ont

Petit Rappel

Une copropriété est un système à 3 acteurs :

Syndicat de copropriétaires (représenté en fonction de ses tantièmes)

Décide en vote en assemblée générale de tout ce qui concerne la copropriété

Le conseil syndical (3 ou 4 personnes qui contrôle et assiste le syndic, c'est la proximité)

Donne les attentes sur l'immeuble, doit contrôler les factures et les comptes, prépare les assemblées générales

Le syndic (professionnel ou bénévole)

Exécute les décisions de l'assemblée générale, ne prend pas d'initiative...

tient les compte, suis les contrats, les ventes

réalisé des travaux équivalents au cours des 10 dernières années. A titre d'exemple, ces travaux pourraient concerner les fenêtres, les volets, les radiateurs,

Toutefois, ce dispositif nouveau ne sera applicable qu'après publication d'un décret en Conseil d'Etat, qui définira notamment la nature des travaux d'intérêt collectif sur parties privatives concernés.

Parmi les autres mesures phares du Grenelle 2, figurent également :

- la réalisation obligatoire, , d'un audit énergétique pour les immeubles à usage principal d'habitation en copropriété de 50 lots ou plus équipés d'un système de chauffage ou de refroidissement collectif, et dont la date de dépôt de la demande de permis de construire est antérieure au 1er juin 2001 (c'est à dire à la date d'entrée en vigueur de la RT 2000). Pour les autres immeubles en copropriété équipés d'une installation collective de chauffage ou de refroidissement (immeubles à usage principal d'habitation de moins de 50 lots, immeubles à usage mixte ou à usage autre que d'habitation quel que soit le nombre de lots), , la loi instaure un Diagnostic de Performance Energétique (DPE) collectif qui doit être réalisé dans les 5 ans à compter du 1er janvier 2012.
- L'inscription obligatoire à l'ordre du jour de l'assemblée générale qui suit la réalisation de l'audit ou du DPE de la question d'un plan pluriannuel de travaux d'économies d'énergie ou d'un contrat de performance énergétique.
- Le vote à la majorité de l'article 25 de l'installation de compteurs d'énergie thermique ou de répartiteurs de frais de chauffage.

En cas de réalisation d'un audit, la présentation orale de ce dernier est donc l'occasion de faire le point sur ces modifications législatives et réglementaires.

Les aides financières comme l'éco-subsidation de l'ANAH, le crédit d'impôt ou l'éco-prêt à taux zéro ne sont pas adaptés à la copropriété. Le PTZ individuel en copropriété ne représenterait que 1% des prêts accordés. L'association Planète Copropriété et la FNAIM réitèrent leur proposition de rendre obligatoire les fonds travaux énergétiques. Planète Copropriété propose en outre d'étendre l'audit et les Contrats de Performance Energétique (CPE) à l'ensemble des copropriétés.

QUESTIONS TECHNIQUES

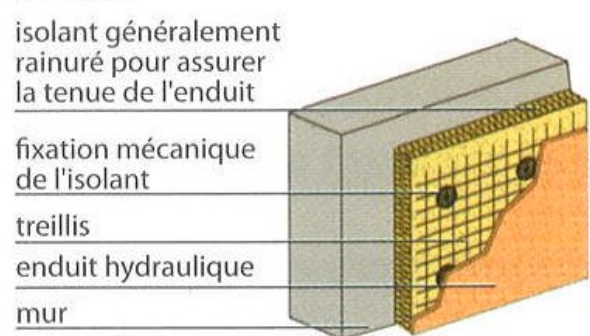
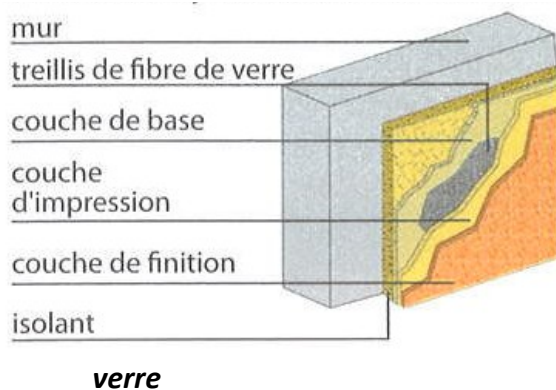
A. Systèmes

Quels sont les différents types de procédés d'Isolation Thermique par l'Extérieur pour les façades sur le marché ?

Les procédés d'isolation thermique par l'extérieur se partagent en deux grandes familles selon que le support, l'isolant, le revêtement de finition sont solidaires ou non : filière humide d'un côté avec les enduits sur isolants (mince ou hydraulique) et filière sèche de l'autre avec les systèmes de bardage, vêtture et vêtage ainsi que les contre murs en briques.

Les enduits minces sur isolants, les plus répandus, représentent environ 50% des surfaces couvertes et trouvent des applications sur tous les types d'habitat. Les bardages rapportés, 25%, et les vêtures 10% sont plus typés « habitat collectif », les enduits hydrauliques, les contre mur en brique et les façades semi rideau se partagent les 15% restant.

Les systèmes avec enduit mince, à base de liant de synthèse, armé d'un treillis de verre et les systèmes avec enduit hydraulique plus épais, armé d'un treillis métallique ou de



Les systèmes avec enduit mince (Figure 23) se composent d'un isolant fixé sur l'extérieur de la paroi et d'un enduit spécifique armé d'un tissu de fibre de verre et de l'enduit de finition.

Dans le cas d'un enduit hydraulique (Figure 24) sur isolant, l'enduit mince est remplacé par un enduit hydraulique (mortier) généralement projeté. La tenue aux chocs dans les endroits exposés est meilleure et l'entretien plus aisé en zone urbaine.

Figure 23 : Enduit mince

Figure 24 : Enduit hydraulique

Les systèmes avec bardage (Figure 26 et Figure 25)

Les revêtements rapportés de type bardage sont constitués d'une paroi extérieure-le revêtement-fixée sur une ossature, elle-même accrochée mécaniquement à la paroi support. Un produit isolant est fixé entre ou derrière l'ossature contre la paroi support. Une lame d'air continue et ventilée sur l'extérieur doit toujours être réservée entre la paroi extérieure et l'isolant.

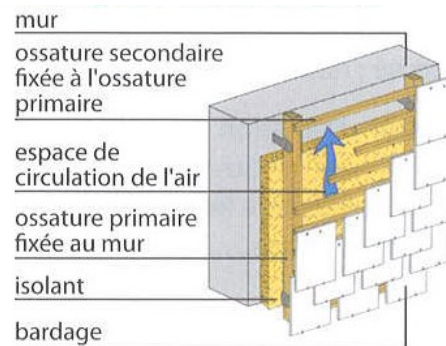
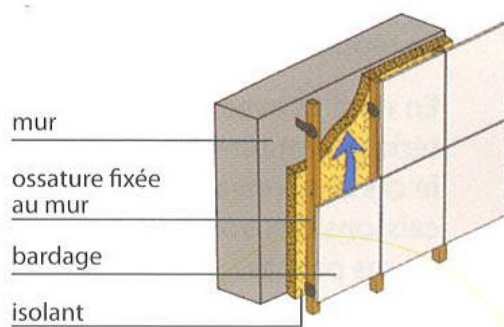


Fig Figure 25 : Bardage à ossature double

Isolation thermique avec peau incorporée type vêtue

A la différence des bardages, les vêtues (Figure 27) sont des produits manufacturés, se composant d'une plaque de parement et d'un isolant associé le plus souvent par collage déjà prémontées en usine. De plus, elles ne comportent pas de lame d'air entre le bardage et l'isolant comme c'est le cas pour un bardage rapporté. Dans le cas d'un support ancien non isolé, elles évitent de lourds travaux de préparation. Les vêtues peuvent en outre être rapportées sur une isolation extérieure existante dont l'épaisseur ne serait pas suffisante. La pose d'une vêtue est grandement simplifiée par rapport à un bardage puisqu'elle ne nécessite qu'une seule opération : les panneaux s'emboîtent les uns aux autres et se fixent mécaniquement. La pose de vêtues peut donc être un moyen de réduire considérablement les temps d'intervention sur le chantier. Cependant elle requiert un travail amont important. Un calepinage précis doit être effectué pour prendre en compte toutes les ouvertures et les points singuliers de l'ouvrage. A ce titre, des pièces sur mesures doivent être réalisées en ateliers pour intégrer les spécificités du chantier.

A ne pas confondre avec les vêtues, les vêtages (Figure 28) sont des éléments d'habillage sans isolant intégré qui se fixent mécaniquement à la structure porteuse sans utilisation d'ossature intermédiaire comme c'est le cas pour un bardage.

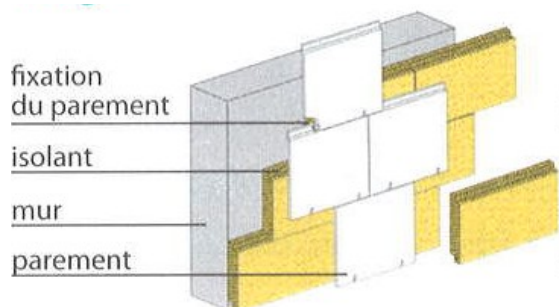
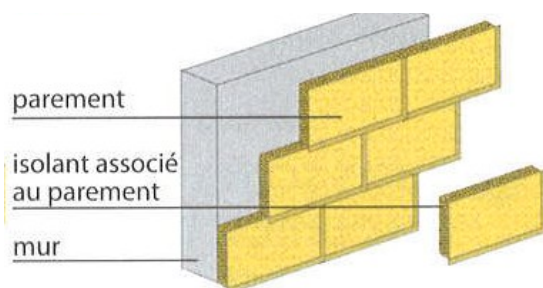


Figure 27 : V

Figure 28 : Vêtage

Enfin les enduits isolant sont constitués de mortiers auxquels sont incorporées des particules de matériaux isolants (billes de polystyrène expansé, vermiculite exfoliée, etc.) Généralement appliqués en trois couches, ils ne permettent pas d'obtenir des résistances

thermiques équivalentes à celles atteintes par les autres procédés. Ils sont réservés aux parois déjà isolées fortement pas l'intérieur auxquelles on souhaite apporter un complément d'isolation.

Quels sont les différentes techniques de fixation de l'isolant à la façade ?

La fixation de l'isolant peut s'effectuer de trois manières différentes :

- Par collage (par plot, en boudin ou à la taloche) : La pose collée est exécutée sur support neuf, non contaminé par des huiles de démoulage. C'est elle qui offre la meilleure résistance au déboutonnage ;
- Par fixation mécanique seule (par chevillage, sur rails, sur ossatures,...) : sans calage préalable, est utilisé dans la construction bois où les isolants sont simplement vissés sur la structure bois. Elle concerne également la pose de polystyrène rainuré sur rails ;
- Ou mixte (collage et fixation) appelé encore « calé-chevillé » : La pose calée et chevillée est quand à elle préconisée sur support ancien.

Quels sont les différents types de revêtements ?

Les revêtements en filière sèche type bardage, vêtture et vêtage

Le revêtement en filière sèche se décline dans tous types de matériaux naturels ou composites : bois, acier, zinc, ardoise, brique, céramique, pierre naturelle, pierre reconstituée, fibre ciment, stratifié, mais aussi verre clair ou émaillé et panneau photovoltaïque. Il existe aussi des plaques de bardage destinées à recevoir un enduit mince qui offrent ainsi la possibilité d'enduire des façades fortement dégradées ou présentant des désaffleurements importants, ou encore de s'affranchir des limites de teinte des enduits sur isolant.

Les revêtements en filière humide type enduit

Parmi les produits on distingue les enduits organiques, des enduits hydrauliques, ou minéraux. Représentants plus de 85% du marché, les premiers sont des systèmes minces, de moins de 10 mm d'épaisseurs, formulés à partir de produits pétroliers qui leur confère une grande élasticité. Il existe des enduits minces prêts à l'emploi qui, hormis leur facilité d'utilisation, garantissent une homogénéité d'aspect sur l'ensemble de l'enveloppe.

De l'autre côté, les enduits hydrauliques ont des épaisseurs plus importantes, de l'ordre de 1.5 à 2 cm, et leur composition fait apparaître du ciment ou de la chaux. Traditionnellement utilisé en maisons individuelles, ils sont de plus en plus mis en œuvre sur des bâtiments collectifs et tertiaires.

L'enduit assure l'étanchéité à l'eau et l'aspect décoratif de la façade. Il existe une grande variété de composition, de teinte et d'état de surface : lisse, gratté, tyrolien,...) Il doit être également perméable à la vapeur d'eau afin de laisser s'évacuer l'humidité, présenter une bonne résistance mécanique pour ne pas fissurer, adhérer au support et résister aux chocs.

Quelles caractéristiques doit avoir l'isolant ?

Enjeu principal de l'ITE, la performance thermique est bien sûr liée aux caractéristiques thermiques de l'isolant. Les notions les plus importantes à avoir en tête pour définir ces caractéristiques thermiques sont :

- La conductivité thermique (λ en $W/(m.K)$) qui représente la quantité de chaleur que laisse passer un mètre de matériau.
 - ➔ Plus la conductivité λ est faible, plus le matériau est isolant
- L'épaisseur (e en mm)
 - ➔ Plus l'épaisseur est importante, meilleure est l'isolation
- La résistance thermique (R en $m^2.K/W$) qui représente la capacité d'isolation du matériau en fonction de l'épaisseur installée.
 - ➔ Plus R est grand, meilleure est l'isolation
- Le coefficient de transfert thermique (U en $W/m^2.C$) qui représente le flux de chaleur à travers une paroi.
 - ➔ Plus U est petit, meilleure est la performance thermique
- La chaleur spécifique (en Kg/K) qui représente la quantité de chaleur (énergie) nécessaire pour élever d'un degré une masse d'un Kg de ce matériau.
 - ➔ Intuitivement, la chaleur spécifique rend compte de la capacité d'un matériau à stocker la chaleur par rapport à sa masse, c'est l'inertie du matériau.

A titre indicatif et pour confirmer la nécessité de poser un isolant, la Figure 29 compare l'épaisseur nécessaire de différents matériaux pour obtenir la même résistance thermique.

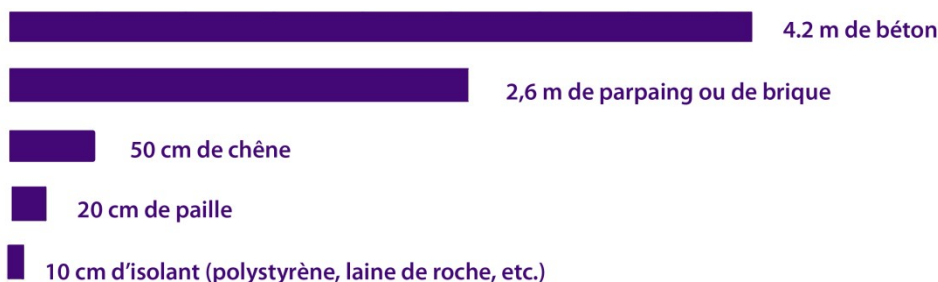


Figure 29 : Comparaison de l'épaisseur nécessaire de différent matériau pour la même résistance thermique

Cependant les caractéristiques thermiques seules ne suffisent pas pour définir un bon isolant. Les autres éléments à prendre en compte sont :

- Le comportement au feu
- La perméabilité à la vapeur d'eau
- Le comportement aux prédateurs
- La stabilité (gonflement ou dilatation)
- Les réactions aux agents biochimiques (imputrescible...)

- L'impact sur l'environnement (recyclage, principale pollution, énergie grise, ressource renouvelable ou non)
- L'impact sur la santé

L'isolant le plus utilisé aujourd'hui à l'extérieur est le polystyrène expansé, compte tenu de son rapport qualité/prix, mais aussi le polystyrène graphité, la laine de roche, la laine de verre, voire la fibre de bois ou le chanvre. Une épaisseur élevée pouvant cependant s'avérer contraignante dans le traitement de certains points comme le retour de tableau, des solutions à plus haute efficacité thermique sont parallèlement utilisées : c'est le cas du polystyrène graphite et de la mousse phénolique.

La Figure 30 donne les tranches de conductivité thermique de différents isolants et l'épaisseur nécessaire pour chacun afin d'obtenir une résistance thermique R de l'isolant de $3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

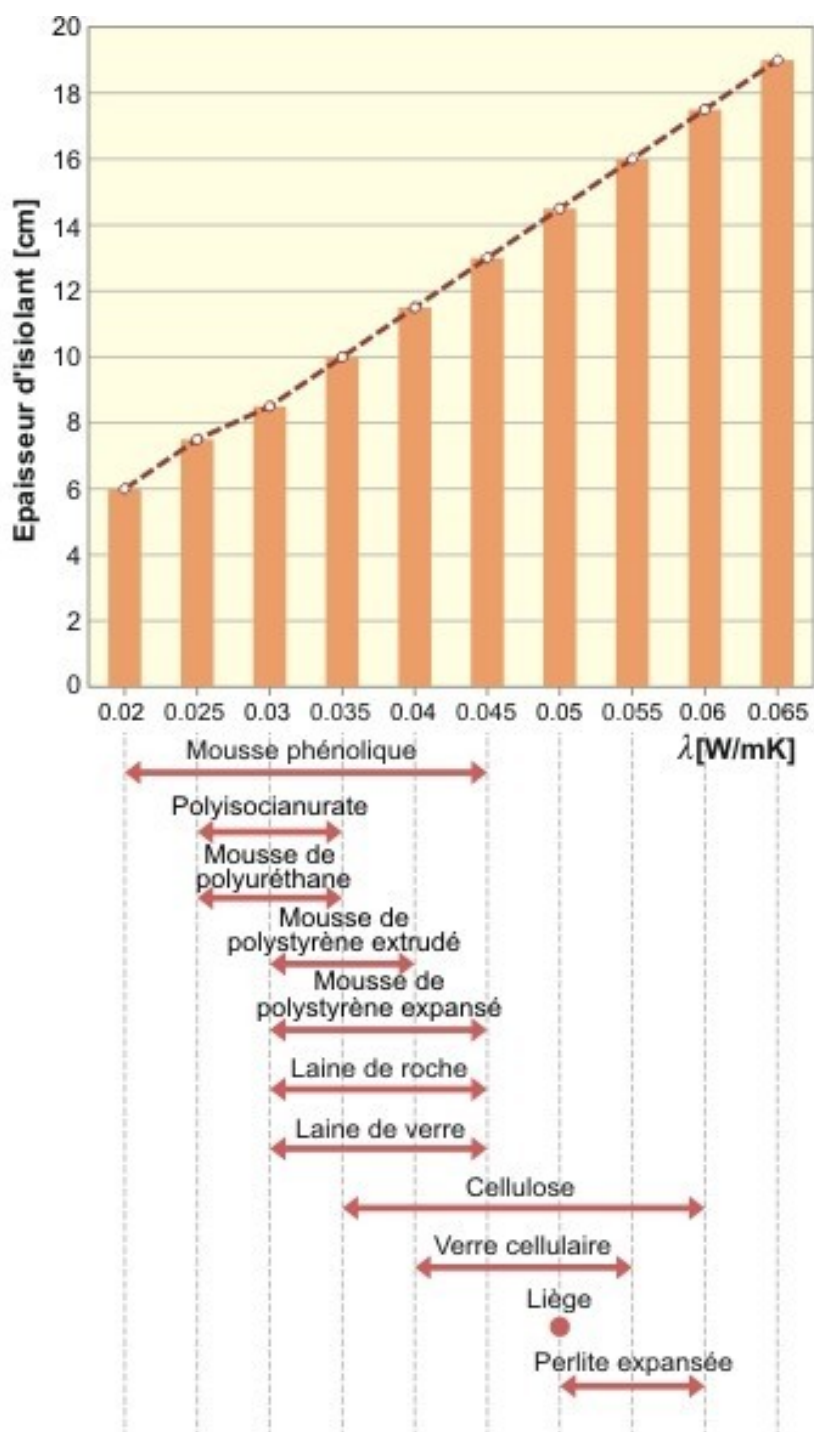


Figure 30 : Conductivité thermique de quelques isolants et leur épaisseur pour atteindre une résistance thermique de $3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Sur quel type de mur une Isolation Thermique par l'Extérieur peut-elle être posée ?

Le cahier du CSTB n°237 livraison 193 (mars 1983) donnent les conditions générales d'emploi des systèmes d'isolation thermique des façades par l'extérieur faisant l'objet d'un avis technique.

Il s'applique aux systèmes rapportés sur une façade préexistante suivants :

- Enduits sur isolants ;
- Bardages rapportés non traditionnel ;
- Bardages par enduit armé ;
- Vêtures ;
- Mortiers légers d'isolation thermique complémentaire.

Le choix des types de murs isolés par l'extérieur est fonction de leur exposition à la pluie. Deux règles de qualité sont à satisfaire de façon durable :

- L'eau ne doit pas parvenir jusqu'à la face intérieur du mur ;
- Les matériaux sensibles à l'eau ne doivent pas risquer d'être humidifiés.

Les processus de pénétration de l'eau dans et au travers du système d'isolation peut-être une pénétration capillaire ou résulter de l'existence de fentes (joints ou fissures). De ce fait, ce sont à la fois les performances d'étanchéité à l'eau des matériaux de peau et la constitution des joints éventuels entre éléments qui seront pris en compte. Dans un système avec une lame d'air continue entre le revêtement et l'isolant, on pourra alors employer un isolant plus sensible à l'eau, alors que dans un système sans lame d'air pour conserver son pouvoir isolant, même en cas de pénétration accidentelle, l'isolant doit être peu sensible à l'eau liquide.

On distingue 4 types de murs – classés de XI à XIV - selon l'efficacité du système d'isolation et/ou de la paroi support au risque de pénétration de l'eau de pluie.

Exemple étude de cas

La façade sur rue de l'immeuble en copropriété nécessite un type de mur XI en partie inférieure (zone beige) et un type de mur XII en partie supérieure (voir Figure 47 : Classement E de la façade, page 63)

Le mur sur rue est un mur de briques pleines dont l'enduit n'est pas considéré suffisant pour être de type 1 au sens du DTU n°20-11. Afin que ce mur puisse-être de type XII, le système d'isolation doit être capable de s'opposer au cheminement de l'eau de pluie vers l'intérieur (polystyrène expansé en plaque) avec enduit à base de liant organique d'un treillis de verre).

B. Chantier

Quel type d'échafaudage peut-on utiliser ?

La pose d'une Isolation Thermique par l'Extérieur signifie nécessairement l'installation d'échafaudage. Il existe différents types d'échafaudage (de pied, nacelle élévatrice, à mat,...) qui peuvent tous être utilisés, sous réserve du respect de la conformité du matériel et d'une utilisation par du personnel formé et habilité.

Mise à part la contrainte liée à la hauteur, l'échafaudage de pied n'est pas bien adapté à la mise en œuvre d'enduits. Les applicateurs ne sont pas toujours situés à la bonne hauteur, avec une réelle difficulté à se raccorder parfaitement d'un niveau à l'autre. L'inconvénient de la nacelle (suspendu par des câbles tendus depuis la toiture) est un relatif manque de rigidité par rapport au support. Dans le cas d'une mise en œuvre collée, cette instabilité peut handicaper le poseur qui doit exercer une pression importante sur la façade pour fixer l'isolant, la nacelle peut également déplacer les plaques d'isolant avant leur prise, en rebondissant sur la façade. Dans le cas d'une fixation mécanique la nacelle n'est alors en rien contraignante.

L'Isolation Thermique par l'Extérieur génère-t-elle des déchets ?

Comme tous travaux de construction, des travaux d'isolation thermique par l'extérieur entraînent la production de déchets. Les différents éléments constitutifs de l'ITE peuvent être recyclés ou valorisés. Il conviendra d'étudier les filières de traitement existantes en consultant notamment le site de la FFB (www.dechets-chantier.ffbatiment.fr). Le système de vêtiture permet de diminuer la quantité de déchets produits sur chantier, de part sa préfabrication qui centralise la production de déchets en usine, où la revalorisation des éléments est plus facilement intégrable.

Quels sont les points sur lesquels il faut être vigilant lors du chantier ?

Outre les caractéristiques du système d'Isolation Thermique par l'extérieur, la performance de l'isolation est indissociable de sa mise en œuvre et des éléments inhérents à un chantier.

Les **conditions atmosphériques** peuvent avoir une incidence sur la mise en œuvre d'une ITE et donc la pérennité du système. Dans tous les cas, les conditions de mise en œuvre sont précisées dans le DTA/Avis technique du procédé ou sur l'emballage.

Le **stockage** des éléments est également un facteur de désordres potentiels. Un isolant qui a pris l'eau perd de ses caractéristiques thermiques et n'adhérera pas aussi bien à la paroi en cas de collage. Il n'est pas rare, de voir également les plaques d'isolant stockées en vrac et donc de ce retrouver avec plusieurs plaques cassées ce qui peut entraîner une irrégularité de l'isolant et donc des ponts thermiques singuliers.

La pathologie relève principalement de **mauvaises mises en œuvre. Les Règles de l'art doivent être respectées.** Les Avis Techniques attirent par exemple l'attention, dans le cas des systèmes collés, sur l'importance de la reconnaissance et de la préparation des supports anciens : Essais d'adhérence sur certains supports relativement lisses (pâte de verre, grès cérame), obligation de décaper les revêtements plastiques. Pour ce qui est des bardages rapportés, deux points, entre autres, sont particulièrement importants : la solidité des fixations sur la paroi support et la nécessité d'une lame d'air ventilée entre la peau du bardage et l'isolant ainsi que de joints de ventilation du bardage. Par ailleurs, l'Isolation thermique par l'extérieur doit être continue. Il faut déposer tout ce qui peut l'être comme un tuyau de descente d'Eau Pluviale. De même, il est préconisé de recouper les modénatures de façades, les corniches ou les appuis de fenêtre pour recouvrir d'isolant toute la façade plutôt que de creuser les isolants pour qu'ils s'adaptent aux modénatures.

Des Avis Techniques existent mais les fabricants ont également un rôle important à jouer en assurant la formation des metteurs en œuvre et en surveillant la pose de leurs produits.

Donnons quelques exemples des erreurs de mise en œuvre courantes (table ronde CSTB/CECIBAT, janvier février 1982):

- dans des systèmes avec enduits minces, l'on a constaté des fissures parallèles, tous les mètres, dans l'enduit : c'est tout simplement parce que le poseur avait déroulé bord à bord les rouleaux de toile de verre de 1 mètre de largeur- sans réaliser l'indispensable recouvrement d'au moins 10 cm prévu par l'Avis Technique ;
- sur une façade, plus du tiers de la surface traitée s'est décollée et a chuté : l'on n'avait pas décapé l'enduit de parement plastique, le poseur s'étant contenté d'effectuer des essais d'adhérence qu'il avait estimés satisfaisants ;
- dans d'autres cas, les plaques ont été mal collées, le poseur n'ayant pas assez de force, car il était sur une balancelle, laquelle, en outre, rebondissait sur la façade, et désorganisait les plots de mortier-colle en cours de durcissement !

Il y a effectivement une pathologie des procédés mis en œuvre, mais il y a également une pathologie due aux conséquences d'une sur isolation. Il faut prévoir des dispositifs adaptés, donc de plus en plus sophistiqués- en particulier dans le domaine de la ventilation.

C. Entretien et rénovation

Comment limiter les pathologies et assurer la pérennité de l'Isolation Thermique par l'Extérieur ?

L'Agence Qualité Construction (AQC), association de professionnelles de la construction animée pour la prévention des désordres et la réduction des pathologies dans le but d'améliorer la qualité de la construction, a relevé les facteurs limitant les pathologies d'une ITE.

- Les règles de conception et d'exécution doivent être respectées
- Les avis techniques des systèmes mis en œuvre doivent être appliqués
- Les contraintes climatiques imposées par le site doivent être prises en compte
- Les températures extérieures minimale et maximale de mise en œuvre doivent être suivies

La pérennité de l'ITE passe donc par une conception respectueuse des règles de l'art, le traitement de tous les points singuliers de l'enveloppe et une mise en œuvre soignée. La continuité de l'isolation est un des facteurs clés pour une Isolation Thermique par l'Extérieur pérenne. Le choix d'une solution adaptée au traitement de chaque point singulier relève d'une bonne conception et est primordiale mais la différence se joue à la mise en œuvre. Le niveau de détail dans les découpes spécifiques, les ajustements est tout aussi important. Les niveaux de précision sur un chantier ont changés, on ne peut plus se contenter d'un travail au centimètre, la pose d'une ITE requière d'œuvrer au millimètre.

D. Thermique et Humidité

Les points singuliers ou la discontinuité d'une isolation créent des ponts thermiques. Ces ponts thermiques sont des points froids source de condensation et donc d'humidité dans les murs.

Quels sont les principaux points singuliers en ITE et comment les traiter ?

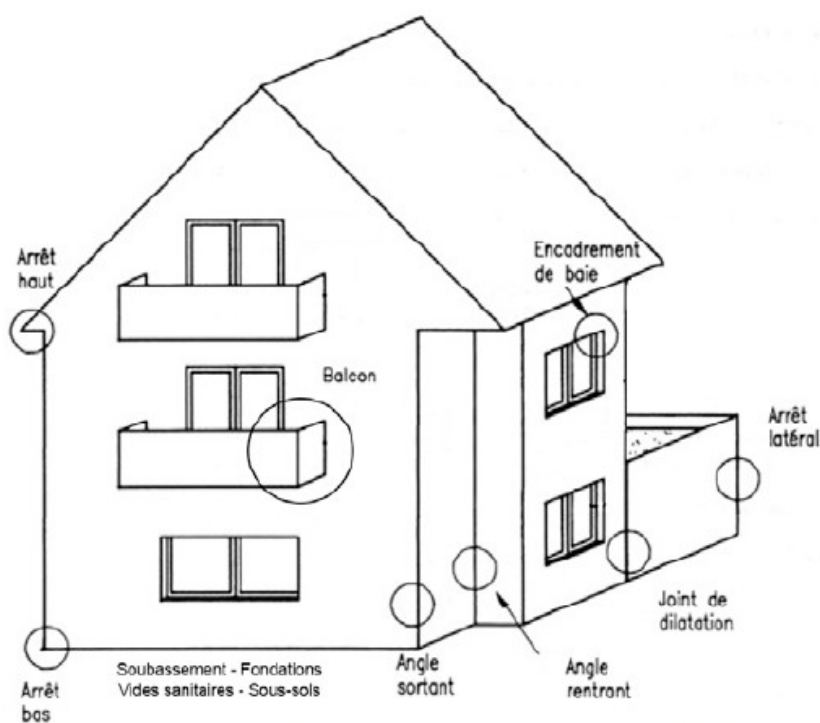


Figure 31 : Points singulier à traiter en Isolation Thermique par l'Extérieur (source CSTB, 2000)

Le traitement des points singuliers (Figure 31) est fondamental. Très souvent, c'est de leur qualité de réalisation que dépend la tenue des ouvrages dans le temps et la performance du système. La liste ci-dessous cite les ponts thermiques les plus fréquents et les solutions pour les traiter :

- Création maintien ou amélioration des dispositifs de ventilation ;
- Ancrages (garde-corps, volets, rambardes,...) : en assurant l'étanchéité des ancrages d'éléments métalliques ;

- Arrêt bas (soubassement) : par bavettes, profilés ou autres accessoires ;
- Arrêt en angle : par cornière d'angle ;
- Arrêt sous débord : profilés ou autres accessoires ;
- Arrêt en acrotère : par bavette, profilé ou autres accessoires ;
- Arrêt en pointe de pignon : par bavette, profilés ou autres accessoires ;
- Encadrement de baie et d'ouvertures ;
- Les liaisons de l'isolant avec les autres matériaux de façades (béton, enduits, bois, métaux...)
- Accessoires de recueil des eaux pluviales (chéneaux, gouttières, descente, culottes, boîte à eau) : en adaptant les fixations ;
- Différence de nu de façade : en étudiant une solution évitant toute stagnation ou infiltration potentielle d'eau ;
- Passage de câble...

Les Figure 33, Figure 32 et Figure 34 représentent des exemples de coupes de détail pour le traitement des points singuliers.

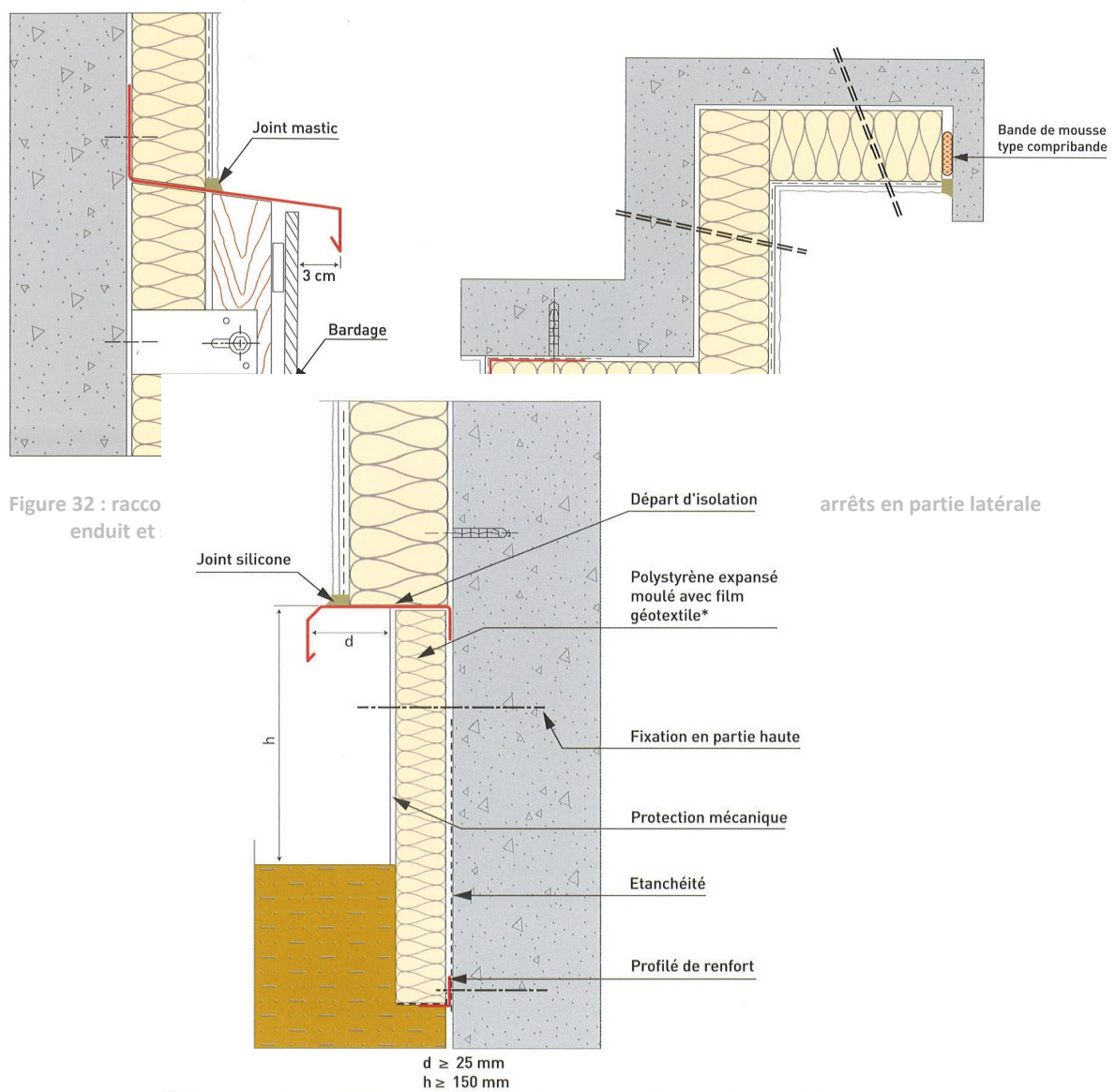


Figure 34 : Départ en partie enterrée

Quel est l'impact de l'Isolation Thermique par l'Extérieur sur les ponts thermiques ?

Un pont thermique est une partie de l'enveloppe du bâtiment où la résistance thermique, par ailleurs uniforme, est sensiblement réduite par une absence ou une dégradation locale de l'isolation et donne lieu à d'importantes fuites de chaleur vers l'extérieur.

Les déperditions thermiques d'un bâtiment sont dues aux déperditions à travers l'enveloppe du bâtiment (à travers les murs, le plancher, le plafond, les fenêtres et les ponts thermiques) mais aussi aux renouvellements d'air. La part des déperditions due aux ponts thermiques représente en moyenne 10% des déperditions d'un immeuble collectif non isolé, montant à 25% d'un immeuble isolé par l'intérieur. Dans le cas d'une maison individuelle, les ponts thermiques représentent 4% d'une maison non isolée et 18% avec une isolation par l'intérieur. (source Ademe)

Ponts thermiques de liaisons

L'isolation par l'extérieur permet de traiter le pont thermique à la jonction entre les planchers intermédiaires et la façade, ainsi que la jonction entre les murs refends et la façade. En effet dans le cas d'une isolation par l'intérieur (Figure 36), la continuité de l'isolation n'est pas assurée au niveau du plancher intermédiaire ce qui entraîne une fuite thermique importante. Dans le cas de l'isolation par l'extérieur (Figure 35), la continuité de l'isolant est assurée, traitant ainsi le pont thermique et limitant sensiblement les déperditions.

Isolation Thermique par l'Extérieur

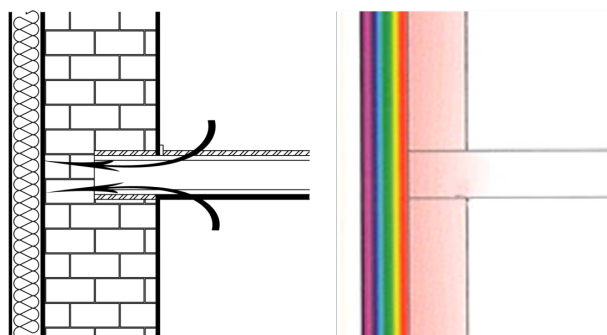


Figure 35 : Température interne d'une paroi en Isolation Thermique par l'Extérieur

Isolation Thermique par l'Intérieur

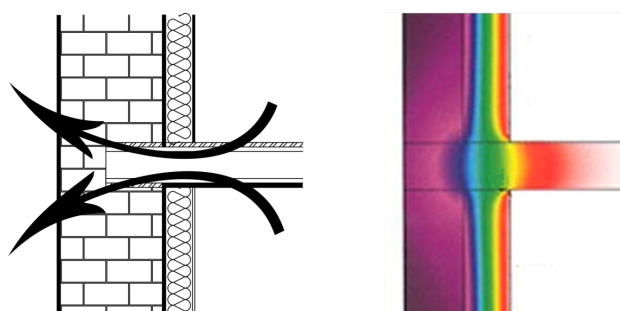


Figure 36 : température interne dans une paroi en Isolation Thermique par l'Intérieur

Pour une même épaisseur d'isolant, la performance de la paroi sera donc meilleure avec une isolation thermique par l'extérieur qu'avec une isolation thermique par l'intérieur. La Figure 37 montre que pour atteindre un coefficient de transfert thermique U de $0,24 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, seul 12,5 cm d'isolant sont nécessaires par l'extérieur, 20 cm sont nécessaires si l'isolation est répartie entre l'intérieur et l'extérieur et que l'atteinte de cette performance est impossible par l'intérieur.

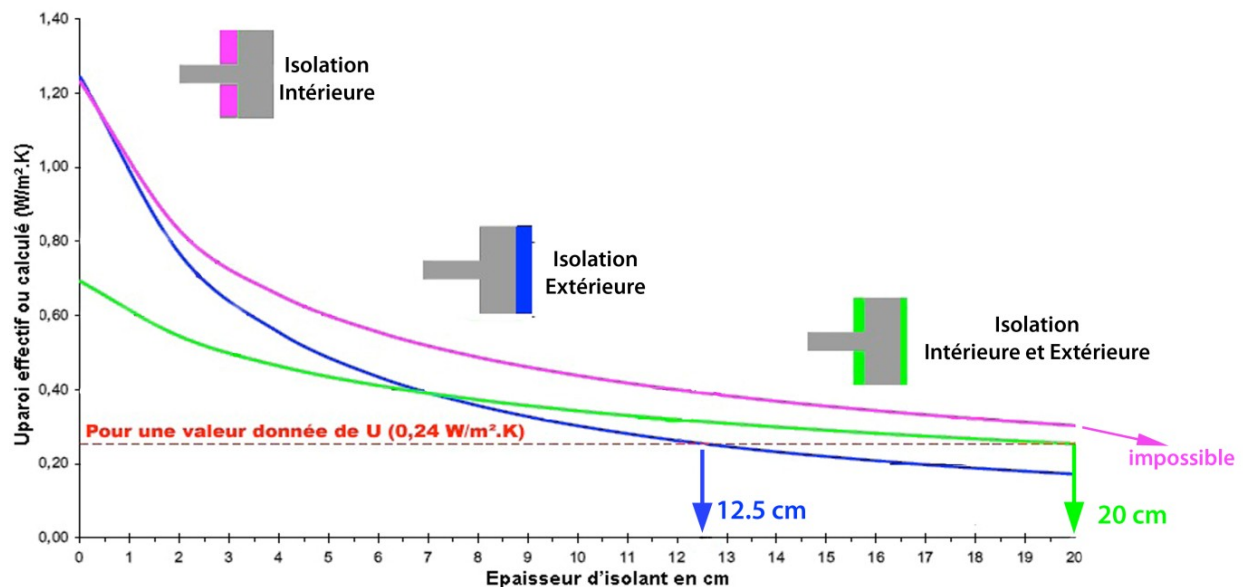


Figure 37 : Comparaison de l'épaisseur d'isolant nécessaire entre isolation intérieure, extérieure et mixte (source J-P. MOYA)

Cependant les ponts thermiques (de liaisons) ne sont pas limités aux seules liaisons planchers intermédiaires et murs. Ils se produisent à la jonction entre deux ou plusieurs parois dont au moins une donne sur l'extérieur. Il faudra être vigilant avec la liaison entre le plancher bas et le mur extérieur, l'idéal étant de prolonger l'isolation en partie enterrée et d'isoler le plancher bas. De la même manière la liaison entre la toiture et le mur doit être traitée, dans l'idéal en retournant l'isolation sur l'acrotère ou la sablière. Les liaisons balcon/mur, caisson de volets roulants et tapées de fenêtres restent également des liaisons à traiter au cas par cas en rénovation.

Le risque augmente en cas d'absence ou de discontinuité de l'isolant. En isolation intérieure, la discontinuité peut venir du fait que l'isolant ne descend pas jusqu'au bout de la sablière dans les combles, qu'il ne descende pas jusqu'en bas du mur ou qu'il soit coupé trop court en périphérie des menuiseries, etc.). En isolation par l'extérieur, il faut être vigilant à la jointure entre les plaques d'isolants. En rénovation, les tuyaux de descentes d'eau pluviale doivent impérativement être démontés avant de le reposer devant l'isolant avec des pattes de fixations plus longues, car la discontinuité créée par l'arrêt de l'isolant de part et d'autre de la descente génère un pont thermique. Les modénatures, les bandeaux, les appuis de fenêtres posent aussi un problème. Ces saillies doivent impérativement être recoupés afin de pouvoir faire passer l'isolant devant sans avoir à le creuser dans son épaisseur. Une fois creusé, l'isolant ne fait parfois qu'un ou deux centimètre, ce qui réduit fortement la performance thermique de la paroi à ces endroits et crée un pont thermique.

Pont thermiques intégrés

La réalisation d'une Isolation par l'Extérieur peut être source de ponts thermiques intégrés dégradant l'isolation au sein même de la paroi, contrairement aux ponts thermiques des liaisons qui se produisent au niveau des liaisons entre les parois du bâtiment. Très souvent ils sont causés par des éléments de fixation

de l'isolation ou par des ossatures secondaires. L'impact de ses ponts thermiques intégrés en Isolation Thermique par l'Extérieur varie en fonction des systèmes choisis. Dans le cas d'un système d'enduit, l'impact est faible si l'isolant est collé ou fixé mécaniquement par des profilés en plastique. Avec des profilés métalliques, l'impact peut cependant être fort, c'est-à-dire pouvant dégrader de 15 à 30% la résistance de la paroi. Le plus souvent les systèmes de type bardage ou vêtture ont également un impact fort sur l'isolation de la paroi, du aux pattes de fixations métalliques de l'ossature secondaire. Le positionnement d'une pièce plastique entre la patte et la paroi peut limiter le pont thermique.

Quel est l'impact de l'isolation par l'Extérieur sur la condensation/humidité ?

Rappel

L'air contient toujours un certain pourcentage de vapeur d'eau. Ce dernier est généralement plus élevé à l'intérieur des logements qu'à l'extérieur ; il est lié à la présence des occupants, aux activités domestiques (cuisson, appareil ménagers, etc.), à la toilette (douches, etc.) et aux plantes. Or l'humidité migre toujours vers le milieu soit le plus sec, soit le plus chaud soit les deux, autrement dit le plus souvent de l'intérieur vers l'extérieur. Lors de ce transfert à travers une paroi plus ou moins poreuse, la vapeur d'eau peut condenser en eau liquide à un niveau ou à un autre. C'est cette eau liquide qui génère des pathologies. Elle peut fragiliser la structure, en faisant gonfler la maçonnerie ou encordant les aciers mais aussi diminuer les propriétés physiques des matériaux en particulier la performance thermique de l'isolant, ou encore décoller les papiers peints et être favorable au développement de moisissures.

La présence d'humidité dans le bâti est à l'origine de nombreuses pathologies. Elle peut avoir des causes multiples, externes (remontées d'humidité par capillarité, infiltrations par la toiture, dégâts des eaux, fissurations, etc.) ou propre à la constitution de la paroi (condensation superficielle excessive ou problème de perméance, etc.). La source de l'humidité doit nécessairement être identifiée et traitée avant tous travaux d'isolation thermique, aussi bien par l'intérieur que par l'extérieur, car un isolant ne peut être posé sur une paroi humide.

Les travaux d'isolation peuvent entraîner une dégradation de la perméance et donc la condensation de la vapeur d'eau.

Les facteurs pouvant aggraver le phénomène de condensation sont :

- Une mauvaise ventilation (cf. question « Pourquoi est-il important d'assurer une bonne ventilation d'un bâtiment, en particulier après la pose d'une Isolation Thermique par l'Extérieur ? » p.8) ;
- Des ponts thermiques. Tous les points froids créés par les ponts thermiques appellent une condensation. (cf. question « Quel est l'impact de l'Isolation Thermique par l'Extérieur sur les ponts thermiques ? » p.51) ;
- Le non respect du fonctionnement de la paroi.

Isolation d'une paroi

La perméance des différents constituants influe sur la diffusion de la vapeur d'eau à travers la paroi. D'une manière générale, un pare-vapeur² est étanche à la vapeur d'eau. Il doit être placé uniquement du côté intérieur de la paroi. Il faut impérativement veiller à ce qu'il soit continu, car toute discontinuité est source de condensation. Un pare-vapeur limite la pénétration de la vapeur d'eau dans la paroi. Cette humidité n'est donc pas évacuée vers l'extérieur et doit impérativement être évacuée par un système de ventilation performant. Les autres matériaux laissent plus ou moins s'évacuer l'humidité. Le choix de l'isolant demande tout de même une vigilance particulière. Le polystyrène extrudé (avec une densité de 40 kg/m³) a par exemple une perméance de 4.5 mg/m².h.mmHg, ce qui est proche de la perméance d'un pare-vapeur, voire même inférieur à la perméance d'un frein-vapeur de type papier kraft recouvert de bitume. Les parements de façade en métal ou en PVC sont totalement étanches, ce qui justifie la création d'une lame d'air entre l'isolant et le parement dans un système d'ITE avec bardage afin d'évacuer la vapeur d'eau. Le tableau de la Figure 39 présente la valeur de perméance à la vapeur d'eau de quelques matériaux.

Rappel

La perméabilité traduit la capacité d'un matériau à être traversé par la vapeur d'eau. La perméance P (en g/m².h.mmHg) est la quantité de vapeur d'eau qui peut traverser une surface de paroi par unité de temps sous une différence de pression donnée. Plus un matériau est perméant, plus il permet le transfert de la vapeur d'eau.

Une double isolation, par l'extérieur et par l'intérieur, est possible dans la limite où le parement extérieur n'est pas étanche. Les revêtements extérieurs perméables sont les enduits hydrauliques, les enduits ou revêtement minéraux et les revêtements organiques type peinture, revêtement plastique épais (RPE), et système d'imperméabilité de façade.

² Pare-vapeur : Matériau imperméable en plaque ou en film mis en oeuvre sur la face chaude de la paroi (verticale, horizontale ou inclinée), dont la fonction est de limiter la transmission de vapeur d'eau à travers la paroi, pour éviter la formation du point de rosée à l'intérieur de l'isolant.

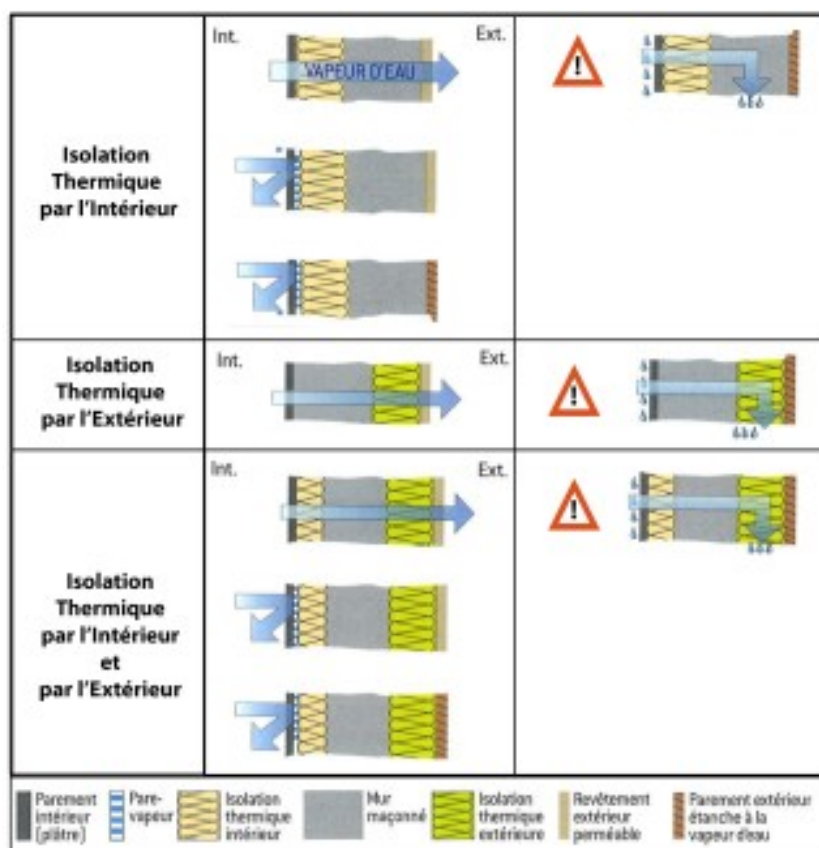


Figure 38 : Risque de condensation en fonction de la composition de la paroi
source AQC

Matériaux		Perméance (en $\text{mg/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg}$)
Matériaux de paroi	Béton ou parpaing (20 cm)	15
	Brique pleine (20cm)	45
Matériaux isolants	Laines Minérales (10 cm)	600 à 800
	Polystyrène expansé (10 cm)	80 à 40
	Polystyrène extrudé (10 cm)	4.5 à 9
	Lame d'air (1 cm)	900
	Liège expansé pur (10 cm)	50
Matériaux de revêtement	Enduit plâtre (15 mm)	700
	métaux	0
	Panneaux de particules de bois (15-22mm)	80 à 120
Barrières de vapeur	Papier kraft recouvert de bitume	30 à 100
	Polyéthylène (100 μ)	2
	Feuille d'aluminium (400 μ)	< 1

Figure 39 : Perméance à la vapeur d'eau de quelques matériaux

Les bardages rapportés doivent ménager une lame d'air d'au moins 2 cm d'épaisseur entre l'isolant et le revêtement extérieur. Elle accélère l'évacuation de la condensation par convection. Cette dernière s'effectue grâce à la présence de grilles anti-rongeurs posées en partie basse et de section de ventilation en arrêt haut protégée par un débord de plus de 15 cm. Selon la hauteur du bâtiment, obligation est faite de respecter les joints de ventilation du bardage en fractionnant la lame d'air tous les 24 cm. Cette rupture horizontale est réalisée à l'aide d'une bavette métallique.

Exemple étude de cas

L'étude hygrothermique d'une paroi type de la maison individuelle a été réalisée afin d'appréhender son comportement face aux agressions des agents naturels que sont la chaleur et l'eau. Cette étude consiste à tracer des diagrammes de Glaser pour les différents cas de paroi et de condition climatiques. Un diagramme de Glaser est constitué d'une courbe de température, d'une courbe des pressions saturantes de la vapeur d'eau et d'une courbe des pressions partielles.

L'étude a été menée en été et en hiver sur la paroi initiale puis sur la paroi après une isolation par l'extérieur. Les conditions climatiques retenues pour cette étude sont rappelées dans le tableau de la Figure 40 ci-dessous :

	Extérieur		Intérieur	
	Température	Humidité relative	Température	Humidité relative
Hiver	-10 °C	90%	19 °C	60%
Eté	35 °C	35%	22 °C	40%

Figure 40 : Conditions climatiques de l'étude

En été, la courbe de pression partielle (P_v) est largement inférieure à la courbe de pression saturante, aussi bien dans l'état initial de la paroi en parpaing (Figure 42) que après isolation par l'extérieur (Figure 41). La vapeur d'eau reste à l'état de vapeur et ne condense pas.

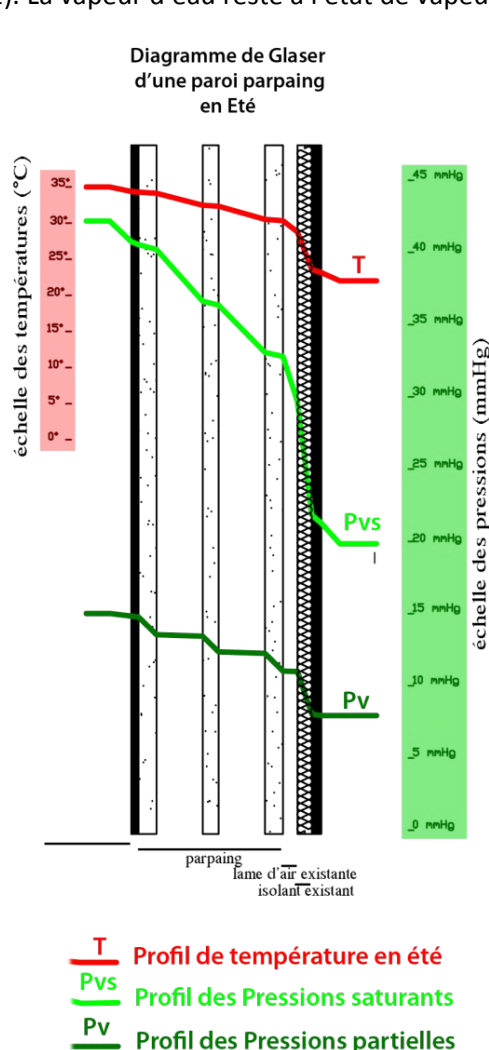


Figure 42 : Diagramme de Glaser d'une paroi parpaing en Été

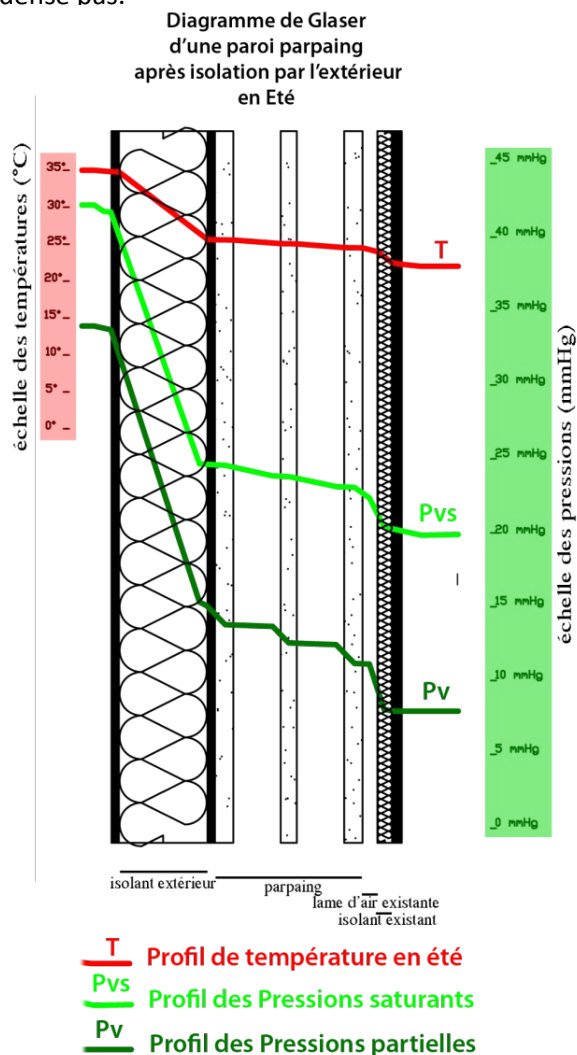


Figure 41 : Diagramme de Glaser d'une paroi isolée par l'extérieur

En Hiver dans l'état initial (Figure 43), la courbe de pression partielle passe au dessus de la courbe de pression saturante au niveau de l'interface entre la mince isolation intérieure et la lame d'air, et reste au dessus jusqu'à la face externe du parpaing. Cela signifie qu'une condensation totale se produit sur la face externe (côté parpaing) de l'isolant. Par gravité, l'eau s'accumule au pied du mur et peut engendrer des désordres au niveau des plinthes. Une condensation se produit également dans les cloisons du parpaing. La condensation se produisant à des températures négatives, des cristaux de glace risquent de se déposer sur les parois des cloisons du parpaing, ne devant pas engendrer trop de désordre. La question se pose dès lors que les températures deviennent positives, avec alternance ou non de gel et de dégel. Nous sommes dans un cas où nous ne pouvons pas statuer sur les pathologies avec un seul diagramme.

Après la pose d'isolation par l'extérieur (Figure 44), la courbe des pressions partielles reste inférieure à la courbe des pressions saturantes dans toute l'épaisseur de la paroi. Les risques de condensation sont moindres en comparaison avec l'état initial.

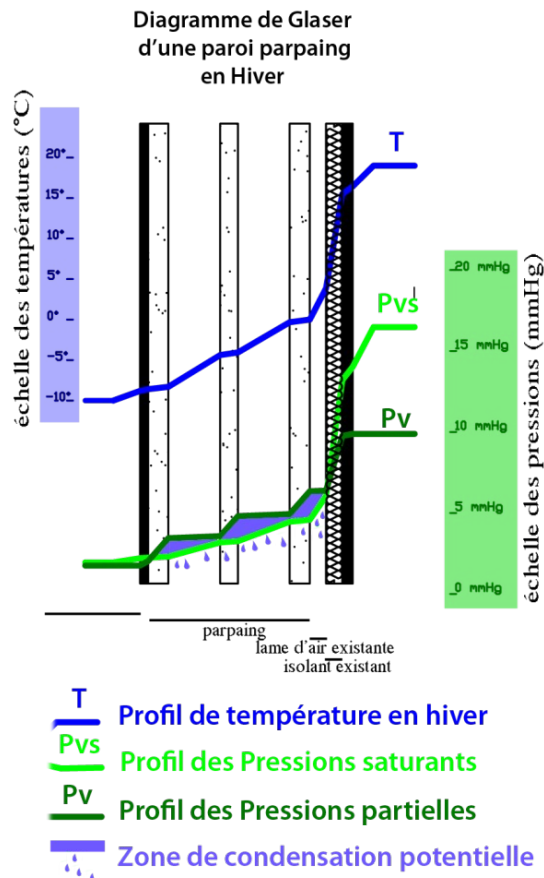


Figure 41 : Diagramme de Glaser en Hiver d'une paroi parpaing

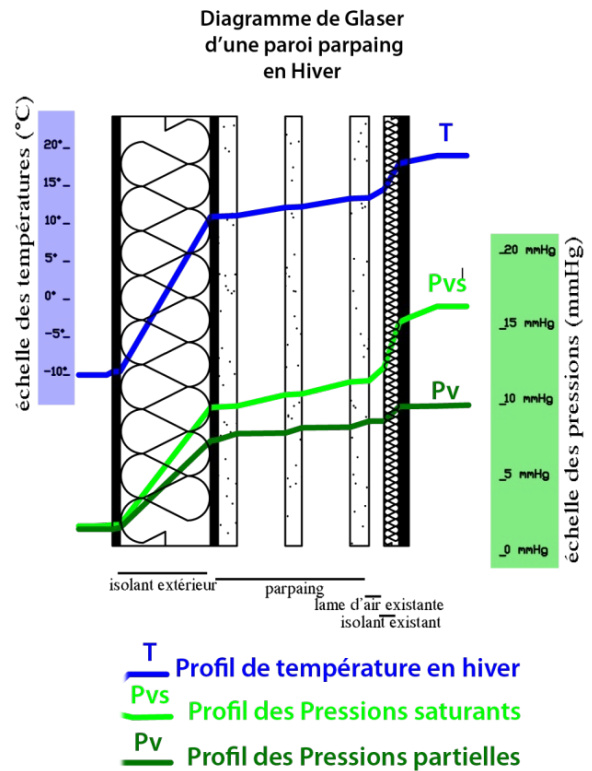


Figure 44 : Diagramme de Glaser en Hiver d'une paroi isolée par l'extérieur

Comment bien ventiler un bâtiment en rénovation ?

Une fois le bâtiment rendu plus étanche à l'air par la pose d'une isolation thermique par l'extérieur, une ventilation efficace du bâtiment doit être mise en œuvre. Lorsqu'il n'existe pas de ventilation ou qu'elle peut être améliorée, le choix de la VMC doit s'imposer prioritairement. Cependant, dans le cadre de certaines réhabilitations, il peut être difficile, voir impossible, de l'installer. Dans ce cas, il existe différentes solutions individualisées.

L'installation d'une ventilation mécanique répartie est particulièrement adaptée à la rénovation car il a l'avantage de permettre l'installation d'une ventilation quand la dimension ou la disposition des pièces rendent impossible le passage de gaines. Ce système consiste à installer des ventilateurs indépendants dans les pièces humides. Pour une ventilation efficace des entrées d'air neuf suffisantes doivent être prévues dans les pièces à vivre (au niveau des menuiseries ou des murs). Les extracteurs se posent en traversée de murs ou sont raccordés à un conduit unitaire d'extraction.

Les systèmes simple flux – auto ou hygroréglables - amènent ensuite une meilleure réponse de ventilation avec une moindre consommation énergétique. Les bouches autoréglables assurent une ventilation permanente et un débit d'air constant. A qualité d'air égale, l'hygroréglable minimise les déperditions énergétiques tout en limitant le risque de condensation. Les bouches d'extraction sont ici raccordées par un réseau aéraulique, à un groupe d'extraction situé en toiture.

Les systèmes doubles flux sont beaucoup plus lourds à mettre en place en rénovation. Ils permettent néanmoins de minimiser les déperditions thermiques par la ventilation en récupérant les calories de l'air extrait vicié pour réchauffer l'air neuf entrant.

Dans tous les cas, le détalonnage des portes est indispensable afin de laisser l'air circuler de pièce en pièce à partir du moment où le système de ventilation choisi dispose d'entrée d'air dans les pièces de vie (salon, chambre, etc.) et de bouches d'extraction dans les pièces techniques (salle de bain, cuisine, etc.).

La ventilation seule des parties habitées d'un bâtiment n'est pas suffisante pour assurer la pérennité de la structure. Les caves, les vides sanitaires, les combles ou les cages d'escalier doivent également être ventilés. Une ventilation naturelle grâce à des grilles de ventilation sont largement suffisante mais encore faut-il que ces entrées et sorties d'air existent et surtout qu'elles ne soient pas obstruées.

E. Architecture et Isolation par l'Extérieur

Quelles sont les solutions liées au problème de dégradation de l'ITE, en particulier au RdC ?

Dans les zones exposées (exposition aux chocs ou autres dégradations), des dispositions adaptées existent pour régler les problèmes de dégradation.

L'ossature du bardage peut être renforcée : un tissu renforcé, appelé double entoilage, peut être mis en place dans le sous enduit au niveau du Rez-de-chaussée. La nature du revêtement dans ces zones exposées peut être spécifique (parement en brique, céramique, etc.), un traitement anti-graffitis peut être choisi, les enduits peuvent être formulés à base de granulats de marbre. Le Rez-de-chaussée peut également être rendu inaccessible par un double mur ou la création d'une plate bande.

Le cahier du CSTB 2929 décrit le classement reVETIR des systèmes d'Isolation par l'Extérieur. Les lettres r, e et T correspondent respectivement à la facilité de réparation, d'entretien et à la tenue aux chocs. Une note entre 1 et 4 permet de définir les caractéristiques du système d'Isolation pour chaque critère. Pour les emplois en Rez-de-chaussée, il convient d'apprécier les risques de dégradations volontaires : rayures, écritures, salissures. Dans le cas de risques élevés, il y a lieu de choisir un système « difficilement dégradable » T4 et/ou « facilement réparable » r3.

La note d'information n°11 du cahier du CSTB n°3546_V2 complète le classement reVETIR pour la Résistance aux chocs des bardages rapportés, vêtements et végétaux.

Quelles sont les contraintes liées au choix du revêtement de façade ?

Contraintes techniques

Celles les façades avec enduit sont concernées par ces contraintes techniques. Encadré par le cahier des prescriptions techniques d'emploi et de mise en œuvre n°3035 du CSTB « Systèmes d'isolation thermique extérieure avec enduit mince sur polystyrène expansé », le choix des teintes est relativement étendu bien qu'il exclue les coloris les plus foncés. Les teintes foncées augmentent en effet les contraintes d'origine thermique, du fait d'une plus forte absorption du rayonnement et accentuent les risques de fissuration. Les teintes ayant un coefficient d'absorption au rayonnement solaire supérieur à 0.7, voir 0.5 lorsque le projet se situe à plus de 1300 m d'altitude, sont proscrites ainsi que des juxtapositions de teintes dont la différence de coefficient d'absorption solaire soit supérieure à 0.2, sans joint de fractionnement. De façon générale, le CSTB a constaté que les revêtements ayant un indice de luminance lumineuse (Y) supérieur à 35% présentent un coefficient d'absorption du rayonnement solaire inférieur à 0.7, bien qu'il n'existe pas de relation physique entre ces deux valeurs.

Contraintes réglementaires

Toute modification de façade des bâtiments est réglementée par le Code de l'Urbanisme, mais aussi par les exigences locales propres au territoire et mentionnées dans le Plan Local d'Urbanisme (PLU) de chaque commune. L'article 11 du PLU est notamment relatif à l'aspect extérieur, il définit les couleurs, les matériaux, l'aspect des couvertures, les ratios façades pleine/façades vitrées mais également les saillies permises sur le domaine public. Dans le cas d'un lotissement, le règlement de ce dernier doit être respecté, il peut par exemple imposer des matériaux de revêtement de façade.

Contrainte de coût et de temps

Un véritable travail architectural sur la façade d'un bâtiment nécessite que l'on ait recours à des techniques plus onéreuses que la simple application uniforme d'un revêtement bon marché. C'est une évidence. Il nécessite d'autre part, que les hommes de l'art soient rémunérés pour ce travail d'esthétique et que du temps soit consacré à ces études.

F. Réglementaire

Quelles règles régissent l'Isolation Thermique par l'Extérieur ?

Les systèmes d'ITE ne font aujourd'hui l'objet d'aucun DTU.

Actuellement, tout système d'Isolation Thermique par l'Extérieur doit disposer d'un Avis technique (AT), d'un constat de « traditionalité » ou d'un Agrément Technique Européen (ATE) complété d'un Document Technique d'Application (DTA). Ces avis ne couvrent cependant pas toutes les typologies de constructions, notamment le domaine des façades légères, obligeant à passer par une procédure d'Atex. Tous ces éléments définissent de façon plus ou moins précise les conditions de mise en œuvre des différents systèmes d'ITE.

Il est également possible de se référer aux règles générales de conception et de mise en œuvre décrites dans les cahiers de prescriptions techniques (CPT) du CSTB :

- Le cahier n°237 livraison 1833 expose les conditions générales d'emploi des systèmes d'isolation thermique des façades par l'extérieur faisant l'objet d'un avis technique ;
- Le cahier n°3035 livraison 388 est relatif aux systèmes d'isolation thermique extérieure avec enduit mince sur polystyrène expansé ;
- Le cahier n°3316 livraison 416 (annulant et remplaçant le cahier 2545) est relatif aux ossatures bois et à l'isolation thermique des bardages rapportés faisant l'objet d'un Avis Technique ou d'un constat de traditionalité modifié par les n°3422 et 3585 ;
- Le cahier n°3194 livraison 406 est relatif aux ossatures métalliques et à l'isolation thermique des bardages rapportés faisant l'objet d'un Avis Technique ou d'un constat de traditionalité modifié par le cahier 3586.

Un système de classement reVETIR, attribué par le CSTB dans le cadre des procédures d'Avis Techniques ou de Constat de traditionalité, permet d'indiquer les performances des systèmes d'isolation thermique des façades par l'extérieur.

L'isolant est quant à lui soumis à la certification Acermi, qui permet aux utilisateurs de choisir parmi différents produits celui qui convient le mieux à l'ouvrage. Cette certification exige l'affichage de la résistance thermique R ($\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$) ainsi que les informations sur les caractéristiques physiques et mécaniques de l'isolant, le profil d'usage ISOLE peut également être certifié.

Le secteur est cependant en pleine mutation. Le marché de l'Isolation entre dans une phase de maturité après une expérience de plus d'une trentaine d'année de chantiers. Cette technique devrait passer prochainement dans le secteur du traditionnel grâce à l'élaboration d'un DTU.

En attendant, la Fédération Française du Bâtiment et le Groupement des Industriels du Mur Manteau ont lancé la rédaction d'un guide de conception des ouvrages en ITE destiné aux maîtres d'œuvre et maître d'ouvrage, une première mouture de ce guide est actuellement en discussion. Réunis depuis fin 2008, les fabricants européens de systèmes d'Isolation Thermique par l'extérieur travaillent par ailleurs à la

rédaction d'un Guide proposant des règles générales de qualité à la pose de leurs produits. Cet ouvrage, destiné aussi bien au neuf qu'à l'existant, est prévu pour la fin 2010.

Comment fonctionne le système de classement reVETIR ?

Le Cahier du CSTB n°2929 livraison 375 décrit le Classement reVETIR des systèmes d'isolation thermique des façades par l'extérieur.

Les caractéristiques servant de base à ce classement sont au nombre de sept, répertoriées dans le tableau de la Figure 45 :

r	réparation	Définit la facilité à réparer ou à remplacer l'ITE
e	entretien	Définit la fréquence d'entretien nécessaire
V	Vent	Définit la résistance aux effets du vent minimale
E	Étanchéité	Définit l'étanchéité à l'eau minimale
T	Tenue aux chocs	Définit la résistance aux chocs et aux poinçonnements
I	Incendie	Définit le comportement au feu
R	Resistance thermique	Définit la résistance thermique du système d'isolation complet

Figure 45 : Classement reVETIR

Chacune de ces caractéristiques est affectée d'un indice - de 1 à 4 - attribué soit en fonction de caractéristiques connues et vérifiées, soit en fonction des résultats obtenus par des essais bien définis. Un système qui n'obtiendrait pas le niveau 1 pour une des sept caractéristiques ne peut être classé. Ce classement est indépendant du mur support. Il faut donc vérifier, par ailleurs, que le mur est apte à (ou préparé en vue de) recevoir un système donné : stabilité, étanchéité à l'air, planéité, adhérence (cas du collage), résistance à l'arrachement des fixations. Les niveaux de caractéristiques du classement ne valent que si le système est mis en œuvre conformément au DTU dont il relève ou à l'Avis Technique et au Cahiers des Prescriptions Techniques dont il fait l'objet.

Exemple étude de cas

Le classement minimal reVETIR a été étudié pour l'exemple de l'immeuble en copropriété à Clichy (92).

r	réparation	r ₃ pour le Rez-de-chaussée r ₂ pour les étages
e	entretien	e ₂
V	Vent	V ₁
E	Étanchéité	E ₁ pour les parties de façade inférieures* E ₂ pour les parties de façade supérieures* (se référer au schéma)
T	Tenue aux chocs	T ₄ pour le Rez-de-chaussée T ₂ pour les étages
I	Incendie	I ₂
R	Resistance thermique	R ₂

Figure 46 : Classement minimal reVETIR pour l'immeuble étudié

*se référer à la Figure 47

r : facilité de réparation

Ce critère est d'autant plus important que le risque de dégradation est plus élevé, en particulier pour les Rez-de-chaussée. Dans le cas de l'immeuble au 30 bld Victor Hugo, le classement minimal recommandé

serait r_3 au niveau du Rez-de-chaussée (jusqu'à 2.50 au-dessus du sol) puis r_2 au niveau des étages courants supérieurs.

e : fréquence d'entretien

Il est recommandé de prendre à minima le niveau e_2 pour une périodicité normale d'entretien comprise entre 8 et 20 ans. Le niveau de classement de ce critère peut être pris en compte dans un calcul en coût global du système.

V : résistance aux vents

La résistance au vent est principalement déterminée en fonction de la zone géographique (I, II, III et IV), de la définition du site (protégé, normal et exposé) et de la hauteur du bâtiment. La ville de Clichy est située en île de France, zone géographique I. La hauteur du bâtiment B est de 9m et celle du bâtiment est de 12.30m, l'immeuble est donc considéré comme inférieur à 15m. La ville de Clichy peut être considérée comme site normal. Après application de la méthode simplifiée, la classe minimale de résistance au vent est V_1 .

E : étanchéité

L'étanchéité de la façade est fonction de la situation de la construction (urbaine ou rurale), de la hauteur de la façade et du fait qu'elle soit plus ou moins protégée par les constructions en vis-à-vis. L'immeuble est en situation a (grand centre urbain), avec une hauteur de façade comprise entre 6 et 18m. La Figure 47 ci-dessous définit les parties de façade sur rue abrité (en beige) et non abrité. La partie de façade inférieure (zone beige) doit donc avoir un classement minimal E_1 alors que la partie supérieure doit avoir un classement minimal E_2 .



Figure 47 : Classement E de la façade

T : tenue au choc

L'immeuble sis au 30blv Victor Hugo possède une façade sur rue accessible et non protégé de la circulation sur le trottoir. Il est donc conseillé de prendre un classement T_4 à minima pour le Rez-de-chaussée (jusqu'à 2.50m au dessus du sol) et à minima T_2 dans les étages.

I : Incendie

Le classement de réaction au feu utilise la famille de bâtiment définie par la réglementation en vigueur (circulaire du 13 décembre 1982 pour l'habitation existante). D'après ce texte, le bâtiment A, dont le

plancher bas du logement le plus haut est situé à plus de 8 mètres au dessus du sol, est classé en 3^{ème} famille. Le Bâtiment B n'est lui qu'en 2^{ème} famille. Le niveau minimal requis est donc I₂ pour les deux bâtiments.

R : Resistance thermique

La Réglementation Thermique élément par élément, applicable à l'immeuble, définit une résistance thermique minimale des murs en cas de rénovation de ces parois fixée à 2.3 m².K/W. La résistance thermique du mur existant est de 0.44 m².K/W. La résistance minimale de l'isolation à mettre en place est donc de 1.56 m².K/W. Le classement minimal pour l'immeuble est donc R2. Pour information, le crédit d'impôt impose un R minimal de 2.8 m².K/W pour les murs soit un classement R3 minimum.

Qu'est-ce que la certification ACERMI des isolants ?

La certification ACERMI des isolants permet aux utilisateurs de choisir parmi différents produits celui qui convient le mieux à l'ouvrage. Cette certification exige l'affichage de la résistance thermique ainsi que les informations sur les caractéristiques physiques de l'isolant ; plusieurs critères (Figure 48) sont étudiés et évalués. Dans chaque catégorie, plus l'isolant est performant, plus le chiffre est élevé.

I	pour l'incompressibilité	de I1 à I5
S	pour la stabilité des dimensions	de S1 à S4
O	pour le comportement à l'eau	de O1 à O3
L	pour la traction	de L1 à L4
E	pour la perméance à la vapeur d'eau	de E1 à E4

Figure 48 : Classement ISOLE

Dans le cas d'une isolation par l'extérieur, la certification ACERMI conseil un niveau ISOL minimum en fonction du système d'ITE employé (Figure 49).


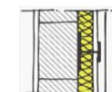
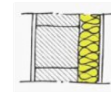
		Emploi	I	S	O	L	Texte(s) codificatif(s)	Exigence
ISOLATION EXTERIEURE DE PAROIS LOURDES		Isolant inséré dans un bardage rapporté, bardage traditionnel (1)	1	1	2	2	CPT Bardage (bois + métal) DTU 41.2	Niveau ISOL conseillé qui ne se substitue pas au DTU.
		Isolant pour vêtements	2	4	3	4	AT	Niveau ISOL conseillé qui ne se substitue pas aux exigences de l'avis technique du procédé
		Isolant pour vêtages	3	1	2	2	AT	Niveau ISOL conseillé qui ne se substitue pas aux exigences de l'avis technique du procédé
		Isolant inséré dans un revêtement attaché en pierre mince	1	1	2	2	DTU 55.2	Niveau ISOL conseillé qui ne se substitue pas au DTU.
		Isolant collé et recouvert d'un enduit mince armé ou hydraulique (1)	2	4	3	4	ATE et DTA	Niveau ISOL conseillé qui ne se substitue pas au ATE/ DTA
		Isolant fixé mécaniquement et recouvert d'un enduit mince armé	2	5	3	4	ATE et DTA	Niveau ISOL conseillé qui ne se substitue pas au ATE/DTA

Figure 49 : Classement ISOL des Systèmes d'Isolation par l'extérieur

Comment se comporte l'Isolation Thermique par l'Extérieur face au confort acoustique ?

La compatibilité de la réhabilitation thermique avec le confort acoustique doit faire l'objet d'une réflexion importante. A titre d'exemple, en doublant thermiquement la façade d'un immeuble on peut, suivant les matériaux utilisés, améliorer ou dégrader l'isolation acoustique entre appartements. De même, en changeant une installation de chauffage ou de ventilation, le confort acoustique du bâtiment peut évoluer dans un sens plus ou moins positif.

Un doublage peut soit améliorer, soit dégrader la qualité acoustique de la paroi support. Il faut donc prendre soin de vérifier ses performances qui sont caractérisées par les indices d'amélioration de l'indice d'affaiblissement acoustique ΔR_a et $\Delta R_{a, tr}$. Ces indices présentent une valeur positive ou négative suivant l'isolant.

Quel est l'impact d'une Isolation par l'Extérieur sur le comportement au feu de la façade ?

Le fait de rajouter des matériaux (isolant, ossature, revêtement, bardage, enduit) sur un support de façade maçonné, modifie le comportement au feu de la façade. Selon le type d'ouvrage, il convient de se rapporter à la réglementation en vigueur, notamment à l'instruction technique n° 249 relative aux façades (annexe de la circulaire du 21 juin 1982 modifiée le 3 juillet 1991).

Les paramètres entrant en jeu sont le classement en réaction au feu des parements extérieurs (défini dans l'article CO 20 du règlement de sécurité contre les risques d'incendie) et de la masse combustible mobilisable (défini dans l'annexe I de l'Instruction technique 249). Cette Instruction technique a pour objet de définir les solutions de façade de nécessitant ni de vérification expérimentale ni d'avis par analogie du CSTB.

L'extrait ci-dessous précise par exemple les systèmes d'Isolation Thermique par l'Extérieur recevables sans avis du CSTB.

Isolation par l'extérieur de maçonneries et bétons est réputée satisfaire au critère de non-propagation au 3^e niveau de l'essai Lepir II, si elle utilise les matériaux suivants :

- Enduit armé (treillis métallique) traditionnel épais (mortier-liants hydrauliques d'au moins 0.012 mètres d'épaisseur) sur isolant ;
- Enduit mince armé de fibre de verre sur polystyrène expansé M1.
- Bardage M2 avec lame d'air ventilée, conformément aux règles admises par les avis techniques, sur isolant minéral.

La réglementation reste cependant assez floue quant aux dispositions constructives à adopter. Compte tenu de ce vide juridique, la position des

Indices ΔR_a et $\Delta R_{a, tr}$: Mesurés en laboratoire, ces indices d'amélioration des indices d'affaiblissement acoustique R_a et $R_{a, tr}$ représentent la différence entre les indices d'une paroi doublée et d'une paroi non doublée vis-à-vis d'un bruit rose et d'un bruit de trafic. Ils sont exprimés en dB.

bureaux de contrôle est très variable. Lorsque la contrainte au feu est importante, notamment dans le cas d'immeuble de logement de R+4 et au-delà, cela peut pénaliser certains types d'isolant comme les fibres de bois. Dans les pays où l'ITE est plus développé qu'en France, il est courant d'alterner une isolation en polystyrène au niveau des parties courantes avec une bande horizontale en laine de roche.

Y-a-t-il une particularité en terme d'assurance des ITE ?

L'isolation thermique par l'extérieure ne représente aucune particularité vis-à-vis des assureurs. Les artisans ou les entreprises qui exécutent les travaux de pose doivent être couverts par contrat d'assurance qui reconnaît le lot d'isolation thermique par l'extérieur comme inclus dans la garantie. Le maître d'ouvrage public ou privé peut exiger le contrat d'assurance listant les garanties acquises de l'entreprise exécutante des travaux d'isolation.

Comme tout ouvrage exécuté, seuls des systèmes sous Avis Techniques doivent être employés pour garantir la pérennité et les performances nécessaires aux ouvrages de façade.

Les systèmes d'isolation thermique par l'extérieur relèvent de la garantie décennale.

G. Filière

Quel est le positionnement de l'Isolation par l'Extérieur sur le marché ?

Actuellement en France, pour une surface d'isolation de 350 millions de m² réalisée par an, la part d'Isolation Thermique par l'Extérieur représente 2% soit environ 8 millions de m².

Bien que 3 millions de m² d'Isolation par l'Extérieur était déjà mise en œuvre en 1980, et qu'en 30 ans la situation n'est pas sensiblement évoluée, l'air de l'Isolation Thermique par l'Extérieur semble définitivement lancée. La Fédération Française du Bâtiment prévoit 35 voire 40 millions de m²/an en l'espace de 5 ans. En ce qui concerne les systèmes d'enduit mince sur isolant, représentant 50% du marché de l'ITE, l'Union professionnelle peinture finition de la FFB prévoit un doublement du marché chaque année à compter de 2010.

Existe-t-il des qualifications professionnelles spécifiques à l'ITE ?

La formation des entreprises de pose constitue l'un des grands enjeux du développement de l'ITE, aussi bien pour le personnel d'application que pour l'encadrement qui doit maîtriser des notions liées aux économies d'énergie. Afin de répondre à la demande estimée pour les prochaines années, le nombre de professionnelles sur le secteur de l'Isolation Thermique par l'Extérieur devrait être multiplié par 4 ou 5 en l'espace de 5 ans. Fort de ce constat, et pour réduire les risques de malfaçons, la FFB travaille à la mise en

place d'une certification de qualification professionnelle destinée à attester de connaissance de base. La formation se déroulera sur plusieurs niveaux et concernera les décideurs et les opérateurs.

L'organisme de qualification de la Profession –Qualibat - propose des qualifications professionnelles pour les entreprises, notamment en ce qui concerne les façades dans la rubrique 713-Isolation Thermique par l'Extérieur :

- Qualification 7131 Isolation thermique par l'extérieur (enduit sur isolant) avec mentions complémentaire Patrimoine bâti
- Qualification 7132 Isolation thermique par l'extérieur (bardage - vêtture)
- Qualification 7133 Isolation thermique par l'extérieur

L'ensemble de ces trois qualifications peuvent être éventuellement complémentées par une mention « économie d'énergie ».

Les qualifications 611 ou 612, spécifiques aux ravalements de façades suffisent à l'entretien des systèmes d'isolation peu dégradé de type K1 et K2 d'après le classement des règles Etics. Pour des travaux de rénovation (type K3 et K4), le niveau de qualification 713 est requis en plus du niveau de qualification 611.

La qualification 381 est spécifique à la pose de bardages mais non intégré à un complexe d'Isolation Thermique par l'Extérieur.

Destinée aux concepteurs, aux entreprises comme aux contrôleurs, le CSTB propose une formation spécifique à l'Isolation Thermique par l'Extérieur.

De plus, de nombreuses formations sont mises en place pour le personnel d'exécution. La profession propose des formations initiales et continues, dans le cadre de CAP ou CQP. Des industriels (comme le leader du secteur de l'ITE STO) proposent aussi des formations sur leurs systèmes, ainsi que de l'accompagnement technique sur les chantiers.

Mais l'Isolation Thermique par l'Extérieur ne concerne pas moins de 16 professions (peintres, maçon, façadiers, métalliers, couvreurs, fabricant de joints, d'enduits, de bardages, vêttures, etc.), ce qui explique la lenteur de mise en place de ce marché.

Pour aller beaucoup plus loin

- ADEME. (2005). *Cahier des Charges : Conseil d'orientation énergétique dans les bâtiments*.
- ADEME. (s.d.). Maîtriser l'énergie dans l'habitat, les aides financières habitat 2010.
- ADEME, & COSTIC, F. (2004). *Amélioration énergétique des bâtiments existants : les bonnes solutions*. (SEBTP, Éd.) PARIS.
- ANAH. (1979). *Les planchers anciens: renforcer-remplacer-isoler*. Paris: edition du Moniteur.
- AQC. (2009, Septembre-Octobre). *Agence Qualité Construction* (n°116).
- AQC. (2009, juillet). Fiches pathologie D.06 "désordre des systèmes d'isolation Thermique des façades par l'Extérieur.
- Architecture et isolation par l'extérieur : une conjugaison laborieuse. (1984, avril-mai). *Bâtiment énergie* (n°32).
- Arene/Ademe. (janvier 2008). *Construction Durable et bonus de COS*.
- CETE de l'Est. projet BATAN.
- Classement reVETIR des systèmes d'isolation thermique des façades par l'extérieur. (1996, décembre). *Cahier du CSTB* (n°2929).
- COLLOMBET, R. (1985). *L'humidité des bâtiment anciens : causes et effets, diagnostic, remèdes*. Paris: Editions du Moniteur.
- Construction, A. Q. (2009, juillet). Perméabilité des façades à la vapeur d'eau. *Les points sensibles en conception et en mise en oeuvre*.
- CSTB. (2009, août). Les ponts Thermiques dans le bâtiment. *Guide Pratique Développement Durable*.
- CSTB. (2000). *Repérage des points singuliers de l'ITE_Solutions techniques, points singuliers en murs-manteau*.
- CSTB. (1998, avril). Systèmes d'isolation thermique extérieure avec enduit mince sur polystyrène expansé. *Cahier des prescriptions techniques d'emploi et de mise en oeuvre* (n°3035 livraison 388).
- DREIF/Cabinet/Mission Juridique. *Note Isolation par l'extérieur*.
- DREIF/DSDD. (avril 2010). *Isolation par l'extérieur, occupation du domaine public : questions juridiques*.
- EDF. (1980). *Connaissance de l'Habitat existant : Le bâti ancien en Ile-de-France*. Paris.
- efficacité énergétique : les peintres parient sur l'isolation thermique par l'extérieur. (2009, mai 22). *Le Moniteur* (n°5504), pp. 12-13.
- Entreprise, J. *L'Isolation Thermique par l'Extérieur*.
- Espace Info Energie. (s.d.).
- Fédération Française du Bâtiment. (2009). *L'essentiel sur les Techniques d'isolation Thermique par l'Extérieur_ Questions/réponses*.
- Focus sur la loi Grenelle 2. (2010, juillet-août). *Le Particulier* (n°1051).
- Guide de l'éco-rénovation. (2009). *Habitat Naturel Construire Sain & Vivre Sain* (Hors série n°6).
- <http://avocats.fr>. (s.d.).
- <http://energie.wallonie.be/fr>. (s.d.).
- <http://www.planete-energie.com>. (s.d.).
- Instruction technique n°249 relative aux façades. (s.d.).
- Isolation extérieure : Efficacité et gain de place. (2010, février-mars). *Côté Rénovation* (n°21), pp. 34-38.
- ITE et points singuliers. (2010, juillet 13). *Cahier Technique du Bâtiment n°298*, p. 49.
- ITE et points singuliers. (2010, juillet 13). *Cahier Technique du Bâtiment n°298*, pp. 49-53.
- Les condensation dans les logements après isolation _Traiter. (2006, septembre-octobre). *Qualité Construction* (n°98).
- Les condensation dans les logements après isolation _comprendre. (2006, janvier-février). *Qualité construction* (n°94).
- Les condensation dans les logements après isolation _Diagnostiquer. (2006, juillet-août). *Qualité Construction* (n°97).
- Les condensation dans les logements après isolation _Les facteurs favorables. (2006, mars-avril). *Qualité Construction* (n°95).
- Les condensation dans les logements après isolation _Prévenir. (2006, mai-juin). *Qualité Construction* (n°96).

Les Règles Professionnelles pour l'Entretien et la Rénovation des Systèmes d'Isolation Thermique par l'Extérieur (Etics). (2005). *Lettre Joint et Façades* (n°5).

LREP, D. D. (2010). *Les écomatériaux dans l'aménagement et la construction en île de France*.

Maisons paysannes de France, MEDDAT, CETE, ADEME. (12 mai 2009). Amélioration thermique et Bâti Ancien. Clermont-Ferrand.

MEEDAT. (mars 2009). *Diagnostic de Performance Energétique_Guide de Recommandation*.

MEEDDEM, & logement, M. d. (mai 2009). *Diagnostic de Performance Energétique - Guide d'insection sur site*.

MEEDDEM, & Logement, M. d. (mars 2009). *Diagnostic de Performance Energétique*.

MEEDDEM. *Fiche de diagnostic léger et d'audit énergétique du patrimoine bâti de l'état*.

Moya, J.-P., Lopez-Diaz, M., & Bravaccini, D. (21-22 juin 2010). Copropriétés et rénovation énergétique. *MDH-Cycles construction Durable*. Evry.

Nouvelles règles pour l'ETICS. (2005, juillet-août). *Qualité Construction* (n°91).

Nouvelles règles pour l'ETICS. (2010, mars-avril). *Qualité Construction* (n°119).

Parexlanco. *Brochure commerciale sur l'ITE*.

Perméabilité des façades à la vapeur d'eau. (2010, janvier-février). *Qualité Construction* (n°118), pp. 34-45.

PLU de la ville de Paris. (s.d.).

Rénovation thermique en copropriété: gérer des contraintes très spécifiques. (2010, mars-avril). *Qualité Construction* (n°119).

Rénover les ITE : une approche complexe, un engagement lourd. (2005, avril-mai). *Qualité Construction* (n°89).

Sidler, O. (1 avril 2010). La rénovation à très basse consommation d'énergie des logements existants. paris.

table ronde CSTB/CECIBAT. (janvier février 1982). L'intégration architecturale de l'Isolation par l'Extérieur., (p. cahier 1753).

UCL guide architectes. (s.d.). Récupéré sur <http://www-climat.arch.ucl.ac.be>.

www.ademe.fr. (s.d.).

www.architekt-unterrainer.com. (s.d.).

www.consommerdurable.com. (s.d.).

www.curbain.be. (s.d.).

www.energieplus-lesite.be. (s.d.).

www.ile-de-france.ademe.fr. (s.d.).

www.kingpanpanel.com. (s.d.).

www.legrenelle-environnement.fr. (s.d.).

www.okalux.de. (s.d.).

www.planete-energies.com. (s.d.).

www.qualibat.com. (s.d.).

www.rt-batiment.fr/. (s.d.).

www.veka.fr. (s.d.).

Sommaire

Introduction	3
------------------------------------	-------------------

QUESTIONS DES PROPRIÉTAIRES.....	4
---	----------

A. Repères.....	5
---------------------------------	-------------------

Pourquoi l'Isolation Thermique par l'Extérieur ?.....	5
---	---

1. Précautions.....	6
-------------------------------------	-------------------

Quelle est la démarche pour aboutir à une amélioration énergétique du bâti et en particulier à une isolation thermique par l'Extérieur ?.....	6
---	---

Une étude thermique est-elle réglementairement obligatoire avant la réalisation d'une Isolation Thermique par l'Extérieur ?.....	7
--	---

Quelles sont les autorisations administratives préalables aux travaux d'Isolation Thermique par l'Extérieur ?....	7
---	---

Quels sont les points de vigilance à identifier à l'occasion du diagnostic préalable à la pose d'Isolation par l'Extérieur ?.....	8
---	---

Pourquoi est-il important d'assurer une bonne ventilation d'un bâtiment, en particulier après la pose d'une Isolation Thermique par l'Extérieur ?.....	8
--	---

2. Financement.....	9
-------------------------------------	-------------------

Combien coûte une Isolation Thermique par l'Extérieur ?.....	9
--	---

Quelles sont les aides financières ?.....	9
---	---

Quelles sont les économies visées après une Isolation Thermique par l'Extérieur ?.....	10
--	----

B. Aller plus loin.....	13
---	--------------------

1. Architecture.....	13
--------------------------------------	--------------------

Quels sont les enjeux de l'intégration architecturale de l'Isolation par l'Extérieur ?.....	13
---	----

Quels aspects architecturaux l'Isolation Thermique par l'Extérieur permet-elle de donner aux façades ?.....	14
---	----

2. Environnement.....	15
---------------------------------------	--------------------

Quel est le coût environnemental d'une Isolation par l'Extérieur ?.....	15
---	----

La réalisation d'Isolation Thermique par l'Extérieur implique-t-elle nécessairement le changement des fenêtres ?.....	16
---	----

3. Entretien.....	17
-----------------------------------	--------------------

Quel doit être l'entretien d'une Isolation Thermique par l'Extérieur ?.....	17
---	----

4. Confort.....	19
---------------------------------	--------------------

Quels sont les avantages thermiques d'une Isolation Thermique par l'Extérieur ?.....	19
--	----

5. Matériaux et systèmes durables.....	22
--	--------------------

Existe-il des matériaux durables pour l'isolation par l'Extérieur ?.....	22
--	----

Existe-il des innovations en terme d'Isolation par l'Extérieur ?.....	25
---	----

QUESTIONS COMMUNALES.....	28
----------------------------------	-----------

A. Problématiques.....	29
--	--------------------

Quels sont les contraintes liées à l'emprise sur l'espace public et l'espace privé ?.....	29
---	----

Comment les articles du PLU peuvent être modifiés afin de favoriser l'Isolation Thermique par l'Extérieur ?....	31
---	----

B. Obstacles.....	36
Dans le cas d'une isolation thermique par l'extérieur, l'épaisseur de l'isolant est elle prise en compte dans le calcul des surfaces hors œuvres (SHOB, SHON, COS) ?.....	36
L'isolation thermique par l'extérieur d'une extension permet elle une bonification du COS ?.....	37
Quelles sont les particularités pour l'amélioration énergétique des immeubles en copropriété ?.....	38
QUESTIONS TECHNIQUES.....	40
A. Systèmes.....	41
Quels sont les différents types de procédés d'Isolation Thermique par l'Extérieur pour les façades sur le marché ?	41
Quels sont les différentes techniques de fixation de l'isolant à la façade ?.....	43
Quels sont les différents types de revêtements ?.....	43
Quelles caractéristiques doit avoir l'isolant ?.....	44
Sur quel type de mur une Isolation Thermique par l'Extérieur peut-elle être posée ?.....	46
B. Chantier.....	48
Quel type d'échafaudage peut-on utiliser ?.....	48
L'Isolation Thermique par l'Extérieur génère-t-elle des déchets ?.....	48
Quels sont les points sur lesquels il faut être vigilant lors du chantier ?.....	48
C. Entretien et rénovation.....	49
Comment limiter les pathologies et assurer la pérennité de l'Isolation Thermique par l'Extérieur ?.....	49
D. Thermique et Humidité.....	50
Quels sont les principaux points singuliers en ITE et comment les traiter ?.....	50
Quel est l'impact de l'Isolation Thermique par l'Extérieur sur les ponts thermiques ?.....	52
Quel est l'impact de l'isolation par l'Extérieur sur la condensation/humidité ?.....	54
Comment bien ventiler un bâtiment en rénovation ?.....	59
E. Architecture et Isolation par l'Extérieur.....	60
Quelles sont les solutions liées au problème de dégradation de l'ITE, en particulier au RdC ?.....	60
Quelles sont les contraintes liées au choix du revêtement de façade ?.....	61
F. Réglementaire.....	62
Quelles règles régissent l'Isolation Thermique par l'Extérieur ?.....	62
Comment fonctionne le système de classement reVETIR ?.....	63
Qu'est-ce que la certification ACERMI des isolants ?.....	65
Comment se comporte l'Isolation Thermique par l'Extérieur face au confort acoustique ?.....	66
Quel est l'impact d'une Isolation par l'Extérieur sur le comportement au feu de la façade ?.....	66
Y-a-t-il une particularité en terme d'assurance des ITE ?.....	67
G. Filière.....	67
Quel est le positionnement de l'Isolation par l'Extérieur sur le marché ?.....	67
Existe-t-il des qualifications professionnelles spécifiques à l'ITE ?.....	67
Pour aller beaucoup plus loin.....	69

Ressources, territoires et habitats
Énergie et climat
Développement durable
Prévention des risques
Infrastructures, transports et mer

**Présent
pour
l'avenir**

Direction régionale et interdépartementale de l'Équipement
et de l'Aménagement d'Ile-de-France
21/23 rue Miollis
75732 PARIS cedex 15
Tél. 01 40 61 80 80
Fax 01 40 61 81 61