

ANNEXE 1 : Règlement d'attribution des aides MUR|MUR 2



MUR|MUR 2

Bouquets de travaux
&
Modalités des aides financières

Février 2016



Table des matières

Bouquets de travaux & modalités d'aide

Introduction.....	3
1. Cible, durée, exigences techniques, clauses sociales.....	3
2. Règles de recevabilité des dossiers	3
3. Cadre de partenariat Métropole – Communes	4
4. Articulation MUR MUR 2 et autres dispositifs	6
5. Bouquets de travaux & Aides financières	7
→ Offre 1 : rénovation thermique progressive	7
→ Offre 2 : rénovation thermique complète	12
→ Offre 3 : rénovation thermique exemplaire	17
6. Les aides de droit commun	22
7. Plafonds de ressources des ménages.....	29

Référentiel technique "Copropriétés 1945 - 1975"

Contexte et obligations d'ordre général.....	33
Les façades et les pignons	34
Les toitures	40
Les planchers bas	44
Les menuiseries extérieures	47
La ventilation	49

Référentiel technique "Maisons Individuelles"

Avant-propos.....	54
Introduction.....	55
Toiture.....	56
Parois opaques.....	61
Ouvrants et menuiseries	68
Ventilation	73
Systèmes de production de chaleur et ECS.....	77
Annexe 1 : Les ponts thermiques	82
Annexe 2 : Traitement des tableaux de fenêtre.....	86
Annexe 3 : Isolation des façades sous dalle	92
Annexe 4 : Isolation des toitures et sécurité incendie.....	93
Annexe 5 : Des avantages de l'isolation thermique par l'extérieur	95
Annexe 6 : L'isolation thermique par l'intérieur	96
Annexe 7 : Les isolants minces.....	99
Annexe 8: Ventilation et qualité de l'air	100
Annexe 9 : Les systèmes de production de chaleur	103
Glossaire.....	112
Références bibliographiques.....	114

Introduction

Le présent document a pour objet de préciser les modalités techniques et financières à respecter pour percevoir les aides financières proposées dans le cadre de MUR|MUR 2. Le dispositif mis en place prévoit des aides de la Métropole et de ses partenaires, les communes notamment, destinées aux copropriétés construites entre 1945 et 1975 sur le territoire de la Métropole (49 communes).

1. Cible, durée, exigences techniques, clauses sociales

→ Cible :

Copropriétés de logements construites (date de l'obtention ou du dépôt du permis de construire) entre le 1^{er} janvier 1945 et le 31 décembre 1975 situées sur le territoire Métropole, dont au moins 75 % des quotes-parts sont compris dans des lots principaux affectés à l'usage d'habitation utilisés ou destinés à être utilisés à titre de résidence principale.

La copropriété doit être composée d'au moins 2 logements, 2 propriétaires au minimum, dans un même ensemble bâti, avec une vocation principale d'habitation, et qui doit procéder à un vote collectif en Assemblée Générale pour choisir un des bouquets de travaux du dispositif MUR|MUR 2.

Les copropriétés composées de bâtiments séparés ne comprenant qu'un seul logement par bâtiment ne sont pas éligibles. Ces cas seront traités selon les modalités établies dans le parcours de service « Maisons Individuelles ».

→ Durée :

Les dossiers de demande de subvention sont recevables à partir du 1^{er} avril 2016 et jusqu'au 1er novembre 2020, afin que la commission d'attribution des aides statue avant le 31 décembre 2020.

→ Exigences techniques :

Éligibilité des travaux sous condition du respect du référentiel technique MUR|MUR 2 et selon l'accord du comité technique, du comité d'engagement (revue de projets) et de la commission d'attribution des aides financières.

→ Clauses sociales :

Éligibilité des travaux sous condition du respect des clauses sociales chaque fois qu'un lot de travaux MUR|MUR 2 dépassera 90 000 € HT.

Le syndic de copropriété devra veiller à ce que le maître d'œuvre (architecte) introduise une clause sociale dans le cahier des charges de consultation des entreprises intervenant dans les projets de rénovation thermique MUR|MUR 2. Le syndic en tant que mandataire de la copropriété devra s'engager au respect de ces clauses.

Les procès-verbaux d'assemblée générale de vote des travaux MUR|MUR 2 seront contrôlés afin de vérifier que la délibération « clause sociale » y figure, le cas échéant. De même des copies des cahiers des charges de consultation des entreprises devront être archivées pour justifier du respect des clauses sociales lors de la consultation des entreprises.

2. Règles de recevabilité des dossiers

Pour bénéficier du système d'aides aux travaux, la copropriété doit avoir au préalable :

- Signé la charte d'engagement de l'opération,
- Pour les copropriétés en chauffage individuel : fait réaliser par l'Agence Locale de l'Energie un conseil personnalisé gratuit,

- Pour les copropriétés en chauffage collectif de moins de 50 lots : un diagnostic de performance énergétique (DPE) à la charge de la copropriété,
- Pour les copropriétés en chauffage collectif de plus de 50 lots : un audit énergétique à la charge de la copropriété¹,
- Décidé de réaliser un des bouquets de travaux aidés, respectant le référentiel de travaux de l'opération, justifiant le cas échéant les dérogations demandées,
- Obtenu la validation du comité technique d'instruction des dossiers de l'opération et du Comité d'engagement,
- Pris l'engagement de céder à la Métropole uniquement la totalité des certificats d'économie d'énergie générés par les travaux subventionnés par le présent dispositif, et de s'interdire d'autoriser un tiers, quel qu'il soit, à déposer une demande de certificats concernant ces mêmes opérations,
- Désigné une équipe de maîtrise d'œuvre comprenant obligatoirement un architecte pour le suivi de l'opération, qui justifie du respect du référentiel technique et de la charte de prescriptions architecturales, et qui produise un carnet de détails aux services instructeurs et aux entreprises,
- Eu l'assurance de la faisabilité juridique des travaux (emprise sur la voie publique, mitoyenneté...),
- Obtenu un avis architectural favorable du comité technique sur le projet avant la présentation en copropriété et avant le passage en Commission d'attribution des aides,
- Autorisé les financeurs du dispositif MUR|MUR 2 à utiliser et à communiquer les informations liées aux opérations de travaux, notamment par une obligation du maître d'œuvre à poser la bache MUR|MUR 2 lors du chantier,
- Signé une convention avec la Métropole et l'Anah permettant de mandater le syndic à percevoir les subventions au nom et pour le compte des copropriétaires,
- Attendu la décision d'attribution des subventions par les financeurs avant de démarrer les travaux.

Le dossier de demande d'aides aux travaux est élaboré et présenté par l'équipe d'animation :

- en Comité technique d'instruction des dossiers,
- en Comité d'engagement (revue de projet),
- puis auprès de la Commission d'attribution des aides le cas échéant.

Les modalités d'aide et les règles techniques de recevabilité des dossiers pourront évoluer sur proposition du Comité technique et accord du Comité de pilotage MUR|MUR 2.

3. Cadre de partenariat Métropole – Communes

Les aides financières proposées comprennent une participation des communes de la Métropole qui souhaite s'engager dans ce projet au côté de Grenoble Alpes Métropole. Cette participation ne concerne que les aides individuelles sous condition de ressources (à la personne).

Si la commune souhaite adhérer au dispositif, elle participe au minimum de la manière suivante :

- 10 % du reste à charge du copropriétaire après déduction de l'aide forfaitaire, sur la base du plafond de ressources ANAH « propriétaire occupant modeste »,
- 15 % du reste à charge du copropriétaire après déduction de l'aide forfaitaire, sur la base du plafond de ressources ANAH « propriétaire occupant très modeste »,
- OPTION : afin de limiter les effets de seuil entre les propriétaires occupants aidés et non aidés,

la commune pourra participer selon le pourcentage de son choix au financement des propriétaires occupants dont les revenus correspondent au plafond du Prêt Social Location Accession (PSLA).

Par ailleurs, la Commune participante a la **possibilité d'introduire un des critères de priorité** suivants pour attribuer ses aides :

❖ **social**

○ ***critère de l'OPAH Copropriété Dégradée***

Le respect de ce critère doit être justifié par une étude pré opérationnelle d'OPAH Copropriétés Dégradées sous maîtrise d'ouvrage de la Métropole. La copropriété doit intégrer dans le programme de travaux de l'OPAH-CD voté en assemblée générale de copropriété une des offres MUR|MUR 2.

La commune peut faire le choix de n'intervenir qu'après des copropriétés faisant l'objet d'une intervention au titre d'une OPAH-CD afin de renforcer son effort contre la précarité énergétique.

○ ***critère de fragilité***

L'AURG a développé un outil de veille des copropriétés sur l'ensemble du territoire métropolitain. Sur la base d'un indice composite, l'AURG a défini un critère de fragilité permettant le repérage des copropriétés.

La commune peut faire le choix de n'intervenir qu'après des copropriétés retenues comme fragiles dans l'outil de veille de l'AURG. La Métropole fournira à la demande la liste des copropriétés en question à la commune.

❖ **territorial**

○ ***Zonage ANRU***

La commune peut prioriser son intervention sur les copropriétés situées dans les secteurs en renouvellement urbain de son territoire.

○ ***Projet urbain ou périmètre de ravalement obligatoire***

Le périmètre d'un projet urbain ou d'un secteur en ravalement obligatoire peut être retenu pour intervenir prioritairement sur les copropriétés situées en son sein.

❖ **Objectif quantitatif ou budgétaire**

○ ***Nombre de logements***

La commune peut limiter son intervention à un nombre de logements rénovés sur le plan énergétique.

○ ***Objectif budgétaire***

La commune peut définir une enveloppe de crédit à consacrer au dispositif MUR|MUR 2. Les services de la Métropole lui transmettront les éléments nécessaires au pilotage de cette enveloppe en fonction de l'émergence des projets de rénovation sur son territoire.

4. Articulation MUR|MUR 2 et autres dispositifs

Les copropriétés traitées en « OPAH Copropriétés dégradées » qui votent en plus des travaux classiques de l'OPAH un des bouquets de travaux MUR|MUR 2, bénéficieront de l'aide globale au syndicat MUR|MUR 2 (apportée par les certificats d'économie d'énergie et la Métropole) en plus des aides de l'OPAH.

Ces subventions sont conditionnées à l'éligibilité de la copropriété au dispositif OPAH-CD après avis favorable du comité de pilotage de la Métropole, et par la validation du comité technique MUR|MUR 2 et du comité d'engagement sur le bouquet de travaux à réaliser.

Les propriétaires bailleurs seront invités à conventionner avec l'Anah leur logement en conformité avec les dispositifs développés par la Métropole.

MUR|MUR 2 est cumulable avec la Prime Air Bois de Grenoble Alpes Métropole destinée à aider les particuliers à renouveler leurs appareils de chauffage individuels au bois non performants.

Les complémentarités avec les aides aux travaux du Conseil Départemental de l'Isère seront valorisables dans MUR|MUR 2, ces aides s'adressant aux propriétaires de maisons individuelles, de logements en copropriétés de six lots maximum et aux propriétaires bailleurs ayant conventionné avec l'ANAH.

5. Bouquets de travaux & Aides financières

→ Offre 1 : rénovation thermique progressive

Cette offre vise à promouvoir l'isolation par l'extérieur des façades (et pignons), ciblant de manière privilégiée les copropriétés envisageant d'entreprendre le ravalement des façades.

Ce bouquet de travaux comprend trois niveaux d'engagement :

- Les travaux obligatoires,
- Les travaux en option,
- Les préconisations de travaux non subventionnés.

a) Travaux non subventionnés

Les préconisations de travaux constituent une prestation incluse dans l'offre n°1 sous la forme d'un accompagnement réalisé par l'Agence Locale de l'Energie et du Climat. Les travaux qui découleraient de cet accompagnement ne font pas l'objet de subvention directe dans le cadre du dispositif MUR|MUR 2. Néanmoins, ces travaux seront éligibles au financement sous forme de prêt bonifié en partenariat avec la Banque Populaire des Alpes.

Les préconisations de travaux comprennent :

- Pour les copropriétés en chauffage collectif :
 - Un accompagnement sur le contrat exploitation-maintenance de la chaufferie incluant la production et la distribution d'ECS le cas échéant,
 - Un accompagnement technique et une aide à la décision pour la mise à niveau des réseaux (désembouage et équilibrage des réseaux hydrauliques, réglage de la loi d'eau) afin de conforter et pérenniser les économies de charges.

b) Travaux subventionnés

Vote en une seule Assemblée générale des travaux suivants :

❖ TRAVAUX OBLIGATOIRES :

- Isolation extérieure des façades opaques,
- Remplacement des menuiseries des parties communes (fenêtres des montées & portes d'entrée des halls),
- Obligation de modification des menuiseries en parties privatives étanchées à l'air dans les pièces sèches.

❖ TRAVAUX EN OPTION :

- Installation ou réfection du système de ventilation existant par un système efficace sur le plan énergétique.

Toute façade faisant l'objet d'un ravalement doit obligatoirement être isolée sauf dérogation obtenue en comité technique.

c) Dérogations

Postes travaux à réaliser	Dérogations/exonérations
isolation façades et pignons par l'extérieur	- impossibilité technique ou architecturale, - si taux de surface vitrée inférieur à 20% de la surface habitable, alors pas d'obligation de retour d'isolant en tableau de fenêtres

Les dérogations ne pourront pas justifier le non-respect d'un seuil de 50% de la surface (parois opaques + surfaces vitrées).

d) Les aides financières

Aide financière apportée au syndicat des copropriétaires, cette subvention est calculée sur la base d'un forfait attribué aux lots principaux d'habitation, de commerce et d'activités, hors garages et locaux techniques.

Les travaux couverts par le forfait d'aide globale sont les travaux obligatoires et les travaux en option.

Le forfait d'aide globale dépend exclusivement du bouquet de travaux choisi. Aucun critère lié au statut des copropriétaires (occupant ou bailleur, personne morale ou physique) ne rentre en compte dans la détermination de ce volet d'aide.

En offre n°1, les montants forfaitaires sont les suivants

- Travaux obligatoires : 600 € par lot principal.
- Travaux en option : 200 € supplémentaires par lot principal.

Modalités de versement de l'aide :

- Acompte de 50% à l'ordre de service signé ou engagement signé de démarrer les travaux sous délai.
- Solde de 50% sur factures acquittées

2 – Les aides individuelles complémentaires

Les subventions complémentaires individuelles viennent s'ajouter au forfait d'aide globale à la copropriété.

Ces aides, individualisées, sont définies en fonction des revenus des propriétaires occupants. Elles sont calculées sur la base d'un taux de subvention appliqué au montant des travaux *HT (dont coûts induits, frais de maîtrise d'œuvre, SPS et bureau de contrôle, honoraire de syndic)*, **une fois l'aide globale déduite**.

Aides à la personne	Propriétaire occupant				Propriétaire bailleur
	Propriétaire occupant (PO)	Classe moyenne (PSLA)	Modeste (Mo)	Très modeste (TMo)	Libre (LL)
% aide sur coût HT					
Métropole	0%	0%	40%	10%	0%
Commune*	0%	0%	10%	15%	0%
Anah	0%	0%	0%	50%	0%
TOTAL	0%	0%	50%	75%	0%

* La participation communale ci-dessus est celle recommandée par les instances métropolitaines. Sa modalité peut cependant varier. Seules les conventions de partenariat bilatéral entre la Métropole et les Communes participantes à mur|mur 2 font autorité pour l'octroi des aides communales.

L'aide à la personne est plafonnée selon les modalités suivantes :

Montant maximum de l'assiette de travaux subventionnables (tous types confondus) par logement (aide globale à la copropriété déduite) : **16 250 € HT**.

Les subventions (globales + individuelles) ne pourront dépasser le maximum légal de 80% (100% pour les propriétaires occupants très modestes) du coût global de l'opération (HT), ce qui nécessitera un écrêtement des aides le cas échéant.

Le statut des propriétaires occupants est déterminé en fonction de leur niveau de ressources, selon les plafonds de l'Anah en vigueur (cf. §7).

Le montant et les conditions d'attribution d'aides individuelles complémentaires pour les propriétaires bailleurs souhaitant pratiquer un loyer maîtrisé sont fixés dans le cadre du dispositif métropolitain ad hoc.

3 – Le prêt Banque Populaire des Alpes

Il comprend les caractéristiques suivantes :

- Prêt collectif à adhésion individuelle facultative (au moins 2 copropriétaires doivent le souscrire) avec deux options par copropriétaire :
 - financement de la totalité de la quote-part
 - financement de la totalité de la quote-part, subventions déduites
- Durée maximale de 15 ans,
- Taux bonifié à 1,5%,
- Frais dossiers par copropriété de 0,5% du montant du prêt plafonné à 450 €,
- Capital emprunté par copropriétaire : maximum de 15 000 €, minimum de 3 000 €,
- Prêt accessible à tous : sans analyse de la capacité individuelle d'endettement (sauf interdit banque de France et surendettement), sans assurance individuelle à souscrire (décès, invalidité...), sans limite d'âge, sans pénalité de remboursement anticipé du prêt (uniquement à la suite d'une vente ou d'une mutation),

- Impératif : le propriétaire doit être à jour de ses charges copropriété,
- Possibilité de déblocage anticipé du prêt possible jusqu'à 100% du montant demandé.

Ce prêt est octroyé au syndicat des copropriétaires (personne morale) dont le représentant légal est le syndic pour le financement des travaux. Le rôle du syndic pour l'obtention du prêt est le suivant :

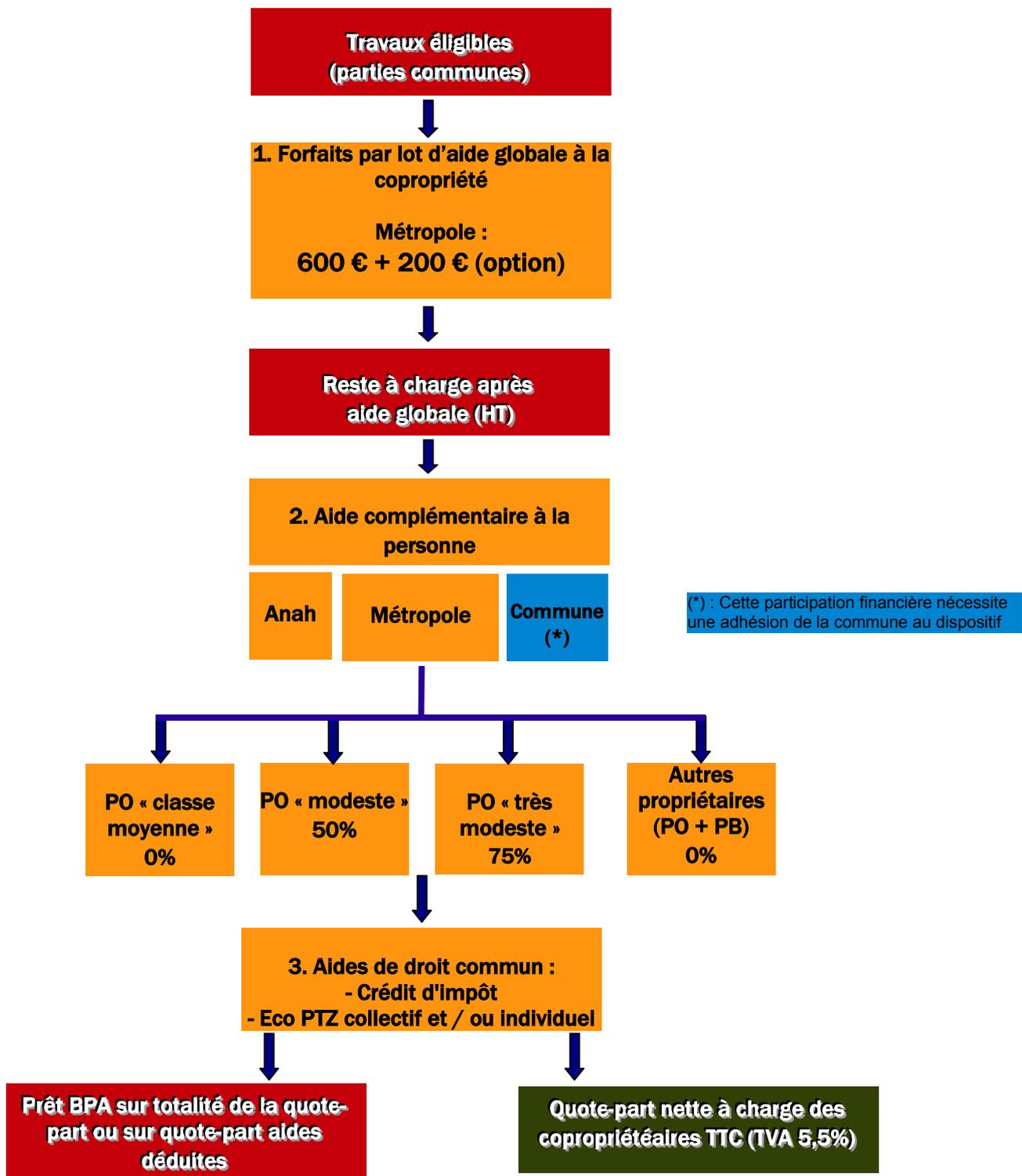
- Ouvrir un compte prêt copropriété à la BPA,
- Organiser les appels de fonds trimestriels auprès des copropriétaires concernés, et déposer les fonds sur le compte,
- Recouvrement : en cas de non-paiement d'un copropriétaire, le syndic, après deux lettres recommandées restées sans suite, transfère le dossier à la banque.

Ce prêt se veut être une offre de financement complémentaire de l'éco prêt à taux zéro (EcoPTZ) collectif mobilisé en priorité et distribué par le Crédit Foncier de France (CFF).

L'instruction et le versement du prêt BPA sont réalisés directement par la Banque Populaire des Alpes, sur le compte ouvert par le syndic, pour la copropriété.

La constitution du dossier de demande de prêt est réalisée par l'opérateur de suivi-animation MUR|MUR 2. Il assure la phase d'information et de mobilisation du syndicat des copropriétaires et prépare en lien avec le syndic les modalités de délibération en assemblée générale de copropriété. Il fournit au syndic la liste des copropriétaires intéressée pour la souscription du prêt BPA et rassemble toutes les pièces justificatives à transmettre à la banque. Le syndic se charge de transmettre à la BPA le dossier complet de demande de prêt pour instruction.

Synthèse offre 1 : Rénovation progressive



→ Offre 2 : rénovation thermique complète

Offre centrale du dispositif, cette offre vise à proposer la réalisation de la rénovation complète des parois opaques de la copropriété (murs, toiture et plancher bas), par des techniques d'isolation par l'extérieur.

Ce bouquet de travaux comprend trois niveaux d'engagement :

- Les travaux obligatoires,
- Les travaux en option,
- Les préconisations de travaux non subventionnés.

a) Travaux non subventionnés

Les préconisations de travaux constituent une prestation incluse dans l'offre n°1 sous la forme d'un accompagnement réalisé par l'Agence Locale de l'Energie et du Climat. Les travaux qui découleraient de cet accompagnement ne font pas l'objet de subvention directe dans le cadre du dispositif MUR|MUR 2. Néanmoins, ces travaux seront éligibles au financement sous forme de prêt bonifié en partenariat avec la Banque Populaire des Alpes sous réserve de l'accord de la banque.

Les préconisations de travaux comprennent :

- Pour l'ensemble des copropriétaires : un avis technique et un conseil « individuel » à la demande pour le changement des menuiseries (fenêtres et portes-fenêtres) à l'échelle d'un logement. Les copropriétaires sont ainsi encouragés, à titre individuel, à effectuer le remplacement de leurs menuiseries, de manière concomitante aux travaux d'isolation des parois opaques.
- Pour les copropriétés en chauffage collectif :
 - Un accompagnement sur le contrat exploitation-maintenance de la chaufferie incluant la production et la distribution d'ECS le cas échéant,
 - Un accompagnement technique et une aide à la décision pour la mise à niveau des réseaux (désembouage et équilibrage des réseaux hydrauliques, réglage de la loi d'eau) afin de conforter et pérenniser les économies de charges.

b) Travaux subventionnés

Vote en une seule Assemblée générale des travaux suivants :

❖ TRAVAUX OBLIGATOIRES :

- Isolation extérieure des façades opaques,
- Isolation de la toiture,
- Isolation du plancher bas,
- Remplacement des menuiseries des parties communes (fenêtres des montées & portes d'entrée des halls),
- Obligation de modification des menuiseries des parties privatives étanchées à l'air dans les pièces sèches.

❖ TRAVAUX EN OPTION :

- Installation ou réfection du système de ventilation existant par un système efficace sur le plan énergétique.

Toute façade faisant l'objet d'un ravalement doit obligatoirement être isolée sauf dérogation obtenue en comité technique.

c) Dérogations

Afin de tenir compte de la diversité des situations des copropriétés présentes sur le territoire de l'agglomération, un certain nombre de cas de figure ont été prévus, permettant de déroger totalement ou partiellement à l'obligation de travaux pour chacun des postes concernés. Le maître d'œuvre en charge de la conception du programme de travaux aura la charge d'argumenter les demandes de dérogation dont la recevabilité sera jugée par le comité technique MUR|MUR 2.

Postes travaux à réaliser	Dérogations/exonérations
isolation façades et pignons par l'extérieur	- impossibilité technique ou architecturale, - façade ravalée depuis moins de 10 ans (mais si moins de 50% de façade à isoler = pas d'éligibilité à l'offre 1) sauf s'il est prévu qu'elle soit ravalée à nouveau, - si taux de surface vitrée inférieur à 20% de la surface habitable, alors pas d'obligation de retour d'isolant en tableau de fenêtres,
isolation plancher bas	- contraintes de hauteur (hauteur de plafond inférieure à 1m80 après travaux) ou d'accès à des tuyaux ou des gaines techniques, - impossibilité technique ou architecturale
isolation toiture terrasse ou traditionnelle	- existence d'une isolation suffisante et en bon état, - impossibilité technique ou architecturale

Concernant l'isolation des façades et pignons, les copropriétés devront obligatoirement traiter tout ou partie¹ de ce poste pour être éligibles à l'offre 2. Les copropriétés ne proposant aucune intervention d'isolation par l'extérieur des façades et/ou pignons ne sont pas éligibles au dispositif MUR|MUR 2.

Les copropriétés réalisant l'isolation par l'extérieur de l'ensemble des murs du bâti mais n'intervenant pas sur la toiture et les planchers bas pour des motifs prévus au titre des dérogations restent éligibles aux aides de l'offre 2.

Les copropriétés proposant un programme de réhabilitation incomplet non justifié par une dérogation ne sont pas éligibles aux aides de l'offre 2.

Le programme de travaux ne comprenant que des travaux en option n'est pas éligible au dispositif MUR|MUR 2.

d) les aides financières

1- L'aide globale à la copropriété :

Aide financière apportée au syndicat des copropriétaires, cette subvention est calculée sur la base d'un forfait attribué aux lots principaux d'habitation, de commerce et d'activités, hors garages et locaux

¹ Dans le cas de dérogations acceptées avec un minimum traité de 50% de la surface opaque et vitrée.

techniques.

Les travaux couverts par le forfait d'aide globale sont les travaux obligatoires et les travaux en option.

Le forfait d'aide globale dépend exclusivement du bouquet de travaux choisi. Aucun critère lié au statut des copropriétaires (occupant ou bailleur, personne morale ou physique) ne rentre en compte dans la détermination de ce volet d'aide.

En offre n°1, les montants forfaitaires sont les suivants :

- Travaux obligatoires : 1 500 € par lot principal.
- Travaux en option : 400 € supplémentaires par lot principal.

Modalités de versement de l'aide :

- Acompte de 50% à l'ordre de service signé ou engagement signé de démarrer les travaux sous délai.
- Solde de 50% sur factures acquittées.

2 – Les aides individuelles complémentaires

Les subventions complémentaires individuelles viennent s'ajouter au forfait d'aide globale à la copropriété.

Ces aides individualisées sont définies en fonction des revenus des propriétaires occupants. Elles sont calculées sur la base d'un taux de subvention appliqué au montant des travaux HT (dont coûts induits, frais de maîtrise d'œuvre, SPS et bureau de contrôle, honoraire de syndic), **une fois l'aide globale déduite.**

Aides à la personne	Propriétaire occupant				Propriétaire bailleur
	Propriétaire occupant (PO)	Classe moyenne (PSLA)	Modeste (Mo)	Très modeste (TMo)	Libre (LL)
% aide sur coût HT					
Métropole	0%	0%	40%	10%	0%
Commune*	0%	0%	10%	15%	0%
Anah	0%	0%	0%	50%	0%
TOTAL	0%	0%	50%	75%	0%

* La participation communale ci-dessus est celle recommandée par les instances métropolitaines. Sa modalité peut cependant varier. Seules les conventions de partenariat bilatéral entre la Métropole et les Communes participantes à mur|mur 2 font autorité pour l'octroi des aides communales.

L'aide à la personne est plafonnée selon les modalités suivantes :

Montant maximum de l'assiette de travaux subventionnables des aides métropolitaines et communales par logement (aide globale à la copropriété déduite) : **20 000 € HT.**

Montant maximum de l'assiette de travaux subventionnables des aides ANAH par logement (aide globale à la copropriété déduite) : **16 250 € HT.**

Les subventions (globales + individuelles) ne pourront dépasser le maximum légal de 80% (100% pour les propriétaires occupants très modestes) du coût global de l'opération (HT), ce qui nécessitera un écrêtement des aides le cas échéant.

Le statut des propriétaires occupants est déterminé en fonction de leur niveau de ressources, selon les plafonds de l'Anah en vigueur.

Le montant et les conditions d'attribution d'aides individuelles complémentaires pour les propriétaires bailleurs souhaitant pratiquer un loyer maîtrisé sont fixés dans le cadre du dispositif métropolitain ad hoc.

3 – Le prêt Banque Populaire des Alpes

Il comprend les caractéristiques suivantes :

- Prêt collectif à adhésion individuelle facultative (au moins 2 copropriétaires doivent le souscrire) avec deux options par copropriétaire :
 - financement de la totalité de la quote-part
 - financement de la totalité de la quote-part, subventions déduites
- Durée maximale de 15 ans,
- Taux bonifié à 1,5%,
- Frais dossiers par copropriété de 0,5% du montant du prêt plafonné à 450 €,
- Capital emprunté par copropriétaire : maximum de 15 000 €, minimum de 3 000 €,
- Prêt accessible à tous : sans analyse de la capacité individuelle d'endettement (sauf interdit banque de France et surendettement), sans assurance individuelle à souscrire (décès, invalidité...), sans limite d'âge, sans pénalité de remboursement anticipé du prêt (uniquement à la suite d'une vente ou d'une mutation),
- Impératif : le propriétaire doit être à jour de ses charges copropriété,
- Possibilité de déblocage anticipé du prêt possible jusqu'à 100% du montant demandé.

Ce prêt est octroyé au syndicat des copropriétaires (personne morale) dont le représentant légal est le syndic pour le financement des travaux. Le rôle du syndic pour l'obtention du prêt est le suivant :

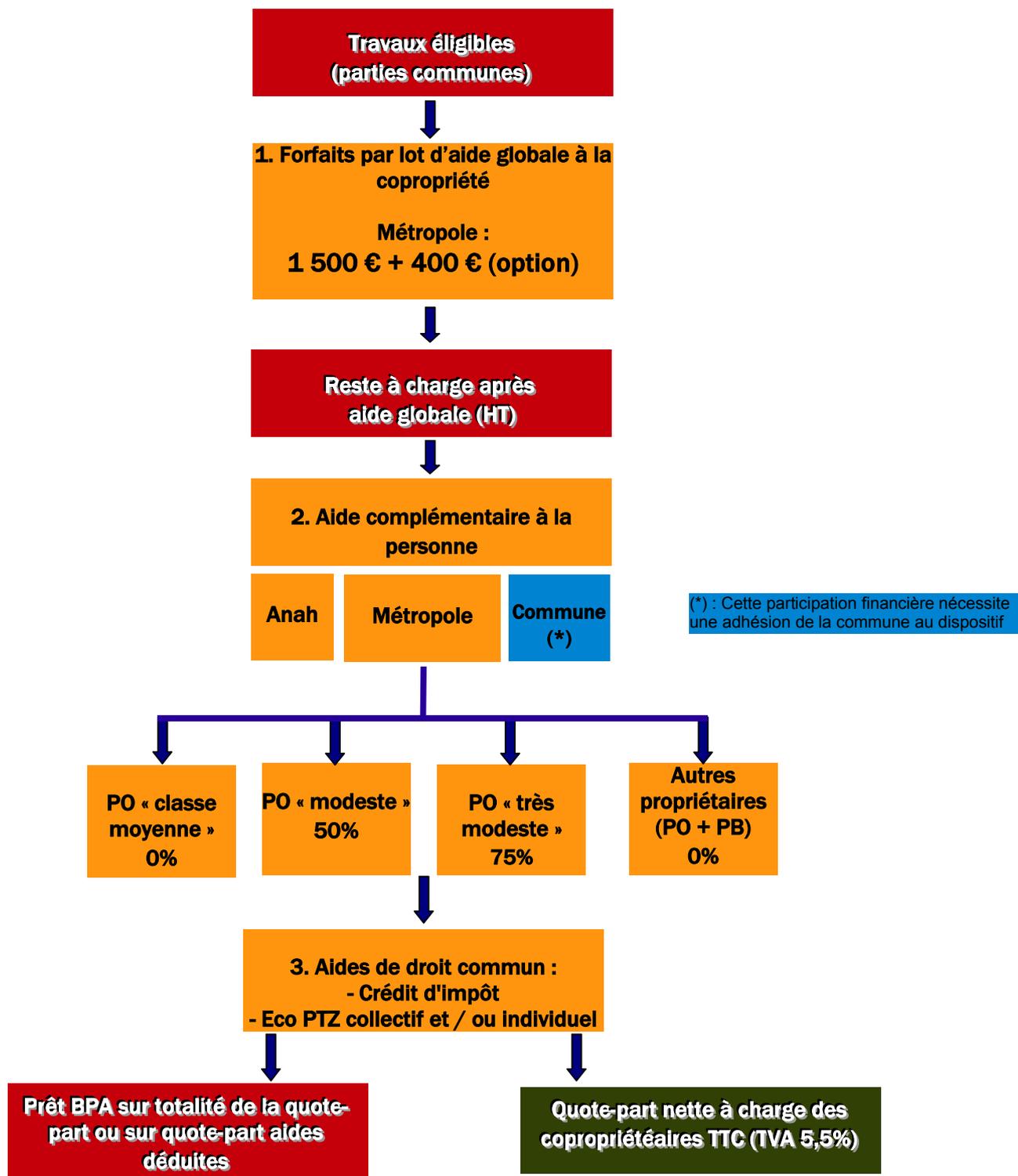
- Ouvrir un compte prêt copropriété à la BPA,
- Organiser les appels de fonds trimestriels auprès des copropriétaires concernés, et déposer les fonds sur le compte,
- Recouvrement : en cas de non-paiement d'un copropriétaire, le syndic, après deux lettres recommandées restées sans suite, transfère le dossier à la banque.

Ce prêt se veut être une offre de financement complémentaire de l'éco prêt à taux zéro (EcoPTZ) collectif mobilisé en priorité et distribué par le Crédit Foncier de France (CFF).

L'instruction et le versement du prêt BPA sont réalisés directement par la Banque Populaire des Alpes, sur le compte ouvert par le syndic, pour la copropriété.

La constitution du dossier de demande de prêt est réalisée par l'opérateur de suivi-animation MUR|MUR 2. Il assure la phase d'information et de mobilisation du syndicat des copropriétaires et prépare en lien avec le syndic les modalités de délibération en assemblée générale de copropriété. Il fournit au syndic la liste des copropriétaires intéressées pour la souscription du prêt BPA et rassemble toutes les pièces justificatives à transmettre à la banque. Le syndic se charge de transmettre à la BPA le dossier complet de demande de prêt pour instruction.

Synthèse offre 2 : Rénovation complète



→ Offre 3 : rénovation thermique exemplaire

Cette offre vise à atteindre l'excellence en matière d'efficacité énergétique sous couvert de l'obtention de financements exceptionnels du Programme « Ville de demain » – Investissements d'Avenir et du Programme Smart Cities – projet CityZen à Grenoble. La rénovation thermique exemplaire est une démarche expérimentale dont l'engagement est limité à 500 logements sur la durée du dispositif MUR|MUR 2. Elle est fondée sur une démarche longue et complexe supposant une forte motivation interne à la copropriété. La copropriété candidate devra faire la preuve de sa capacité à atteindre le niveau de performance visé.

L'ensemble des travaux éligibles à l'offre n°2 sont obligatoires afin de garantir l'atteinte d'un niveau de consommation de 77 kWh_{ep}/m².an, soit la cible BBC rénovation^{-20%}.

a) Travaux subventionnés

Vote en une seule Assemblée générale des travaux suivants :

❖ TRAVAUX OBLIGATOIRES :

- Isolation extérieure des façades opaques,
- Isolation de la toiture,
- Isolation du plancher bas,
- Changement de toutes les menuiseries des logements et des parties communes,
- Traitement des interfaces entre les dormants et le bâti (à la fois pour les baies conservées et les baies neuves) avec obligation de réaliser un test d'étanchéité. Le niveau d'étanchéité est soumis à l'atteinte d'une cible ($Q_{4Pa\ Surf} < 0.9 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2_{\text{surf paroi froide}}$),
- Traitement de ponts thermiques potentiellement non traités par le référentiel avec obligation du traitement des tableaux de fenêtres,
- Mise en place d'une régulation de la production et des conditions de confort par logement permettant les modes de fonctionnement réduit opérationnels et efficaces,
- Installation d'une solution d'instrumentation pour un monitoring énergétique sur un échantillon représentatif (10% à 15% des logements). Les travaux d'instrumentation dans les parties communes et privatives (installation et exploitation) seront entièrement pris en charge par Grenoble-Alpes Métropole.

b) Dérogations

- techniques ou architecturales : a priori, pas de dérogation technique ou architecturale possible, sauf si les postes non traités ou partiellement traités ne remettent pas en cause le niveau de performance requis après travaux, soit le niveau de performance BBC rénovation^{-20%}.

- tolérance de 10% de menuiseries non changées par rapport à celles devant être remplacées et celles remplissant les critères de performance requis sur présentation d'un justificatif.

En cas de dérogations demandées, et en deçà de ce taux de fenêtres non renouvelées, il y a obligation pour la copropriété de démontrer par le calcul que le projet de rénovation atteint le niveau de performance BBC rénovation^{-20%}.

c) Expertises complémentaires

En plus de l'accompagnement prévu dans MUR|MUR 2, assuré par l'ALEC et l'opérateur de suivi-animation, la Métropole met à disposition de la copropriété, qui aura été sélectionnée suite à la démarche d'appel à projets, une assistance à maîtrise d'ouvrage (AMO) « Energie » pour contrôler les interventions et garantir l'atteinte des résultats.

Pour la mise en place du monitoring, un prestataire spécifique est également mis à disposition de la copropriété afin de l'accompagner dans le choix de l'installateur, les caractéristiques des instruments à installer et la nature des données à produire.

Compte tenu des modalités de choix des copropriétés lauréates, toutes ont l'obligation réglementaire de réaliser soit un diagnostic de performance énergétique, soit un audit énergétique. Les expertises complémentaires éventuelles pour démontrer par le calcul les performances énergétiques du projet de rénovation seront réalisées par l'AMO « Energie » mise à disposition par la Métropole.

d) Les aides financières

1- L'aide globale à la copropriété :

Aide financière apportée au syndicat des copropriétaires, cette subvention est calculée sur la base d'un forfait attribué aux lots principaux d'habitation, de commerce et d'activités, hors garages et locaux techniques.

Les travaux couverts par le forfait d'aide globale sont les travaux obligatoires.

Le forfait d'aide globale dépend exclusivement du bouquet de travaux choisi. Aucun critère lié au statut des copropriétaires (occupant ou bailleur, personne morale ou physique) ne rentre en compte dans la détermination de ce volet d'aide.

En offre n°3, le montant forfaitaire est estimé à 6 500 € par lot principal (dont 1 500 € sur fonds propres de la Métropole et 5 000 € sur les fonds exceptionnels EcoCité 2 gérés par la Métropole) :

- le montant de l'aide EcoCité 2 est fixé à un maximum de 5 000 € par logement si la somme des forfaits par lots principaux représente au moins 20% des coûts éligibles compris dans le projet de rénovation de la copropriété en offre exemplaire.

- le montant de l'aide EcoCité 2 par opération est plafonné à un maximum de 20% des coûts de travaux éligibles.

L'aide globale est reversée à l'ensemble des copropriétaires au prorata des tantièmes, sans considération des quotes-parts individuelles. Son objet est de garantir la performance énergétique de l'ensemble de la copropriété, sans tenir compte des travaux en partie privative réalisés avant l'opération MUR|MUR 2 par les copropriétaires à leur initiative.

Modalités de versement de l'aide :

- Acompte de 50% à l'ordre de service signé ou engagement signé de démarrer les travaux sous délai ;
- Solde de 50% sur factures acquittées.

Cas de l'aide supplémentaire CityZen – Commune de Grenoble

Une aide supplémentaire d'un montant de 50 € par mètre carré de surface habitable réhabilitée s'ajoute au montant de l'aide globale attribuée au syndicat des copropriétaires dans le cadre du projet CityZen, pour les copropriétés lauréates à l'offre n°3 sur le territoire de la commune de Grenoble.

L'obtention de cette aide fera l'objet du dépôt d'un dossier spécifique dont les éléments constitutifs seront transmis par la Ville de Grenoble.

2) Aides à la personne complémentaires

Les subventions complémentaires individuelles viennent s'ajouter au forfait d'aide globale à la copropriété.

Ces aides, individualisées, sont définies en fonction des revenus des propriétaires occupants. Elles sont calculées sur la base d'un taux de subvention appliqué au montant des travaux HT (dont coûts induits, frais de maîtrise d'œuvre, SPS et bureau de contrôle, honoraire de syndic), **une fois l'aide globale déduite**.

Aides à la personne	Propriétaire occupant				Propriétaire bailleur
	Propriétaire occupant (PO)	Classe moyenne (PSLA)	Modeste (Mo)	Très modeste (TMo)	Libre (LL)
% aide sur coût HT					
Métropole	0%	15%	5%	10%	0%
Commune*	0%	0%	10%	15%	0%
Anah	0%	0%	35%	50%	0%
TOTAL	0%	15%	50%	75%	0%

* La participation communale ci-dessus est celle recommandée par les instances métropolitaines. Sa modalité peut cependant varier. Seules les conventions de partenariat bilatéral entre la Métropole et les Communes participantes à mur|mur 2 font autorité pour l'octroi des aides communales.

L'aide à la personne est plafonnée selon les modalités suivantes :

Montant maximum de l'assiette de travaux subventionnables des aides métropolitaines et communales par logement (aide globale à la copropriété déduite) : **25 000 € HT**.

Montant maximum de l'assiette de travaux subventionnables des aides ANAH par logement (aide globale à la copropriété déduite) : **16 250 € HT**.

Les subventions (globales + individuelles) ne pourront dépasser le maximum légal de 80% (100% pour les propriétaires occupants très modestes) du coût global de l'opération (HT), ce qui nécessitera un écrêtement des aides le cas échéant.

Le statut des propriétaires occupants est déterminé en fonction de leur niveau de ressources, selon les plafonds de l'Anah en vigueur (cf. §7).

Le montant et les conditions d'attribution d'aides individuelles complémentaires pour les propriétaires bailleurs souhaitant pratiquer un loyer maîtrisé sont fixés dans le cadre du dispositif métropolitain ad hoc.

3 – Le prêt Banque Populaire des Alpes

Il comprend les caractéristiques suivantes :

- Prêt collectif à adhésion individuelle facultative (au moins 2 copropriétaires doivent le souscrire) avec deux options par copropriétaire :
 - financement de la totalité de la quote-part
 - financement de la totalité de la quote-part, subventions déduites
- Durée maximale de 15 ans,
- Taux bonifié à 1,5%,
- Frais dossiers par copropriété de 0,5% du montant du prêt plafonné à 450 €,
- Capital emprunté par copropriétaire : maximum de 15 000 €, minimum de 3 000 €,
- Prêt accessible à tous : sans analyse de la capacité individuelle d'endettement (sauf interdit banque de France et surendettement), sans assurance individuelle à souscrire (décès, invalidité...), sans limite d'âge, sans pénalité de remboursement anticipé du prêt (uniquement à la suite d'une vente ou d'une mutation),

- Impératif : le propriétaire doit être à jour de ses charges copropriété,
- Possibilité de déblocage anticipé du prêt possible jusqu'à 100% du montant demandé.

Ce prêt est octroyé au syndicat des copropriétaires (personne morale) dont le représentant légal est le syndic pour le financement des travaux. Le rôle du syndic pour l'obtention du prêt est le suivant :

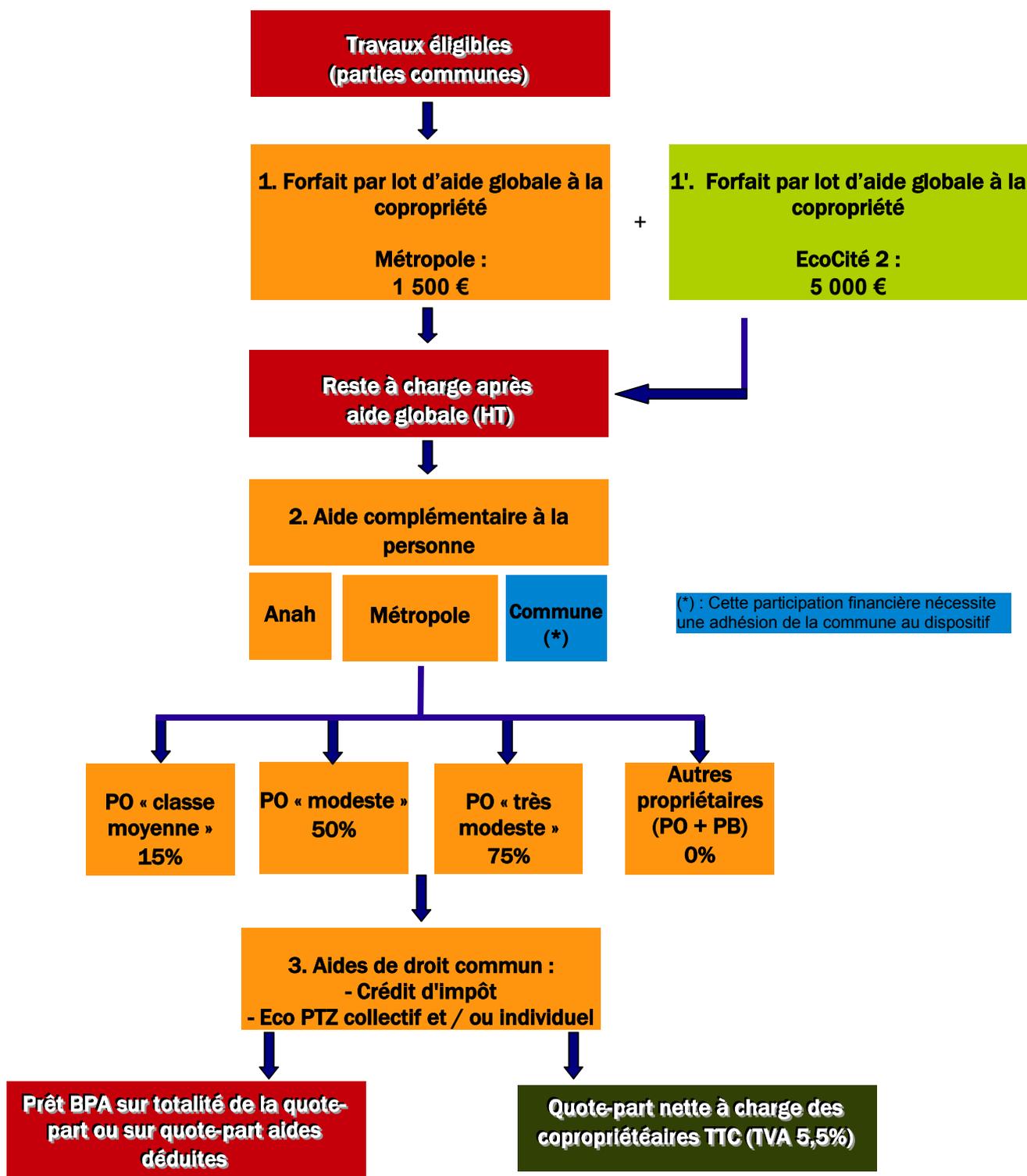
- Ouvrir un compte prêt copropriété à la BPA,
- Organiser les appels de fonds trimestriels auprès des copropriétaires concernés, et déposer les fonds sur le compte,
- Recouvrement : en cas de non-paiement d'un copropriétaire, le syndic, après deux lettres recommandées restées sans suite, transfère le dossier à la banque.

Ce prêt se veut être une offre de financement complémentaire de l'éco prêt à taux zéro (EcoPTZ) collectif mobilisé en priorité et distribué par le Crédit Foncier de France (CFF).

L'instruction et le versement du prêt BPA sont réalisés directement par la Banque Populaire des Alpes, sur le compte ouvert par le syndic, pour la copropriété.

La constitution du dossier de demande de prêt est réalisée par l'opérateur de suivi-animation MUR|MUR 2. Il assure la phase d'information et de mobilisation du syndicat des copropriétaires et prépare en lien avec le syndic les modalités de délibération en assemblée générale de copropriété. Il fournit au syndic la liste des copropriétaires intéressés pour la souscription du prêt BPA et rassemble toutes les pièces justificatives à transmettre à la banque. Le syndic se charge de transmettre à la BPA le dossier complet de demande de prêt pour instruction.

Synthèse offre 3 : Rénovation exemplaire



6. Les aides de droit commun

Outre les aides spécifiques à MUR|MUR 2, les copropriétaires ont la possibilité de mobiliser des aides ou des facilités financières mise en place au niveau national, sous conditions.

Ces aides sont susceptibles d'évoluer, et ne sont pas figées pour la durée de l'opération.

→ Avantages fiscaux liés aux travaux

❖ TVA à taux réduit

Les propriétaires ou locataires peuvent bénéficier d'une TVA à 5,5 %, pour les travaux d'amélioration de la qualité énergétique des logements de plus de deux ans.

Ces travaux visent la pose, l'installation et l'entretien des matériaux et équipements éligibles au Crédit d'impôt pour la transition énergétique (CITE), sous réserve du respect des caractéristiques techniques et des critères de performances minimales qui déterminent son éligibilité. Le taux réduit de 5,5 % s'applique également aux travaux induits qui leur sont indissociablement liés.

❖ TVA à 10 %

Les travaux d'amélioration (autres que ceux améliorant la qualité énergétique du logement), de transformation, d'aménagement et d'entretien réalisés dans un logement achevé depuis plus de deux ans (résidence principale ou secondaire) par un locataire, un propriétaire occupant ou bailleur, ou un occupant à titre gratuit, bénéficient d'une TVA à 10 %.

❖ Crédit d'Impôt Transition Energétique (CITE)

- Principe

Destiné aux travaux de rénovation énergétique des logements, le Crédit d'impôt pour la transition énergétique (CITE) précédemment dénommé CIDD est un dispositif fiscal. Il permet aux ménages de déduire de leur impôt sur le revenu un pourcentage des dépenses liées à la fourniture et parfois à l'installation d'équipements performants. Si le montant du crédit d'impôt est supérieur à l'impôt, le trésor public verse la différence au ménage.

À partir du 1er septembre 2014, les conditions d'éligibilité ont été simplifiées :

- le taux du crédit d'impôt est désormais unique et porté à 30 % ;
- deux nouveaux équipements sont éligibles.

- Les bénéficiaires

Tous les ménages, propriétaires, locataires ou occupants à titre gratuit peuvent bénéficier du crédit d'impôt pour les travaux de rénovation énergétique dans leur résidence principale, à condition que celle-ci soit achevée depuis plus de deux ans.

- Le plafond des dépenses

Le montant des dépenses est plafonné à 8 000 € pour une personne seule et 16 000 € pour un couple. Cette somme est majorée de 400 € par personne à charge. Il s'applique aux dépenses éligibles et non au crédit d'impôt.

Ce plafond des dépenses est apprécié sur une période de cinq années.

- Cumul du crédit d'impôt et d'autres dispositifs

Le cumul du crédit d'impôt est possible avec l'éco-prêt à taux zéro (sous réserve du respect des plafonds de ressources).

En cas de cumul du crédit d'impôt avec une autre aide (de l'État, de l'ADEME, de l'Anah, ou d'une collectivité locale), le montant des aides complémentaires est déduit des dépenses ouvrant droit au crédit d'impôt.

Pour une même dépense, il n'est pas possible de cumuler le crédit d'impôt d'aide à la personne et le crédit d'impôt.

- Les conditions de réalisation des travaux

Les équipements ne peuvent pas être achetés directement par les ménages. Seule une entreprise ou son sous-traitant peut fournir, installer et facturer les équipements. La facture peut être réclamée par les services fiscaux. Elle doit comporter les nom et adresse de l'entreprise ainsi que les indications suivantes :

- adresse de réalisation des travaux ou du DPE ;
- nature, désignation et montant des travaux ainsi que les caractéristiques de performance des matériaux et appareils installés ;
- qualification professionnelle de l'entreprise, "reconnu garant de l'environnement" dite RGE, obligatoire à partir du 1^{er} janvier 2015 ;
- détail précis et chiffré des différentes catégories de travaux effectués permettant d'individualiser le coût des équipements.

La TVA applicable aux travaux éligibles au crédit d'impôt et ceux induits et indissociablement liés à ces travaux est à 5,5%.

- Cas spécifiques

- Copropriétaires : les travaux sur équipements communs peuvent donner lieu au crédit d'impôt. Le paiement est effectif lorsque le syndic a réglé la facture à l'entreprise et non au moment de l'appel de fonds. Il appartient au syndic de fournir aux copropriétaires une attestation ou tout autre document établissant formellement la date du paiement des travaux.
- Locataires : les travaux réalisés par le locataire peuvent ouvrir droit au crédit d'impôt. Cependant, en cas de remboursement dans un délai de cinq ans par le propriétaire, le crédit d'impôt devra être restitué aux services fiscaux.

→ Eco prêt à taux zéro (ECO-PTZ)

- Principe

Les propriétaires de logements anciens peuvent bénéficier d'un Éco-prêt à taux zéro destiné à financer des travaux d'amélioration de la performance énergétique de leur logement. Comme pour le prêt à taux zéro destiné à l'acquisition de la résidence principale, ce prêt à 0 % aidé par l'Etat est accordé par les établissements de crédit.

Pour les logements en copropriété, un Éco-prêt complémentaire peut être accordé aux syndicats de copropriété.

- Conditions d'attribution de l'Éco-prêt à 0 %

L'Éco-prêt est accordé sans condition de ressources sous réserve que le logement existant dans lequel sont réalisés les travaux soit achevé avant le 1^{er} janvier 1990 et soit occupé à titre de résidence principale.

Peuvent bénéficier d'un Éco-prêt :

- les personnes physiques propriétaires qu'elles soient bailleurs ou occupants ;
- les copropriétaires bailleurs ou occupants (et non le syndicat) pour financer leur quote-part de travaux entrepris sur les parties et équipements communs ou sur les parties privatives à usage commun de la copropriété, et/ou pour financer les travaux réalisés dans leur lot privatif ;
- les sociétés civiles non soumises à l'impôt sur les sociétés dont au moins un des associés est une personne physique lorsqu'elles mettent l'immeuble faisant l'objet des travaux gratuitement à la disposition de l'un de leurs associés personne physique, qu'elles le donnent en location ou s'engagent à le donner en location.

Les travaux ne doivent pas avoir commencé avant l'émission de l'offre de prêt et doivent être réalisés par un professionnel. Pour les offres de prêt émises depuis le 1^{er} septembre 2014, les travaux doivent être réalisés par des entreprises titulaires d'un signe de qualité "Reconnu Garant de l'Environnement" (RGE).

Trois types de travaux réalisés par des professionnels sont éligibles :

- soit un ensemble de travaux cohérents et efficaces comprenant au moins deux des catégories de travaux suivants (bouquet de travaux) :
 - isolation thermique de la totalité de la toiture ;
 - isolation thermique d'au moins la moitié de la surface des murs donnant sur l'extérieur ;
 - isolation thermique d'au moins la moitié des parois vitrées et remplacement des portes donnant sur l'extérieur ;
 - installation, régulation ou remplacement de systèmes de chauffage, le cas échéant associés à des systèmes de ventilation économiques et performants, ou de production d'eau chaude sanitaire performants ;
 - installation d'équipements de chauffage utilisant une source d'énergie renouvelable ;
 - installation d'équipements de production d'eau chaude sanitaire utilisant une source d'énergie renouvelable.

Pour les offres d'Éco-prêt émises depuis le 1^{er} janvier 2015, les caractéristiques techniques à respecter ainsi que les équipements et matériaux éligibles sont alignés sur ceux ouvrant droit au Crédit d'impôt pour la transition énergétique, dit « CITE ».

- soit des travaux permettant d'atteindre une performance énergétique globale minimale du logement, achevé après le 1^{er} janvier 1948, en limitant la consommation d'énergie du bâtiment en dessous d'un seuil exprimé en kWh/m²/an. Ce seuil, déterminé grâce à une étude thermique et modulé selon la zone climatique et l'altitude du bâtiment concerné, est de :
 - 150 kWh/m²/an si le bâtiment présente une consommation conventionnelle d'énergie primaire avant les travaux supérieure ou égale à 180 kWh/m²/an ;
 - 80 kWh/m²/an si le bâtiment présente une consommation conventionnelle d'énergie primaire avant les travaux inférieure à 180 kWh/m²/an.

Dans cette hypothèse, l'étude est réalisée par un bureau d'étude thermique alors que les travaux sont réalisés par un professionnel certifié RGE, dans le cadre d'une offre globale d'amélioration de la performance énergétique. Cette certification porte sur la capacité d'une entreprise à concevoir et réaliser des travaux de rénovation énergétique ainsi qu'à assurer l'accompagnement du maître d'ouvrage tout au long du projet.

- soit des travaux de réhabilitation de systèmes d'assainissement non collectif par des dispositifs ne consommant pas d'énergie et respectant certaines caractéristiques techniques. L'entreprise réalisant ces travaux n'a pas à être titulaire d'un signe de qualité.

En vertu de la règle «un seul Éco-prêt par ménage et par logement», le ménage qui choisit d'utiliser l'Éco-prêt pour financer les travaux de réhabilitation d'un système d'assainissement non collectif n'aura donc pas la possibilité d'obtenir un autre Éco-prêt pour financer les travaux d'économies d'énergie dans son logement.

- Dépenses prises en compte

Les dépenses afférentes aux travaux ouvrant droit à l'Éco-prêt comprennent :

- le coût de la fourniture et de la pose des équipements, produits et ouvrages nécessaires à la réalisation des travaux d'économie d'énergie ;
- le coût de la dépose et mise en décharge des ouvrages, produits et équipements existants ;
- les frais de maîtrise d'œuvre et d'études relatives aux travaux ;
- l'assurance maître d'ouvrage souscrite le cas échéant par l'emprunteur ;
- le coût des travaux induits, indissociablement liés aux travaux d'économies d'énergie.

- Montant de l'Éco-prêt

L'Éco-prêt est un prêt sans intérêt.

Le montant de l'Éco-prêt est en principe égal au montant des travaux d'économie d'énergie réalisés. Toutefois, il peut être réduit à la demande de l'emprunteur.

Un seul Eco-prêt peut être accordé par logement et dans la limite des plafonds suivants :

Type de travaux	Montant plafond de l'Éco-prêt (en euros)
« Bouquet de travaux » comprenant 2 des 6 catégories de travaux éligibles	20 000 €
« Bouquet de travaux » comprenant 3 des 6 catégories de travaux éligibles	30 000 €
Travaux permettant d'atteindre une performance énergétique globale minimale	30 000 €
Travaux de réhabilitation du système d'assainissement non collectif	10 000 €

- Modalités de remboursement de l'Éco-prêt

Le remboursement de l'Éco-prêt s'effectue par mensualités constantes.

La durée de base de remboursement de l'Éco-prêt est fixée à 10 ans.

Elle peut toutefois être portée à 15 ans lorsque l'Éco-prêt est destiné à financer certains travaux : les travaux comportant au moins trois des six actions prévues pour le bouquet de travaux et les travaux permettant d'atteindre une performance énergétique globale minimale du logement.

→ Eco-prêt à taux zéro pour la rénovation énergétique des copropriétés (ECO-PTZ copro)

- Principe

L'Éco-prêt copropriété permet de financer certains travaux de rénovation énergétique entrepris sur les parties et équipements communs d'un immeuble en copropriété, ainsi que certains travaux d'intérêt collectif réalisés sur les parties privatives.

Contrairement à l'Éco-prêt individuel, la réalisation d'une seule action de travaux permet d'être éligible à l'Éco-prêt copropriété. Le montant du prêt sera alors de 10 000 € au maximum par logement affecté à l'usage d'habitation et utilisé ou destiné à être utilisé en tant que résidence principale. Ce montant peut aller jusqu'à 30 000 € par logement si le syndicat de copropriétaires décide de réaliser trois actions de travaux ou d'atteindre une performance énergétique globale minimale.

Un seul éco-prêt peut être consenti par bâtiment de la copropriété.

Un copropriétaire souhaitant souscrire à l'Éco-prêt copropriété peut bénéficier en outre d'un Éco-prêt "complémentaire" pour financer les travaux sur son propre logement. Le montant de l'Éco-prêt complémentaire cumulé avec sa participation à l'Éco-prêt copropriété ne peut cependant excéder 30 000 € au titre d'un même logement.

- Copropriétés concernées

Sont éligibles à l'éco-prêt copropriété, les immeubles en copropriété achevés avant le 1^{er} janvier 1990 et dont au moins 75 % des quotes-parts sont compris dans des lots affectés à l'usage d'habitation utilisés ou destinés à être utilisés à titre de résidence principale.

Par ailleurs, il est nécessaire que la copropriété ait régulièrement voté en assemblée générale la réalisation de travaux d'économies d'énergie et le recours à l'Éco-prêt copropriété.

- Bénéficiaires

L'éco-prêt copropriété est réservé au syndicat des copropriétaires représenté par le syndic. Même si juridiquement l'emprunteur est le syndicat de copropriétaires, les formalités et la signature de l'offre de prêt seront réalisées par le syndic.

- Travaux éligibles

Les travaux ne doivent pas avoir commencé avant l'émission de l'offre de prêt et doivent être réalisés par un professionnel.

Pour les offres de prêt émises depuis le 1er septembre 2014, les travaux doivent être réalisés par des entreprises titulaires d'un signe de qualité "Reconnu Garant de l'Environnement".

Lorsqu'une entreprise réalise plusieurs travaux relevant de plusieurs catégories, seuls les travaux relevant de catégories pour lesquelles elle est titulaire d'un signe de qualité sont éligibles au bénéfice de cette aide.

Ces travaux peuvent être réalisés dans :

- les parties et équipements communs à la copropriété (lorsqu'au moins 75% des quotes-parts de copropriété sont compris dans des lots affectés à l'usage d'habitation, utilisés ou destinés à être utilisés à titre de résidence principale) ;
- les parties privatives en cas de travaux d'intérêt collectif.

Trois types de travaux sont éligibles à l'Éco-prêt :

- soit des travaux correspondant à, au moins une action efficace d'amélioration de la performance énergétique de chacun des bâtiments concernés par l'Éco-prêt copropriété, parmi les travaux suivants :
 - isolation thermique de la totalité de la toiture ;
 - isolation thermique d'au moins la moitié de la surface des murs donnant sur l'extérieur ;
 - isolation thermique d'au moins la moitié des parois vitrées donnant sur l'extérieur et remplacement des portes donnant sur l'extérieur ;
 - installation, régulation ou remplacement de systèmes de chauffage, le cas échéant associés à des systèmes de ventilation économiques et performants, ou de production d'eau chaude sanitaire installation d'équipements de chauffage utilisant une source d'énergie renouvelable ;
 - installation d'équipements de production d'eau chaude sanitaire utilisant une source d'énergie renouvelable.

Pour chacune de ces catégories de travaux, sont définies les caractéristiques techniques des équipements, produits et ouvrages pouvant être financés et le type de combinaison ouvrant droit à l'Éco-prêt copropriété.

Pour les offres d'Éco-prêt copropriété émises à compter du 1^{er} janvier 2015, les caractéristiques techniques à respecter ainsi que les équipements et matériaux éligibles sont alignés sur ceux ouvrant droit au Crédit d'impôt pour la transition énergétique, dit « CITE ».

- soit des travaux permettant d'atteindre une performance énergétique globale minimale du bâtiment, achevé après le 1^{er} janvier 1948, en limitant la consommation d'énergie du bâtiment en dessous d'un seuil exprimé en kWh/m²/an. Ce seuil, déterminé grâce à une étude thermique et modulé selon la zone climatique et l'altitude du bâtiment concerné, est de :
 - 150 kWh/m²/an si le bâtiment présente une consommation conventionnelle d'énergie primaire avant les travaux supérieure ou égale à 180 kWh/m²/an ;
 - 80 kWh/m²/an si le bâtiment présente une consommation conventionnelle d'énergie primaire avant les travaux inférieure à 180 kWh/m²/an.

Dans cette hypothèse, l'étude est réalisée par un bureau d'étude thermique alors que les travaux sont réalisés par un professionnel certifié « RGE », dans le cadre d'une offre globale d'amélioration de la performance énergétique. Cette certification porte sur la capacité d'une entreprise à concevoir et réaliser des travaux de rénovation énergétique ainsi qu'à assurer l'accompagnement du maître d'ouvrage tout au long du projet.

- soit des travaux de réhabilitation de systèmes d'assainissement non collectif par des dispositifs ne consommant pas d'énergie et respectant certaines caractéristiques techniques.

Ces travaux peuvent être réalisés dans :

- les parties et équipements communs à la copropriété (lorsqu'au moins 75% des quotes-parts de copropriété sont compris dans des lots affectés à l'usage d'habitation, utilisés ou destinés à être utilisés à titre de résidence principale) ;
- les parties privatives en cas de travaux d'intérêt collectif.

- Montant et durée du prêt

L'Éco-prêt est un prêt sans intérêts.

Le montant et la durée de l'éco-prêt copropriété dépendent de la nature des travaux réalisés.

Lorsqu'une seule action de travaux est réalisée, l'Éco-prêt copropriété accordé au syndicat de copropriétaires ne peut excéder 10 000 € par logement.

Lorsque deux actions de travaux sont réalisées, l'Éco-prêt copropriété peut être porté à 20 000 € par logement et à 30 000 € par logement pour trois actions de travaux ou plus.

Lorsque les travaux permettent d'atteindre une performance énergétique globale minimale sont réalisés, son montant est porté à 30 000 €. Il s'élèvera à 10 000 € par logement pour la réalisation des travaux de réhabilitation du système d'assainissement non collectif.

En cas de cumul avec un Éco-prêt à titre individuel, la somme du montant de cet Éco-prêt complémentaire et de la participation de l'emprunteur à l'Éco-prêt copropriété ne peut excéder 30 000 € au titre du même logement.

De plus, lorsque cet Éco-prêt complémentaire a pour objet la réalisation d'une action seule, son

montant ne peut excéder 10 000 €.

La durée de base de remboursement de l'Éco-prêt copropriété est fixée à 10 ans.

Elle peut toutefois être portée à 15 ans lorsque l'Éco-prêt est destiné à financer certains travaux : les travaux comportant au moins trois des six actions prévues pour le bouquet de travaux et les travaux permettant d'atteindre une performance énergétique globale minimale du logement.

Type de travaux		Montant maximum par logement de l'éco-prêt	Durée maximale du prêt
Travaux d'amélioration efficace de la performance énergétique	Une action	10 000 €	10 ans
	Deux actions	20 000 €	10 ans
	Trois actions	30 000 €	15 ans
Travaux permettant d'atteindre une performance énergétique globale minimale		30 000 €	15 ans
Travaux de réhabilitation du système d'assainissement non collectif		10 000 €	10 ans

→ Autres prêts bancaires

En lien avec le Comité régional des banques, la Métropole s'attache à mettre en lumière l'ensemble des produits consacrés au financement de la transition énergétique au sein des territoires.

Les copropriétaires peuvent prendre contact avec leur banque pour compléter les offres de financement de MUR|MUR 2 par des produits spécifiques, développés localement.

7. Plafonds de ressources des ménages

❖ Ménages modestes et très modestes

Plafonds de ressources Anah utilisés en 2016 :

Nombre de personnes composant le ménage	Ménage modeste	Ménage très modeste
1	18 342 €	14 308 €
2	26 826 €	20 925 €
3	32 260 €	25 166 €
4	37 690 €	29 400 €
5	43 141 €	33 652 €
Par personne supplémentaire	+ 5 434 €	+ 4 241 €

Les plafonds de ressources correspondent au revenu fiscal annuel de référence de l'année N-2 (soit 2014).

Ces plafonds sont révisés chaque année par l'Anah.

❖ Ménages classe moyenne

Ces plafonds de ressources sont fixés par un arrêté en date du 2 décembre 2005, modifiés par l'arrêté du 7 avril 2009 et réévalués au 1^{er} janvier 2016 :

Nombre de personnes composant le ménage	Ménage classe moyenne
1	23 792 €
2	31 727 €
3	36 699 €
4	40 666 €
5	44 621 €

mur | mur 2

Référentiel technique Copropriétés 1945-1975



Avant-propos

Le dispositif « MUR|MUR 2 » vise à mobiliser les copropriétés construites entre 1945 et 1975 pour qu'elles entreprennent des travaux de réhabilitation thermique. Les partenaires de ce projet apportent un soutien financier en fonction de l'ambition des travaux votés par les copropriétés. Ces aides financières sont conditionnées au respect du référentiel technique décrit dans ce document.

Obtenir une réhabilitation thermique compatible un objectif se rapprochant du niveau BBC « rénovation » - 20 %, soit 77 kWh_{ep}/m².an, implique que chaque poste traité le soit de manière exemplaire en termes de performance thermique et de qualité de mise en œuvre.

Il a donc été décidé de soutenir les réhabilitations en imposant avant tout des exigences d'obligation de moyen pour chaque poste de travaux concerné par le projet. Cette approche autorise la possibilité pour les copropriétés de phaser dans le temps la réalisation des travaux de réhabilitation. La Métropole et ses partenaires incitent cependant fortement la mise en œuvre d'un programme de travaux le plus complet possible. Le choix de définir des taux de subvention différenciés selon les bouquets de travaux répond à cette volonté.

Les travaux subventionnés peuvent porter sur l'isolation des parois opaques et les ouvrants, selon des bouquets de travaux prédéfinis (cf. document « bouquets de travaux et modalités de subvention »). Des recommandations sont prodiguées pour la mise en œuvre des travaux et pour l'amélioration de la ventilation. Pour les travaux en offre « exemplaire », cette obligation de moyen est couplée à une exigence de qualité, qui se traduit notamment par une Assistance à Maîtrise d'Ouvrage « Energie » mise à disposition des copropriétés, le traitement de l'étanchéité du bâtiment avec un test de perméabilité à l'air, la régulation des moyens de chauffage et l'instrumentation d'un échantillon de logements.

Les niveaux de performance thermique requis par le présent référentiel ont été déterminés pour être compatibles, à terme, avec l'objectif de son Plan Air Energie Climat. Pour cela, l'ensemble des travaux subventionnés permet de viser, dans sa version exemplaire, un niveau de consommation prévisionnelle de 77 kWh_{ep}/m²SHON.an, déclinaison locale du niveau de performance requis par la cible BBC Rénovation pour les usages réglementés (chauffage, rafraîchissement, ECS, ventilation et éclairage).

Entreprendre l'isolation par l'extérieur des façades reste une opération complexe tout autant au niveau de la réponse technique à apporter qu'en termes de qualité architecturale du bâti. Dans un souci d'apporter des réponses satisfaisantes au besoin des copropriétés, la Métropole et ses partenaires ont souhaité que les projets de réhabilitation soient accompagnés par un architecte. La désignation d'un architecte maître d'œuvre par la copropriété est de ce fait l'une des conditions minimum d'adhésion à MUR|MUR 2. Dans tous les cas, il est demandé au maître d'œuvre d'isoler tout ce qui peut l'être et de maximiser l'épaisseur de l'isolant et la performance des ouvrants, en considérant le caractère architectural du bâtiment et d'en proposer une évolution assumée et réfléchie.

L'évolution de ce référentiel, testé au cours de la Campagne Isolation MUR|MUR de 2010 à 2014, a été assurée par un groupe technique piloté par la Direction de la Transition Energétique de Grenoble-Alpes Métropole, associant l'Agence locale de l'Energie et du Climat, le bureau d'études MANASLU Ing. et l'agence FLEURENT ARCHITECTE.

Préambule

La nature et le niveau des exigences et des dérogations exposées dans le présent référentiel technique sont le résultat, d'une part des retours d'expérience de la campagne isolation mur|mur « 1 » (2010-2014), et d'autre part de l'adaptation de son référentiel (élaboré en 2009) aux normes et à l'état de l'art en 2015, exposés notamment **dans les documents généraux suivants** :

- ⇒ [Analyse détaillée du parc résidentiel existant](#), Rapport RAGE 2012 (Règles de l'Art Grenelle Environnement), septembre 2012, 145 pages.
- ⇒ [Retours d'expériences \(REX\) bâtiments performants & risques – Version 3](#), Rapport RAGE 2012 (Règles de l'Art Grenelle Environnement), octobre 2014, 163 pages.
- ⇒ [Stratégies de rénovation & fiches « solutions techniques »](#), Programme RAGE (Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012), avril 2013, 136 pages.
- ⇒ [Réussir un projet Bâtiment Basse Consommation en rénovation](#), Effinergie, mars 2011, 66 pages.
- ⇒ *Guide ABC, Amélioration thermique des Bâtiments Collectifs, construits de 1850 à 1974*, janvier 2011, 344 pages.

Contexte et obligations d'ordre général

Les travaux de rénovation énergétique éligibles au dispositif mur|mur 2 (2016-2020) doivent en tout état de cause respecter un certain nombre d'obligations, notamment :

- a) l'obligation de ne pas dégrader les prescriptions d'origine, conformes au respect des exigences réglementaires au moment de la construction du bâtiment ;
- b) les réglementations générales applicables à la rénovation des bâtiments existants, dans les différents domaines où elles s'exercent dont, en particulier :
 - la réglementation thermique ;
 - la réglementation incendie ;
 - la réglementation sismique ;
 - la réglementation sur l'accessibilité ;
 - le Code de l'urbanisme, les PLU-PLUI voire le règlement de copropriété ;
 - les obligations de contrôle technique ;
 - les obligations d'assurance (responsabilité, dommage) ;
- c) le présent référentiel technique, ambitieux (« BBC compatible ») mais réaliste (à coûts « raisonnables et socialement acceptables »), permettant aussi bien une rénovation globale qu'une rénovation étape par étape, sans « tuer le gisement » d'économies d'énergie d'un bâtiment en succombant à la tentation de la demi-mesure ou en intervenant de manière incohérente ;
- d) les règles de l'art, traduites pour un certain nombre d'entre elles dans les Cahiers des Prescriptions Techniques du CSTB, les Avis Techniques, les Agréments Techniques Européens ou Évaluations Techniques Européennes, les Documents Techniques Unifiés et tout autre document technique des fournisseurs.

Les cahiers des charges (CCTP) et les devis des travaux envisagés devront préciser les caractéristiques des produits utilisés (résistance thermique, certification ACERMI, classement REVETIR, marquage CE, etc.).

Durant l'instruction des dossiers, une attention particulière sera portée à la qualité architecturale des projets. Ces derniers pourront, avec l'accord des copropriétaires, inclure une requalification architecturale des bâtiments.

Tout choix technique ou architectural devra être motivé dans le dossier de dépôt de demande de subvention. Les demandes de dérogations au présent référentiel technique ne seront étudiées par les instances d'instruction que dûment justifiées.

Enfin, les exigences techniques du présent référentiel et la liste des dérogations autorisées sont susceptibles d'évoluer, par décision des instances d'instruction de mur|mur 2.

Les façades et les pignons

1. Prescriptions générales obligatoires en partie courante

1.1. Isolation thermique par l'extérieur (ITE)

Toutes les parois verticales opaques d'un même bâtiment, en contact avec l'extérieur, **doivent être isolées sur leur face extérieure**.

Sont également concernées par cette obligation celles donnant, côté intérieur, sur des parties communes en contact avec des logements, même quand elles ne sont pas chauffées (cas notamment des cages d'escalier et des halls d'entrée).

Au sommet des façades et des pignons, l'isolation est obligatoire selon les mêmes caractéristiques qu'en partie courante, jusqu'en tête d'acrotère ou jusqu'à la sous-face d'une éventuelle corniche sommitale.

1.2. Résistance thermique de l'isolant rapporté

La résistance thermique de l'isolant rapporté doit être supérieure ou égale à **5 m².K/W**.

Sur les pignons aveugles, cette valeur minimale est portée à **6 m².K/W**. Si le gain énergétique et l'amélioration du confort qui résultent de cette augmentation sont limités, il en est de même pour le sur-investissement (aucune modification du mode et de la durée de mise en œuvre). Ce renforcement de l'isolation à un niveau « bâtiment passif »² ne souffre par ailleurs d'aucune difficulté technique ni contrainte réglementaire particulière, pour les solutions d'ITE les plus courantes. Elle n'engendre en outre aucun risque de désordres, le plus souvent liés à la présence de points singuliers, absents sur une paroi aveugle, c'est-à-dire sans ouverture.

2. Traitements des points singuliers

Les points singuliers sont des zones qui ne peuvent pas être traitées de la même façon que les parties courantes, à cause de leur configuration particulière.

Leur traitement, quand il n'est pas obligatoire, est recommandé. En effet, en l'absence d'isolation à leur endroit, les ponts thermiques ainsi créés peuvent parfois être significatifs et avoir des conséquences néfastes non négligeables. **Une attention spéciale devra donc leur être apportée.** Ils pourront par exemple faire l'objet d'une réflexion coût-bénéfices pour en évaluer la pertinence du traitement.

Les points singuliers les plus fréquemment rencontrés en façades et en pignons, ainsi que des propositions de traitements (non exhaustives) sont présentés ci-après.

2.1. Encadrement des fenêtres

On entend par « encadrement » les surfaces correspondant à l'épaisseur des murs autour des fenêtres : les tableaux (côtés de l'encadrement), l'appui (partie inférieure) et le linteau (partie supérieure).

Le traitement, obligatoire, n'est pas une isolation au sens strict. Celle-ci impliquerait en effet la mise en place d'un isolant dont l'épaisseur (pour les isolants usuels) aurait alors un impact architectural trop important et réduirait également de façon trop sensible les apports de lumière naturelle.

En revanche, l'absence totale d'isolant en pourtour des fenêtres crée un pont thermique, à l'origine d'un risque non négligeable de condensation à leur endroit, côté intérieur. Ce risque peut être significatif en l'absence d'une ventilation suffisante des logements, particulièrement dans les pièces humides (cuisines, salles de bains, WC par exemple).

Seule la rupture du pont thermique est donc ici le but recherché, atteint par la mise en place d'un **retour d'isolant de résistance thermique supérieure ou égale 0,4 m².K/W**.

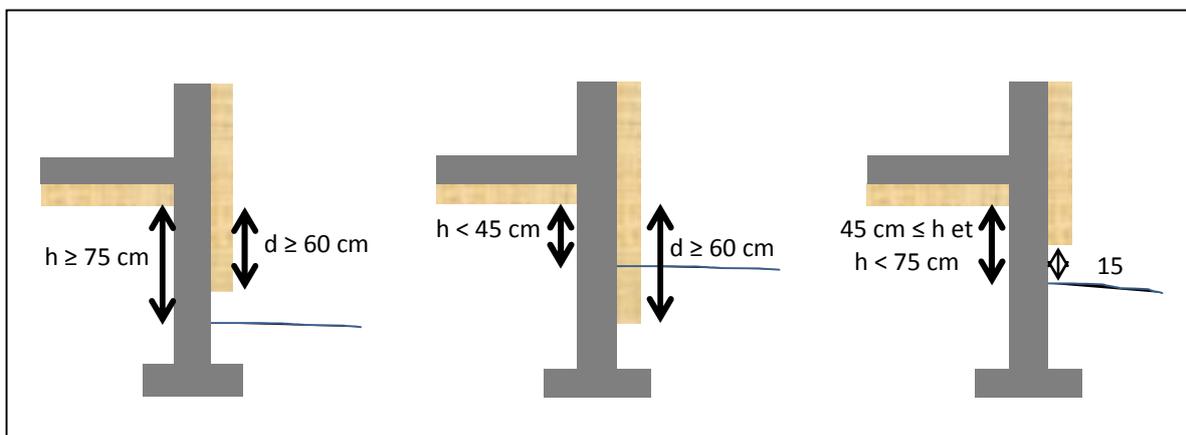
2.2. Pieds de façades

² Le plus haut standard actuel en termes d'isolation thermique des bâtiments.

L'isolant **doit descendre le long du mur, au moins 60 cm sous le niveau de la face inférieure de l'isolant rapporté** en sous-face de la dalle de plancher bas (cf. schéma ci-dessous, à gauche).

Si la face inférieure de l'isolant rapporté en sous-face de la dalle de plancher bas est à moins de 45 cm de la surface du sol extérieur (cf. schéma ci-dessous, au centre), l'isolant descendra le long du mur, y compris enterré, sauf si le revêtement de sol nécessite un terrassement important (exemple : sols bituminés ; un terrain naturel est hors champ de cette dérogation) ou si le sol appartient au domaine public (exemple : trottoir).

Enfin, si la face inférieure de l'isolant rapporté en sous-face de la dalle de plancher bas est à plus de 45 cm mais à moins de 75 cm de la surface du terrain naturel extérieur (cf. schéma ci-dessous, à droite), alors l'isolant se prolongera en pieds de façades jusqu'à 15 cm au-dessus du sol.

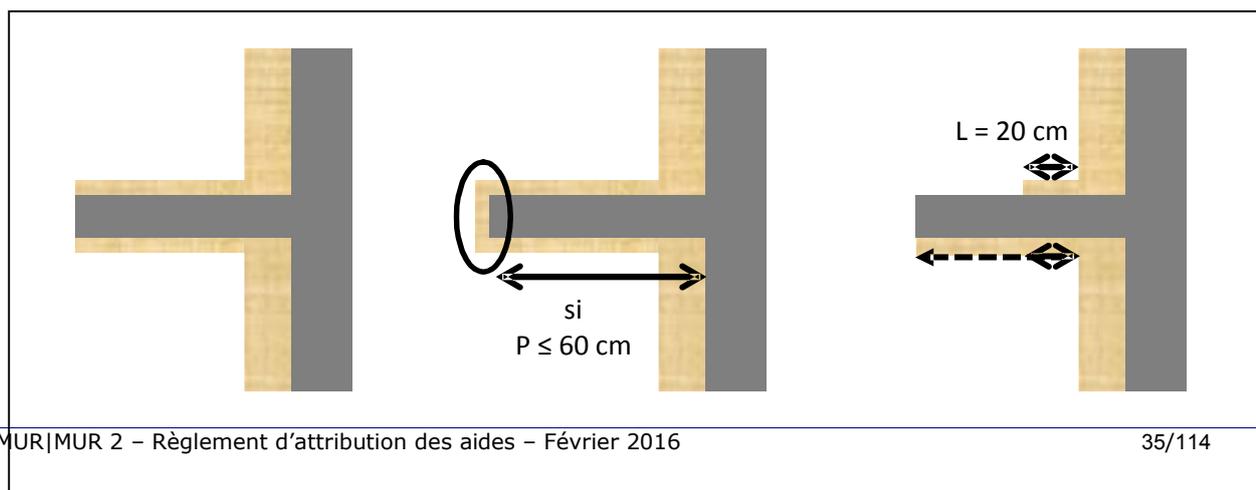


En présence de soupiraux en pied de façades, l'isolant ne pourra s'arrêter à mi-hauteur des ouvertures : il devra soit être arrêté au niveau du linteau des ouvertures, soit descendre plus bas que les soupiraux, dont les grilles seront déplacées (voire changées) au nu extérieur de l'isolant.

2.3. Dalles de balcons

En présence d'isolation par l'extérieur, les dalles de balcons non traitées constituent des ponts thermiques significatifs. Afin de remédier à leurs effets néfastes (dégradation de la performance thermique, risque de condensation à l'intérieur des logements en cas de ventilation insuffisante), deux mesures, essentiellement, existent :

- le **tronçonnage** : dépose des balcons par sciage de leur dalle au droit des façades puis pose de nouveaux balcons désolidarisés des façades, sans ponts thermiques linéaires, éventuellement plus larges pour une amélioration de leur confort d'usage ;
- le **manchonnage** : fixation d'un isolant enveloppant les faces supérieure et inférieure des dalles (voire en about de dalle si la profondeur des balcons est inférieure à 60 cm) de résistances thermiques équivalentes (au moins 1, voire 1.25 m².K/W, soit environ 3 cm d'un isolant performant) ; le manchonnage peut être partiel en face supérieure (« banquette » de 20 cm de large au minimum, comptés au nu extérieur de l'isolant rapporté en façade) mais, dans ce cas, il n'est pas justifié thermiquement d'isoler la sous-face sur toute la profondeur du balcon (en revanche, il peut être plus simple et moins coûteux de le faire).



Le traitement des balcons n'est pas obligatoire (notamment en raison de son coût) **mais il est recommandé**, en particulier dans les cas où leur linéaire est important (exemple : balcons filants sur toute la longueur d'une façade).

2.4. Joues de balcons

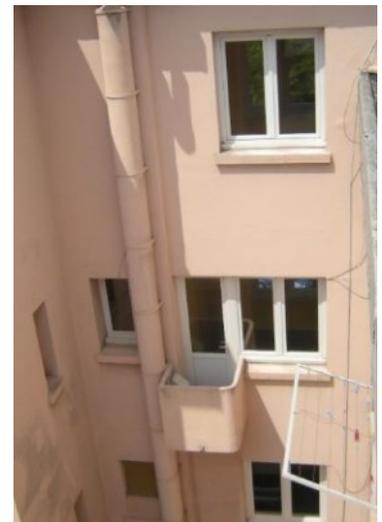
Au même titre que les dalles de balcons mais sur le plan vertical, les joues de balcon, constituées d'un voile en béton (cf. photo paragraphe 3.4 ci-après) constitueront des ponts thermiques après isolation des parties courantes des façades, si elles ne sont pas isolées. Afin de limiter autant que faire se peut l'impact architectural de l'isolation de ces voiles sur les deux faces, sans sacrifier la qualité de la rupture du pont thermique, **il est recommandé d'isoler chacune des faces** (en totalité) par l'ajout d'un isolant de résistance thermique supérieure ou égale à **0.8 m².K/W** (soit 2 cm d'un isolant performant). Si la profondeur des voiles est inférieure à 60 cm, il conviendra également d'isoler de la même manière l'about des joues.

2.5. Gains de vide-ordures et balcons d'accès

Certaines gains de vide-ordures sont positionnées en extérieur (côté cour, cf. photo ci-contre, ©ALEC), tellement proches de la paroi qu'elles empêchent toute mise en œuvre d'un isolant, aussi mince soit-il.

En cas d'isolation thermique par l'extérieur des parties courantes sans traitement particulier à leur endroit, elles créent donc un pont thermique significatif, de même que les petits balcons associés qui permettent d'y avoir accès.

Dans l'hypothèse où le vide-ordure n'est plus utilisé (ou que cette perspective est envisagée), **il est recommandé** et alors particulièrement pertinent de traiter ce problème par la dépose des gains et de leurs balcons d'accès.



2.6. Les descentes d'eaux pluviales

Comme dans le cas précédent de la gaine de vide-ordures, la discontinuité, créée par l'arrêt de l'isolation de part et d'autre des tuyaux, générerait un pont thermique linéaire important. **Les descentes d'eaux pluviales devront donc être démontées** avant la pose de l'isolant, **puis réinstallées devant l'isolant**, grâce à des pattes de fixation plus longues, elles-mêmes en matériau le plus isolant possible, afin de limiter au maximum les ponts thermiques à leur endroit.

3. Dérogations

3.1. Contraintes techniques, réglementaires, architecturales et/ou économiques dûment justifiées

La mise en œuvre des prescriptions obligatoires présentées précédemment n'est pas toujours possible ou à des coûts parfois très élevés, en raison de particularités d'ordre technique et/ou architecturale du bâtiment. La motivation des copropriétaires à le réhabiliter sur le plan thermique n'est donc pas en cause. Dans ces situations, il est possible de solliciter auprès des instances d'instruction de mur|mur2 une dérogation, sur la base d'une demande argumentée. Suivent ci-après les cas les plus fréquemment rencontrés (liste non exhaustive).

En cas de dérogation(s) dûment accordée(s), un dossier ne sera cependant éligible qu'à la condition qu'**au minimum 50 % des surfaces verticales opaques en contact avec l'extérieur soient isolées**.

3.2. Façade ou pignon ayant fait l'objet d'un ravalement récent

Une dérogation pourra être accordée pour une façade ou un pignon ayant fait l'objet d'un ravalement depuis moins de 13 ans (au moment de la date de la demande de dérogation) et si aucune raison ne justifie un nouveau ravalement à court terme (moins de 5 ans).

3.3. Encadrements des fenêtres

- La rupture du pont thermique à l'endroit des encadrements de fenêtres n'est pas obligatoire si la mise en place de l'isolant représente une dépense particulièrement élevée, notamment à cause des travaux induits (changement des volets par exemple). Cette dépense sera évaluée en proportion du coût total de l'isolation des façades et pignons, ravalement et autres travaux induits inclus. Il conviendra alors d'être extrêmement vigilant sur la bonne ventilation des logements :
 - présence d'entrées d'air en bon état de fonctionnement dans les menuiseries des pièces sèches (chambres, salle de séjour, bureaux, etc.), sauf pour celles ayant vocation à être remplacées dans un proche avenir (menuiseries constituées de simple vitrage en particulier) ou en cas d'entrées d'air aménagées dans les coffres des volets roulants ;
 - présence de bouches d'extraction d'air (grilles hautes) en bon état de fonctionnement et condamnation des grilles basses, dans les pièces humides (cuisines, salles de bains, WC, etc.) ;
 - détalonnage effectif des portes de toutes les pièces (1 à 2 cm), permettant une circulation générale et permanente de l'air neuf, depuis les pièces sèches vers les pièces humides.
- Le traitement des encadrements de fenêtres n'est pas obligatoire en cas de déplacement des menuiseries, ou de mise en place de doubles fenêtres, au nu extérieur des murs.

3.4. Fonds des balcons fermés latéralement par des voiles en béton

S'agissant des fonds de balcon physiquement séparés du reste de la façade par un voile latéral en béton sur toute leur hauteur (cf. photo ci-contre, ©ALEC), la résistance thermique minimale de l'isolant rapporté pourra être ramenée à celle de la réglementation thermique concernant les bâtiments existants, en vigueur au moment de la demande de dérogation. Elle est de **2.3 m².K/W** à la date de rédaction du présent document.



Cette dérogation est soumise à l'obligation de manchonner les voiles béton latéraux (c'est-à-dire les isoler sur leurs deux faces), avec un isolant de résistance thermique supérieure ou égale à **0.8 m².K/W**.

3.5. Fermeture de loggias et des balcons fermés latéralement par des voiles en béton

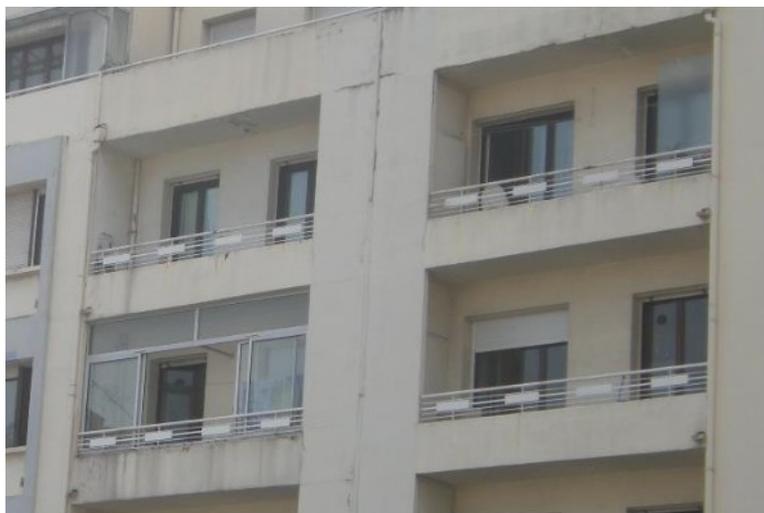
Il est plus efficace sur le plan thermique et en termes de confort d'usage de fermer ces espaces en les isolant par l'extérieur (isolation des garde-corps et mise en place de menuiseries performantes). Ce traitement est également moins coûteux que le manchonnage des dalles et voiles latéraux, associé à l'isolation des fonds de loggia ou de balcon et au changement des menuiseries existantes.

La création d'un volume fermé et isolé qui en résulte permet de créer un nouvel espace à usage variable suivant la saison : espace tampon en période de chauffage, espace de vie en mi-saison et loggia ouverte en période estivale (situation d'origine).

Il conviendra alors d'être vigilant sur les points suivants :

- Les (portes)-fenêtres intérieures donnant sur ces espaces doivent être équipées d'entrées d'air.
- Des entrées d'air hautes donnant sur l'extérieur doivent être aménagées dans les cas de loggias ou balcons donnant sur des pièces sèches (séjours ou chambres), afin de ne pas entraver leur bonne ventilation.
- Les couvertures éventuelles doivent être opaques, et des protections solaires externes (brise-soleil, rideaux, stores, volets roulants) doivent être prévues pour éviter le phénomène de surchauffe en été. Ce point est essentiel en façade ouest.
- Les éléments de fermeture de la loggia ou du balcon (isolation incluse) devront respecter la réglementation incendie afin d'empêcher la propagation des flammes d'un étage à l'autre.

Loggia : volume en retrait dans la façade d'un bâtiment, formant balcon couvert (Source : [Circulaire du 3 février 2012](#) relative au respect des modalités de calcul de la surface de plancher des constructions définie par le livre I du code de l'urbanisme). Une loggia peut être ouverte ou fermée par une baie vitrée. Sur la photo ci-contre (©ALEC), trois loggias sont ouvertes et une est fermée par des menuiseries coulissantes (en bas à gauche).



Balcon : plate-forme en saillie de la façade. Latéralement, un balcon peut être délimité par un garde-corps, un pare-vue ou fermé sur toute sa hauteur par un voile en béton, à l'une ou les deux (cf. photo ci-contre, ©ALEC) de ses extrémités.



3.6. Mitoyenneté et emprise sur espace public

Certains immeubles sont situés en bordure d'espaces publics et/ou en mitoyenneté du voisinage. Se pose alors la question de l'empiètement de l'épaisseur d'isolant sur l'espace public (un trottoir par exemple) ou sur la propriété privée voisine.

En cas d'absence d'accord sur la mise en place de l'isolant, malgré la bonne volonté de la copropriété, une dérogation pourra être accordée sur les surfaces concernées.

4. Techniques et matériaux

Tous les procédés d'isolation thermique par l'extérieur conformes aux règles de l'art sont autorisés :

- isolant calé-chevillé, sous enduit mince ou épais ;
- isolant sous bardage ;
- isolant avec peau incorporée type vêtture ou vêtage.

Pour des raisons économiques, la solution technique la plus souvent (voire exclusivement) mise en œuvre dans le cas de travaux de réhabilitation thermique des copropriétés des années 1945 à 1975, est l'isolation calée-chevillée sous enduit.

Il existe potentiellement un certain nombre de matériaux isolants utilisés dans ce cadre. Cependant, dans les faits et en plus de la contrainte économique, certaines réglementations limitent le choix des maîtres d'ouvrages, notamment en matière d'incendie et de séisme (cf. annexes).

Tableau comparatif des épaisseurs de différents isolants utilisés en isolation des façades par l'extérieur sous enduit, pour une résistance thermique de 5 m².K/W.

Matériaux isolants ($\lambda \leq 0.065$ W/m.K)		Conductivité thermique λ (en W/m.K)	Épaisseur pour R = 5	Observations
Polystyrène expansé	blanc	0,038	19 cm	- Le plus économique.
	gris (graphité)	0.032	16 cm	- À protéger du soleil sur le chantier.
Laine de roche	mono-densité	0.038	19 cm	- Incombustible.
	double densité	0.036	18 cm	
Mousse résolique (ou phénolique)		0.022	11 cm	- Le plus mince à résistance thermique identique.
Brique de béton cellulaire		0,043	21.5 cm	- Incombustible. - Les panneaux les plus épais font 20 cm d'épaisseur (soit $R \approx 4.5$ m ² .K/W).
Laine de bois		0.039	19.5 cm	- densité souvent trop élevée pour une application en isolation par l'extérieur des façades et pignons d'immeubles d'habitations.
Liège		0.04	20 cm	
Bloc de béton de chanvre		0.065	32.5 cm	

Au-delà de critères économiques et/ou de considérations écologiques, le choix d'un matériau isolant dépend également de son adaptation au bâtiment concerné, par rapport au respect des réglementations, en particulier incendie et parasismique (cf. annexes). Celles-ci imposent des restrictions dues au nombre d'étages du bâtiment concerné ainsi qu'à sa situation géographique.

La métropole grenobloise est à cet égard dans une zone particulièrement sensible sur le plan sismique. L'utilisation de matériaux bio-sourcés n'est ainsi possible en isolation par l'extérieur que dans certaines copropriétés, dont le nombre est, d'une façon générale, très restreint. Le choix, dans les faits, est donc plus limité que dans le tableau ci-dessus.

Dans la plupart des cas, il faudra ainsi choisir entre le polystyrène (blanc ou gris), la laine de roche ou les mousses résoliques.

Un autre déterminant du choix de l'isolant est le confort acoustique.

La laine de roche améliore par nature l'indice d'affaiblissement acoustique du mur support. L'isolation thermique est donc, dans ce cas, accompagnée d'une amélioration de l'isolation phonique (par rapport aux bruits aériens extérieurs).

Le polystyrène (et le polyuréthane), quant à lui, existe sous deux formes. Elastifié, il améliore aussi l'acoustique du mur support. Mais non élastifié, il peut dégrader les performances acoustiques de son support. Cette dégradation sera plus ou moins perceptible en fonction de l'indice d'affaiblissement des autres constituants de la façade.

Attention : une amélioration de l'isolement des bruits extérieurs diminue le bruit de fond et peut rendre les bruits intérieurs issus des logements adjacents plus perceptibles.

5. Bibliographie

- 5.1. [Recommandations professionnelles pour l'isolation en sous-face des planchers bas, neuf et rénovation](#), Programme RAGE (Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012), mars 2014, 78 pages.
- 5.2. [Recommandations professionnelles «procédés d'isolation thermique extérieure par enduit sur polystyrène expansé - neuf et rénovation»](#), Programme RAGE (Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012), juillet 2014, 202 pages.
- 5.3. [Calepin de chantier «procédés d'isolation thermique par l'extérieur par enduit sur polystyrène expansé – neuf et rénovation»](#), Programme RAGE (Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012), juin 2015, 32 pages.
- 5.4. Cahier des Prescriptions Techniques (CPT) d'emploi et de mise en œuvre des systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur polystyrène expansé, Cahier du CSTB 3035_V2, juillet 2013, 59 pages.

Les toitures

1. Prescriptions générales obligatoires en partie courante

1.1. Isolation thermique et résistances thermiques de l'isolant rapporté

Sont concernées toutes les surfaces de toitures, y compris celles sur les parties communes en contact avec les logements, même quand elles ne sont pas chauffées (cas notamment des cages d'escalier).

1.1.1. En toiture-terrasse

Le principe d'isolation doit être, dans la mesure du possible, celui de la « toiture chaude » : **l'isolant est placé sous l'étanchéité.**

Les plaques d'isolants sont soumises à de fortes contraintes météorologiques (amplitude thermique, rayonnement solaire) voire mécaniques. Avec le temps, quand elles sont mises en place en une seule couche, elles peuvent ne plus être jointives. Des points thermiques peuvent alors apparaître au niveau de leurs jointures. Pour remédier à ce risque, deux solutions techniques existent :

- **pose de l'isolation en deux couches croisées d'épaisseur comparable (avec recouvrement des joints) ;**
- pose de panneaux bouvetés ou avec feuillures.

Seule la première solution permet de garantir dans la durée l'absence d'apparition éventuelle de ponts thermiques. Dans la mesure où elle n'entraîne pas de surcoût significatif, cette technique est requise.

La résistance thermique totale rapportée (somme des résistances des deux couches d'isolant) doit être supérieure ou égale à **6 m².K/W.**

1.1.2. En rampant de toiture

L'isolation par l'extérieur (appelée « sarking ») doit être privilégiée autant que faire se peut (elle impose en effet un détuilage total). Cependant, elle peut être partielle, le complément étant apporté par une isolation entre chevrons.

L'isolation de la charpente par l'intérieur est acceptée si elle n'est que complémentaire à une isolation entre chevrons et si elle ne nécessite pas un accès par les logements (cas par exemple de rampants sur combles aménagés en galetas).

La résistance thermique totale rapportée (somme des résistances des différentes couches d'isolant, le cas échéant) doit être supérieure ou égale à **6 m².K/W, et un soin particulier sera apporté à l'étanchéité à l'air.**

1.1.3. En plancher de combles (perdus ou aménagés en galetas)

La résistance thermique de l'isolant rapporté doit être supérieure ou égale à **8 m².K/W.**

1.2. Cas de l'isolation inversée en toiture-terrasse

Cette solution technique peut être retenue si l'étanchéité de la toiture-terrasse est récente ou en très bon état. Son remplacement n'est alors pas justifié et elle peut donc être laissée en place. Il est alors possible de disposer l'isolant (ou un complément d'isolant) en position inversée, c'est-à-dire par-dessus l'étanchéité.

Cependant, les déperditions thermiques à travers une toiture-terrasse avec isolation inversée sont majorées, par rapport à celles d'une « toiture chaude » de même constitution, des déperditions supplémentaires dues au ruissellement et l'évaporation de l'eau entre l'isolant et le revêtement d'étanchéité. Ces dernières sont globalement compensées, sur la période de chauffage, par une **augmentation de l'épaisseur d'isolant inversé** qui d'autre part réduit les déperditions par temps sec.

L'épaisseur de l'isolant rapporté en isolation inversée **sera déterminée selon des calculs spécifiques de déperdition décrits dans les avis techniques des matériaux isolants employés.**

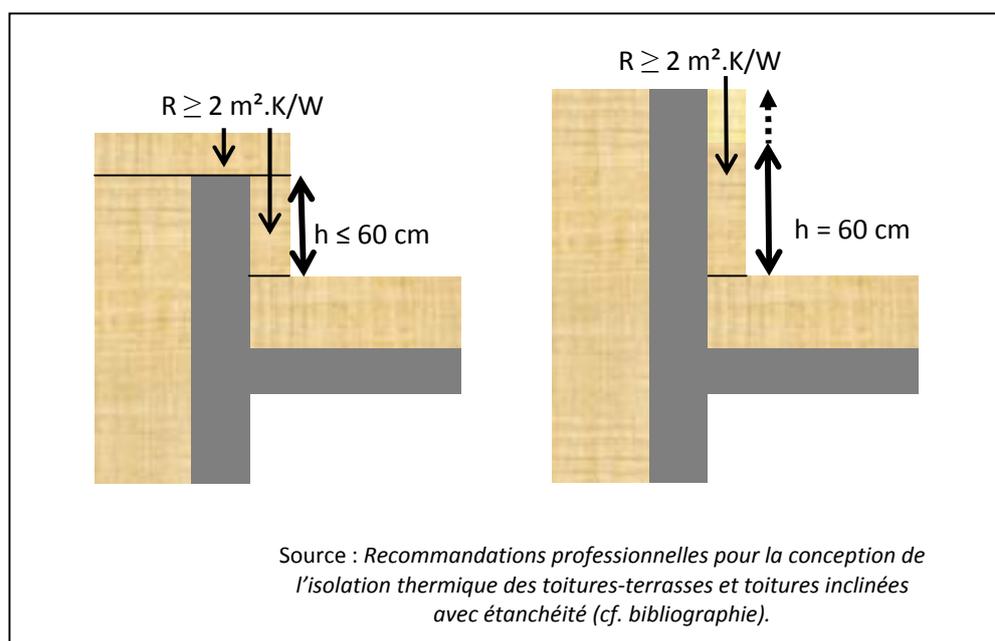
Les procédés d'isolation inversée sous avis technique nécessitent généralement la mise en place d'une protection lourde en toiture sur l'isolant (type dallettes sur plots). Outre les contraintes particulières de

poids et de hauteur qui en résultent, les évacuations d'eau pluviale doivent également faire l'objet d'un traitement particulier. En effet, en période froide, toute stagnation d'eau entre l'isolant et l'étanchéité dégraderait la performance de l'isolation thermique. Cette solution doit donc faire l'objet d'une étude particulière.

1.3. Isolation des acrotères

Les acrotères doivent être isolés sur leurs faces :

- extérieure, dans le prolongement de l'isolation des façades et pignons (cf. chapitre dédié) ;
 - intérieure, sur une hauteur minimale de 60 cm (comptée au-dessus du plan horizontal supérieur de l'isolant), à concurrence de la hauteur de l'acrotère ;
 - supérieure (apex) si leur hauteur au-dessus du plan horizontal supérieur de l'isolant est inférieure à 60 cm.
- Dans les deux derniers cas, la résistance thermique de l'isolant rapporté sera **au minimum de 2 m².K/W**.



La hauteur de l'acrotère devra en tout état de cause être réglementaire après les travaux.

2. Traitements des points singuliers

Les points singuliers sont des zones qui ne peuvent pas être traitées de la même façon que les parties courantes, à cause de leur configuration particulière.

Leur traitement n'est ici pas obligatoire. Mais il est recommandé. En effet, en l'absence d'isolation à leur endroit, les ponts thermiques ainsi créés peuvent parfois être significatifs. Une attention spéciale devra donc leur être apportée. Ils pourront par exemple faire l'objet d'une réflexion coût-bénéfices pour en évaluer la pertinence du traitement.

Les points singuliers les plus fréquemment rencontrés en toitures, ainsi que des propositions de traitements sont présentés ci-après.

2.1. Cas des terrasses accessibles

Il est recommandé d'isoler les terrasses accessibles, le plus souvent parties communes à usages privés.

L'isolant rapporté devra présenter une résistance thermique aussi élevée que possible, dans la limite de la hauteur des seuils des portes-fenêtres et du choix du matériau lié aux sollicitations mécaniques auxquelles il ne manquera pas d'être exposé.

Les éventuel garde-corps maçonnés seront alors traités conformément à ce qui est requis pour les acrotères.

2.2. Pieds d'édicules et souches de conduits de ventilation ou de fumée

Les ponts thermiques liés aux murs des locaux techniques en toiture-terrasse (machinerie ascenseurs par exemple) ainsi que les souches des conduits de ventilation ou des cheminées peuvent également être significatifs en fonction de leurs longueurs et de leur nombre. Il est alors recommandé de les isoler par l'extérieur selon les principes suivants, qui tiennent compte de l'absence de contrainte en termes d'épaisseur :

- pour une hauteur inférieure à 1 mètre, isolation sur la totalité de la hauteur avec un isolant présentant une résistance thermique minimale de $1,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$;
- pour une hauteur supérieure à 1 mètre, isolation sur 1 mètre avec une résistance thermique minimale de $1,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

Par analogie avec le traitement des balcons (dalles et joues bétonnées), il est par ailleurs recommandé d'isoler selon les mêmes règles, la face intérieure des murs des édicules.

Dans le même esprit, les murs de refend et les éventuelles cloisons maçonnées présents dans les combles gagneront à être isolés selon les mêmes recommandations que ci-dessus, en cas d'isolation de leur plancher.

3. Dérogations

3.1. Contraintes techniques, réglementaires, architecturales et/ou économiques dûment justifiées

La mise en œuvre des prescriptions obligatoires présentées précédemment n'est pas toujours possible ou à des coûts parfois très élevés, en raison de particularités du bâtiment d'ordre technique et/ou architectural (voire pour des raisons pratiques). La motivation des copropriétaires à le réhabiliter sur le plan thermique n'est donc pas en cause.

Dans ces situations, il est possible de solliciter auprès des instances d'instruction de mur|mur2 une dérogation, sur la base d'une demande argumentée.

3.2. Isolation préexistante

Si une toiture-terrasse bénéficie déjà d'une isolation de résistance thermique supérieure ou égale à $2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ en bon état, et que le bâtiment comporte au moins cinq niveaux de logements, un complément d'isolation n'est pas obligatoire.

Si une toiture-terrasse bénéficie déjà d'une isolation en bon état mais ne répondant pas à ces critères (résistance thermique existante ou nombre de niveaux de logements), un complément d'isolation de résistance thermique supérieure ou égale à $3,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ permettra d'atteindre une isolation résultante de $6 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ au moins.

4. Techniques et matériaux

Tableau comparatif des épaisseurs de différents isolants utilisés en isolation de toitures, notamment toitures-terrasses, pour une résistance thermique de $6 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Matériaux isolants ($\lambda \leq 0.065 \text{ W/m.K}$)	Conductivité thermique λ (en W/m.K)	Épaisseur pour $R = 6 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$	Observations
Polyuréthane (PU)	0.025	15 cm	- le plus fréquent en isolation de

			toiture-terrasse.
Polystyrène extrudé (XPS)	0,03	18 cm	- pour l'isolation des toitures-terrasses.
Verre cellulaire	0.041	25 cm	
Laine de bois - ouate de cellulose	0.038	23 cm	- pour l'isolation des rampants de toitures.
Laine de roche	0.039	24 cm	

Tableau comparatif des épaisseurs de différents isolants utilisés en isolation de planchers de combles, le plus souvent en vrac, à souffler.

Matériaux isolants ($\lambda \leq 0.065$ W/m.K)	Conductivité thermique λ (en W/m.K)	Épaisseur pour $R = 8$ m ² .K/W	Observations
Fibre de bois	0.038	31 cm	- ignifugée.
Ouate de cellulose	0.037 à 0.04	30 à 32 cm	- pour un meilleur déphasage.
Laine de roche	0,045	36 cm	- incombustible.
Laine de verre	0.046	37 cm	
Textile recyclé	0.042	34 cm	

Il est ici particulièrement conseillé, pour l'isolation des rampants de toitures et les planchers de combles perdus, de rechercher des isolants à forte capacité thermique (densité et chaleur spécifique élevées) de façon à améliorer le confort thermique d'été des logements sous-jacents, par augmentation du déphasage thermique : ouate de cellulose, laine de bois ou laine de roche.

Il peut être pertinent d'étudier la faisabilité d'une végétalisation de la toiture (amélioration du confort thermique d'été) et la pose de panneaux solaires.

5. Bibliographie

- 5.1. [Recommandations professionnelles RAGE « isolation thermique et étanchéité des points singuliers de toitures avec éléments porteurs en maçonnerie – neuf »](#), Programme RAGE, mars 2014, 94 pages.
- 5.2. [Isolation thermique, des recommandations fiables pour les toitures](#), Qualité Construction n° 137, mars-avril 2013, 5 pages.
- 5.3. [Recommandations professionnelles pour la conception de l'isolation thermique des toitures-terrasses et toitures inclinées avec étanchéité](#), dossier n° 4, Chambre Syndicale Française de l'Étanchéité, mai 2012, 24 pages.
- 5.4. *Les toits végétalisés, adaptation au changement climatique*, Notice technique 01, Grenoble Alpes Métropole, non daté (mais postérieur à 2008), 18 pages.
- 5.5. *La végétalisation en ville*, dossier n° 2, ALEC (Agence Locale de l'Énergie et du Climat, Grenoble), décembre 2007, 12 pages.

Les planchers bas

1. Prescriptions générales obligatoires en partie courante

1.1. Isolation thermique par la sous-face

Un plancher bas est une « *paroi horizontale donnant sur un local chauffé uniquement sur sa face supérieure* » (cf. 5.1). La face inférieure donne donc sur un local non chauffé ou sur l'extérieur :

- caves, garages ou parkings, locaux poubelles, garages à vélo, etc. ;
- vide sanitaire ;
- porches d'entrée, passages-cochers d'accès à des cours intérieures.

Les planchers bas doivent être **isolés par leur sous-face** (le plus souvent face inférieure d'une dalle pleine en béton ou d'un plancher à poutrelles et hourdis).

Sont également concernés les planchers bas des parties communes, même quand ces dernières ne sont pas chauffées (cas notamment des halls d'entrée).

1.2. Résistance thermique de l'isolant rapporté

La résistance thermique de l'isolant rapporté en sous-face d'un plancher bas doit être supérieure ou égale à **4 m².K/W**.

Si la hauteur sous plafond le permet, un plancher bas sur extérieur gagne à être isolé avec un isolant de résistance thermique supérieure ou égale à **5 m².K/W**.

2. Traitements des points singuliers

Les points singuliers sont des zones qui ne peuvent pas être traitées de la même façon que les parties courantes, à cause de leur configuration particulière. **Leur traitement est obligatoire**. En effet, en l'absence d'isolation à leur endroit, les ponts thermiques ainsi créés peuvent être significatifs. Les points singuliers les plus fréquemment rencontrés en planchers bas, ainsi que des propositions de traitements sont présentés ci-après.

2.1. Poutres apparentes

Les éventuelles poutres doivent être isolées sur leurs 3 faces (latérales et inférieure).

La résistance thermique de l'isolant rapporté doit être supérieure ou égale à 1 m².K/W (cf. 5.1).

2.2. Luminaires fixés en sous-face

Les luminaires (globes, tubes fluorescents, etc.) doivent être démontés avant l'isolation de la sous-face, afin que cette dernière recouvre leur emplacement d'origine. Ils seront remis en place soit directement sur un mur adjacent, soit en sous-face de l'isolant, sur armature ou plot isolant.

2.3. Portes

Si nécessaire, les portes en bois, voire métalliques (si possible), des caves en particulier, devront être recoupées pour être manœuvrables avec la nouvelle hauteur sous plafond, réduite par l'épaisseur d'isolant.

3. Dérogations

3.1. Contraintes techniques, réglementaires, architecturales et/ou économiques dûment justifiées

La mise en œuvre des prescriptions obligatoires présentées précédemment n'est pas toujours possible ou à des coûts parfois très élevés, en raison de particularités du bâtiment d'ordre technique et/ou architectural (voire pour des raisons pratiques). La motivation des copropriétaires à le réhabiliter sur le plan thermique n'est donc pas en cause. Dans ces situations, il est possible de solliciter auprès des instances d'instruction de mur|mur2 une dérogation, sur la base d'une demande argumentée.

Suivent les cas les plus fréquemment rencontrés en plancher bas (liste non exhaustive).

3.2. Hauteur sous plafond insuffisante avant travaux

Sont exclus de l'obligation d'isolation en sous-face, les planchers bas « enterrés » (plancher au même niveau que le sol extérieur) :

- donnant sur un vide sanitaire lorsque l'espace disponible en sous-face n'est pas suffisant pour mettre en œuvre l'isolation ;
- sur terre-plein.

Toutefois, afin de limiter la valeur du pont thermique de liaison entre le plancher bas enterré non isolable en sous-face et le mur extérieur isolé par l'extérieur, une descente d'isolant d'au minimum 60 cm de profondeur sous le niveau du sol, dans le prolongement de l'isolation extérieure, doit être réalisée avec un isolant de résistance thermique rapportée supérieure ou égale à 2 m².K/W (cf. 5.2).

3.3. Hauteur sous plafond insuffisante après travaux

Le respect de la résistance thermique minimale de l'isolant rapporté n'est pas obligatoire si la hauteur sous plafond après isolation est contraire à la réglementation : accessibilité ou accès aux cours intérieures aux véhicules de lutte contre les incendies.

3.4. Accessibilité à des conduites ou gaines techniques

Le respect de la résistance thermique minimale de l'isolant rapporté n'est pas obligatoire si la hauteur sous plafond après isolation est contraire à la réglementation sur l'accessibilité aux réseaux ou gaines technique. Celle-ci peut cependant être assurée par la mise en place de panneaux isolants démontables formant caisson.

3.5. Murs de refend

Dans l'idéal, les murs de refend devraient être isolés sur une retombée de 60 cm à compter de la sous-face de la dalle (cf. 5.1). Mais si cette isolation est justifiée sur le plan thermique, elle pose de nombreux problèmes pratiques (d'accès puis de mise en œuvre de l'isolant), notamment dans le cas de caves, souvent exigües, aménagées et « bien remplies ». Elle n'est donc pas obligatoire.

3.6. Liaison avec un mur extérieur isolé par l'extérieur

Idéalement également, il conviendrait d'isoler le mur de soubassement par l'intérieur sur une retombée d'au minimum 30 cm à compter de la sous-face de l'isolant (cf. 5.1 ; voire 60 cm depuis la sous-face de la dalle, selon 5.2). Pour les mêmes raisons que précédemment, cette isolation n'est pas obligatoire dans le cadre de mur|mur2.

4. Techniques et matériaux

Deux techniques sont généralement utilisées :

- projection d'isolant par voie humide (flocage) ;
- panneaux rapportés d'isolants semi-rigides.

Tableau comparatif des épaisseurs de différents isolants utilisés en isolation de sous-face de planchers bas, pour une résistance thermique de 4 m².K/W.

Matériaux isolants ($\lambda \leq 0.065$ W/m.K)	Conductivité thermique λ (en W/m.K)	Épaisseur pour R = 4 m ² .K/W	Observations
Flocage de ouate de cellulose	0.041	16.4cm	
Flocage de laine de roche	0,041		
Flocage de laine de laitier	0.041		
Panneaux de laine de roche	0.035	14 cm	
Panneaux de la fibre de bois	0.04	16 cm	

5. Bibliographie

- 5.1. [*Recommandations professionnelles pour l'isolation en sous face des planchers bas*](#), Programme RAGE (Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012), mars 2014, 78 pages.
- 5.2. *Guide ABC, Amélioration thermique des Bâtiments Collectifs, construits de 1850 à 1974*, p. 238 et suivantes, ouvrage collectif, janvier 2011, 344 pages.

Les menuiseries extérieures

1. Prescriptions générales obligatoires

Ces prescriptions concernent autant les menuiseries des parties communes (cages d'escalier, halls d'entrée) que celles de logements (menuiseries privatives).

1.1. Performances thermiques

D'une façon générale, les performances thermiques des menuiseries sont caractérisées par les paramètres suivants :

- le coefficient de transmission thermique de la fenêtre, noté U_w (en $W/m^2.K$) caractérisant non seulement les performances du vitrage, mais également celles du dormant et de l'ouvrant de la menuiserie ;
- le coefficient de transmission thermique d'une porte, noté U_d (en $W/m^2.K$) ;
- Le facteur solaire, noté Sw (en %).

Les performances thermiques des nouvelles **fenêtres et portes-fenêtres** doivent être les suivantes :

- **$U_w \leq 1.3 W/m^2.K$ et $Sw \geq 30 \%$** , à privilégier, mais à défaut
- $U_w \leq 1.7 W/m^2.K$ et $Sw \geq 36 \%$.

Pour les **portes des halls d'entrée** (portes d'entrée donnant sur l'extérieur, ce qui n'est pas le cas des portes palières donnant sur un espace certes non chauffé, mais intérieur), la valeur U_d doit être inférieure ou égale à $1.7 W/m^2.K$.

Ces seuils de performances énergétiques correspondent à ceux du Crédit d'impôt Transition Énergétique (CITE) valable en 2016. Dans l'hypothèse où le CITE serait reconduit en 2017 et les années suivantes avec des seuils renforcés, le présent référentiel technique suivrait ces renforcements.

1.2. Ventilation

Conformément à la réglementation thermique (art. 13 de l'arrêté du 3 mai 2007), les nouvelles menuiseries doivent systématiquement être pourvues d'entrées d'air, dans les pièces sèches (chambres, bureau, salle de séjour), sauf dans les locaux déjà munis d'entrées d'air (aménagées dans les coffres de volets roulants par exemple) ou dans le cas de la mise en place d'une ventilation double flux.

1.3. Étanchéité à l'air

Les menuiseries devront être classées au moins A3.

Un test d'étanchéité à l'air du logement peut être exigé de manière aléatoire. Le test ne doit pas montrer de fuites d'air parasites au niveau des menuiseries et le coefficient de perméabilité à l'air I_4 doit être inférieur à $1 m^3/h/m^2$ (correspondant au débit de fuite sous une dépression de 4 Pa par m^2 de paroi déperditive).

2. Traitements des points singuliers

L'ajout de doubles fenêtres installées au nu extérieur du mur maçonné est une solution qui permet de conserver les menuiseries actuelles, côté intérieur. Il n'est envisageable, le plus souvent, que dans le cadre d'un changement collectif (pour conserver aux façades l'homogénéité qui sied généralement aux copropriétés). Les doubles fenêtres devront respecter les prescriptions précédentes.

3. Dérogations

3.1. Contraintes techniques, réglementaires, économiques et/ou architecturales dûment justifiées

La mise en œuvre des prescriptions obligatoires présentées précédemment n'est pas toujours possible ou à des coûts parfois très élevés, en raison de particularités du bâtiment d'ordre technique et/ou architectural. La motivation des copropriétaires à le réhabiliter sur le plan thermique n'est donc pas en cause. Dans ces situations, il est possible de solliciter auprès des instances d'instruction de mur|mur2 une dérogation, sur la base d'une demande argumentée.

3.2. Menuiseries récentes performantes

Les menuiseries qui peuvent faire l'objet d'une dérogation à leur remplacement sont celles ayant récemment été changées et dont la performance thermique est conforme à la réglementation thermique concernant les bâtiments existants, à savoir :

- $U_w < 2,3 \text{ W/m}^2.\text{K}$ en général sauf pour les ouvrants à menuiserie coulissante ($U_w < 2,6 \text{ W/m}^2.\text{K}$) et
- $U_g < 2 \text{ W/m}^2.\text{K}$.
- Si aucune valeur ne peut être déterminée, on se réfèrera aux tableaux de l'article 10 de l'arrêté du 3 mai 2007 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants, répertoriant les configurations réputées satisfaire à ces exigences. Les menuiseries à double vitrage et à faible émissivité dont l'épaisseur entre les deux vitres est supérieure ou égale à 12 mm le sont.

4. Matériaux - précisions

Dans le cas d'un changement de toutes les menuiseries d'un bâtiment, les nouvelles menuiseries pourront être posées au nu extérieur du mur, ce qui implique un changement des volets, mais a contrario supprime l'obligation d'isolation des encadrements des fenêtres.

Une attention particulière est requise lors de la pose des nouveaux cadres afin de garantir une étanchéité à l'air aussi parfaite que possible : les produits de type « compribande » seront préférés aux joints en polyuréthane et silicone, généralement moins durables.

Si le remplacement des menuiseries est effectué avant la mise en place de l'isolation thermique par l'extérieur, il est recommandé de prévoir lors de la pose l'espace suffisant pour permettre le retour de l'isolant en tableaux.

Si les logements sont équipés de volets roulants, il est recommandé de changer les coffres de volets roulants en même temps que la menuiserie ou de les isoler et les étancher afin de couper le pont thermique à leur endroit et de supprimer les infiltrations d'air.

Il est recommandé d'étudier la mise en place de triple vitrage ($U_w < 1 \text{ W/m}^2.\text{K}$) pour les façades orientées au Nord.

L'occupant du logement doit être informé de l'utilisation adéquate de la double fenêtre ou de la loggia afin de ne pas grever leur performance énergétique.

La ventilation

L'intérêt de la ventilation est parfois mal compris par les occupants des logements, qui l'associent régulièrement à l'inconfort d'un courant d'air froid et/ou à des déperditions énergétiques inutiles.

Le renouvellement de l'air des locaux d'habitation est cependant une nécessité. En effet, le remplacement de l'air intérieur « vicié » par un air extérieur « sain » répond à trois impératifs :

- **la santé, voire la sécurité, des occupants** : assurer les besoins respiratoires vitaux (apport d'oxygène et évacuation du dioxyde de carbone), permettre le bon fonctionnement des appareils à combustion (évacuation efficace des fumées et absence d'émanations de gaz toxiques ou mortels, tel que le monoxyde de carbone), empêcher le développement de moisissures (à l'origine d'allergies et d'asthme) consécutif à la condensation d'un air trop humide sur une paroi ou un point froid, et la prolifération des acariens (favorisée par une ambiance chaude et humide), limiter la présence de polluants chimiques (cancérogènes pour certains) et biologiques dans l'air intérieur ;
- **le confort des occupants** : évacuation des mauvaises odeurs et de l'humidité, limitation du taux de gaz carbonique (gaz issu de la respiration, source de maux de tête et autres symptômes de « mal-être » lorsqu'il est présent en trop grande concentration) ;
- **la qualité du bâti** : empêcher les phénomènes de condensation qui non seulement dégradent les revêtements muraux et de plafond (conséquences esthétiques) mais peuvent à terme altérer significativement la qualité des murs (conséquences structurelles).

Les bâtiments doivent répondre à la réglementation en vigueur au moment du dépôt de la demande de leur permis de construire. La ventilation des logements construits entre 1945 et 1975, a successivement été régie par :

- le premier règlement sanitaire départemental du 1^{er} avril 1937, qui impose la ventilation permanente des « cabinets d'aisances » (aucun texte antérieur ne définit les dispositions réglementaires concernant l'aération des logements) ;
- l'arrêté du 14 novembre 1958 relatif à l'aération des logements, qui a institué le principe de la ventilation permanente pièce par pièce des « pièces de service » (pièces humides : cuisines, salles de bains, WC) ;
- l'arrêté du 22 octobre 1969 relatif à l'aération des logements, qui a généralisé la ventilation permanente (au moins pendant la période de chauffage) à l'ensemble du logement, par balayage depuis les pièces sèches (chambres et séjours) vers les pièces humides (extraction par tirage naturel ou par des dispositifs mécaniques).

En revanche, les bâtiments n'ont pas l'obligation de respecter les textes réglementaires postérieurs à leur construction. Mais, comme pour les parois opaques et vitrées, le présent référentiel technique a pour but d'inciter à des travaux améliorant la situation existante, au-delà du strict respect de la réglementation. Il se base donc sur les derniers textes en vigueur sur le sujet, à savoir l'arrêté du 24 mars 1982 (relatif aux dispositions relatives à l'aération des logements) modifié par l'arrêté du 28 octobre 1983, ainsi que la réglementation thermique

1. Prescriptions générales obligatoires

1.1. Introduction

Le renouvellement de l'air dans les logements construits avant la fin des années 1970 est souvent insuffisant (en particulier aux intersaisons et en été) pour permettre une bonne qualité de l'air intérieur et lutter contre les moisissures dans certains logements.

Le remplacement des menuiseries d'origine par de nouvelles menuiseries modifie par ailleurs la ventilation des logements : il réduit en effet les infiltrations d'air entre maçonnerie et dormants et entre dormants et ouvrants, voire entre les ouvrants eux-mêmes. L'amélioration de l'étanchéité à l'air qui en résulte peut provoquer, en l'absence d'une ventilation efficace, des problèmes liés à

une insuffisance du renouvellement d'air dans les appartements. Il est dès lors obligatoire de traiter de façon concomitante la ventilation des logements.

Compte tenu de la diversité des situations initiales et de la diversité des possibilités d'amélioration, il est demandé de faire réaliser un diagnostic de l'installation de ventilation existante par un professionnel, qui préconisera dans un second temps différentes solutions d'amélioration en fonction notamment de l'architecture et l'agencement des logements.

1.2. Une ventilation générale et permanente

Le système qui sera mis en place dans le cadre de l'amélioration de la ventilation **devra respecter** les principes en vigueur depuis l'arrêté de 1969, confirmés par l'arrêté de 1982 modifié, à savoir une ventilation :

- permanente ;
- générale par balayage.

La première mesure est de prévoir des entrées d'air dans les menuiseries (ou les coffres de volets roulants) des pièces sèches (chambres, bureaux, salles de séjour), conformément à l'article 13 de l'arrêté du 3 mai 2007 sur la réglementation thermique dans l'existant « élément par élément ». Cette mesure s'accompagnera de l'obturation des éventuelles grilles basses d'entrée d'air situées dans les pièces humides (WC, salles de bains, cuisines) afin qu'elles ne court-circuitent pas les nouvelles entrées d'air des pièces sèches.

La bonne extraction de l'air vicié depuis les pièces humides par des grilles hautes et des conduits vers l'extérieur (toitures le plus souvent) sera également contrôlée et mise aux normes, le cas échéant.

1.3. La maîtrise des débits de ventilation

Au-delà de limiter l'inconfort lié à des courants d'air non maîtrisés, il s'agit ici de moduler les débits de ventilation en fonction de l'occupation des locaux, conformément à l'arrêté du 28 octobre 1983 précédemment mentionné, dans un objectif de réduction des consommations de chauffage. L'air extrait étant un air chauffé, la réduction des débits extraits, dans les limites réglementaires, permet de réduire les débits d'air neuf entrant, prélevé à l'extérieur, donc froid et par conséquent devant être chauffé.

En tout état de cause, et sauf impossibilité réglementaire, la solution retenue devra être de type « Hygroréglable B » (à savoir installation d'entrées d'air et de bouches d'extraction à débit modulé par l'humidité de l'air). À défaut, la solution sera de type « Hygroréglable A » (seules les bouches d'extraction sont hygroréglables).

Accompagner les travaux d'un traitement adapté de toutes les infiltrations d'air notamment au niveau des menuiseries, des coffres de volets roulants, des portes palières, des prises de courants, des gaines techniques et des passages de câbles.

2. Traitements des points singuliers

D'une façon générale, respect des réglementations existantes : réglementation thermique et réglementation gaz en particulier.

2.1. Réutilisation des conduits unitaires ou shunt

Les réseaux mis en place seront étanches et bien équilibrés.

Les conduits shunts réutilisés seront chemisés ou tubés (sauf dans le cas de ventilation basse pression) en tant que de besoin, leurs débouchés en toiture arasés et reliés à des caissons pour le raccordement des

conduits horizontaux.

2.2. Détalonnage des portes intérieures

Indispensable pour permettre la bonne circulation de l'air depuis les pièces dans lesquelles il est introduit dans le logement (pièces dites sèches : chambres et séjours) vers les pièces desquelles il est extrait (pièces humides) : 1 cm pour toutes les portes, sauf celle de la cuisine (2 cm).

2.3. Dimensionnement des éventuelles trainasses

Si des trainasses horizontales sont installées pour relier des grilles d'extraction à un conduit situé dans une pièce différente, leur dimensionnement sera fait avec précision (notamment pour limiter les pertes de charges).

2.4. Consommation électrique des moteurs

Devra respecter la réglementation thermique dans l'existant « élément par élément » (art. 36 de l'arrêté du 3 mai 2007).

2.5. Coexistence avec les appareils fonctionnant au gaz

Le nouveau dispositif devra bien sûr **être conforme à la réglementation gaz** dans les logements concernés (systèmes de chauffage, de production d'eau chaude et/ou de cuisson au gaz).

3. Dérogations

3.1. Contraintes techniques, réglementaires, économiques et/ou architecturales dûment justifiées

4. Matériels et techniques

4.1. Ventilation naturelle assistée (= hybride) hygro B

Système de ventilation mécanique basse pression ne fonctionnant que lorsque les conditions météo ne permettent pas une ventilation naturelle (à savoir uniquement sous l'effet des dites conditions météo, sans fonctionnement d'un ventilateur). Permet de limiter la consommation électrique du ventilateur au minimum.

4.2. Ventilation permanente basse pression hygro B

Ventilation mécanique permanente fonctionnant sous basse pression, permettant de réutiliser des conduits verticaux (unitaires ou shunt), même s'ils ne sont pas parfaitement étanches à l'air : le plus souvent un chemisage suffit, et le tubage n'est pas nécessaire, ce qui représente un avantage sur le plan financier.

4.3. Ventilation mécanique contrôlée (VMC) hygro B

Ventilation mécanique « classique », fonctionnant sous des pressions « élevées », ce qui nécessite des gaines totalement étanches à l'air.

4.4. Ventilation mécanique répartie (=VMR)

Système de ventilation fonctionnant sans gaine ni traînage : carottage directement à travers le mur extérieur.

4.5. Ventilation double flux

Verticale, horizontale, ponctuelle sous réserve qu'elle s'intègre dans une démarche d'ensemble de ventilation du logement.

5. Bibliographie

- 5.1. [*Recommandations professionnelles : VMC simple flux en habitat collectif - rénovation*](#), Programme RAGE (Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012), février 2013, 78 pages.
- 5.2. [*Recommandations professionnelles : ventilation mécanique répartie – rénovation*](#), Programme RAGE (Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012), juin 2014, 60 pages.
- 5.3. [*Guide RAGE : ventilation hybride – rénovation*](#), Programme RAGE (Règles de l'Art Grenelle Environnement), mars 2015, 70 pages.

mur | mur 2

Référentiel Technique

Maisons individuelles

Avant-propos

Fort du succès du dispositif mur|mur qui a visé, de 2010 à 2014, à mobiliser les copropriétés privées construites entre 1945 et 1975 pour qu'elles entreprennent des travaux de réhabilitation thermique, Grenoble-Alpes Métropole a souhaité poursuivre cette initiative, au titre de la transition énergétique et de son Plan Air Energie Climat.

Le dispositif mur|mur 2, opérationnel entre 2016 et 2020 va poursuivre cette dynamique de rénovation thermique en maintenant l'effort d'accompagnement des copropriétés privées et en intégrant une nouvelle cible : la maison individuelle.

En raison des surfaces habitables plus élevées qu'en logements collectifs et de leurs caractéristiques (peu de mitoyenneté, faible compacité...), les maisons individuelles génèrent des consommations d'énergie proportionnellement plus élevées qu'en logement collectif. Bien que ne représentant que 30% de la surface habitable, les maisons individuelles pèsent pour 40% des émissions de CO₂ du secteur résidentiel de la métropole grenobloise.

Si la dynamique de rénovation énergétique existe déjà chez les propriétaires de maison individuelle, l'enjeu pour notre collectivité est tout autant d'accélérer le rythme des rénovations que d'en renforcer le niveau d'ambition en incitant les propriétaires à entreprendre des rénovations les plus complètes possibles.

Le volet « maison individuelle » du dispositif mur|mur 2 intègre une offre de service s'appuyant sur les entreprises locales du bâtiment, spécialisées dans la rénovation énergétique. La plateforme mur|mur 2 se propose de mettre en lien les propriétaires désireux de rénover leur habitation avec des entreprises labélisées « mur|mur2 ». Ces établissements, avec l'appui de la Métropole et de l'Agence Locale de l'Energie et du Climat (ALEC), sont en mesure de proposer des solutions de rénovation « clé en main », partant du diagnostic initial, à la réalisation des travaux en intégrant des propositions de financement. Les acteurs publics agiront, dans ce cadre, comme « tiers de confiance », en interrogeant les projets portés par les entreprises aux principales étapes pour veiller au respect des engagements pris dans le cadre de la « labellisation » mur|mur.

Afin de préciser la nature des projets de rénovations thermiques, Grenoble-Alpes Métropole a souhaité élaborer ce référentiel technique, en se basant sur des principes rattachés aux enjeux de la transition énergétique :

- ✓ **Atteindre un haut niveau de performance énergétique** après travaux : les niveaux de performance thermique requis par le présent référentiel ont été déterminés pour être compatibles, à terme, avec l'objectif d'atteindre une division par 4 des émissions de gaz à effet de serre du parc de bâtiments existant d'ici 2050. Pour cela, l'ensemble des travaux subventionnés permet de viser un niveau de consommation prévisionnelle de 96 kWh_{ep} /m².an, déclinaison locale du niveau de performance requis par le label BBC Effinergie® Réhabilitation (80 kWh_{ep} /m².an) pour les usages réglementés (chauffage, rafraîchissement, ECS, ventilation et éclairage), à la condition d'avoir traité l'ensemble des postes décrits.
- ✓ **Adopter la logique de l'approche « NégaWatt »**, hiérarchisant les postes de rénovation à travers la démarche « sobriété, efficacité, énergies renouvelables » : adaptée à la plateforme mur|mur 2, cette approche doit se comprendre comme une démarche privilégiant la réduction des besoins en énergie thermique des logements par la priorité donnée à l'isolation du bâti (toiture, parois, ouvertures et planchers) puis, par l'adaptation et l'optimisation des systèmes de production de chaleur, en intégrant, dans la mesure du possible, un recours à des sources d'énergie renouvelables ou de récupération.
- ✓ **S'assurer de la bonne qualité des réalisations des travaux de rénovation dans une vision globale de la qualité des logements rénovés.** Le référentiel intègre, au-delà de la stricte performance thermique, des éléments liés à la préservation du bâti, au maintien, voir à l'amélioration de la qualité de l'air intérieur, ou au confort d'été dans les logements. Enfin, l'impact « carbone » des chantiers de rénovation est aussi abordé à travers le sujet des isolants biosourcés.

La réalisation de ce référentiel a été assurée par un groupe technique piloté par la Direction de la Transition Énergétique de Grenoble-Alpes Métropole, associant l'Agence locale de l'Énergie et du Climat, le bureau d'études MANASLU Ing. et l'agence FLEURENT ARCHITECTE

Introduction

Ce référentiel a deux principaux objectifs décrits ci-dessous :

- **Devenir un élément de dialogue commun** entre tous les acteurs intervenant dans le processus de rénovation des maisons individuelles afin d'objectiver les échanges entre les porteurs de projets, c'est-à-dire :
 - Les propriétaires de maisons individuelles,
 - Les bureaux d'études thermiques en charge de réaliser les diagnostics,
 - Les groupements d'entreprises,
 - Les acteurs institutionnels en charge de l'animation du dispositif mur|mur 2 et, le cas échéant,
 - Les architectes et autres maîtres d'œuvre ainsi que les différents organismes de financements qui peuvent intervenir pour apporter des subventions ou des offres de crédit dédiées.

Ce document doit servir de référence pour juger de l'adéquation entre les préconisations de travaux définies en phase diagnostic, les propositions de travaux portées par les entreprises labélisées et le comité technique de mur|mur 2 qui émet un avis sur ces propositions.

Il précise également le champ d'intervention du dispositif mur|mur 2, avec des spécifications et préconisations à viser dans les projets de rénovation labélisés mur|mur 2. Ainsi, ce document définit les niveaux de performance et autres critères requis pour chaque poste d'intervention, garantissant notamment la compatibilité de ces critères pour obtenir des aides existantes de droit commun (crédits d'impôts, aides de l'ANAH, prêts bonifiés, aides locales ...).

- **Permettre de disposer de connaissances partagées** sur l'approche à adopter lorsque des travaux de rénovation thermique et énergétique sont envisagés. Ainsi, ce document a pour ambition d'orienter les séquences de travaux dans le temps et la durée, et d'aider au choix des solutions techniques possibles sur des critères objectifs (techniques et environnementaux). Les différentes techniques de mises en œuvre sont rappelées sans toutefois se substituer aux documentations techniques de référence (DTU, etc..). Toutefois, certaines précautions à prendre sont précisées dans ce document en vue de sensibiliser tous les acteurs de la chaîne de valeur d'un projet de rénovation. Ces précautions concernent principalement les aspects liés au confort d'été, à la performance et l'efficacité réelles en exploitation, à la pérennité du bâti (gestion de la vapeur d'eau), la qualité de l'air et à la sécurité. Enfin, la notion d'énergie grise et de stockage de carbone est adressée par la promotion des matériaux biosourcés en vue de réduire autant que possible l'impact environnemental et GES des opérations de réhabilitation.

Afin de garantir au propriétaire de maison individuelle la qualité de sa rénovation et la possibilité pour lui d'accéder à toutes les aides financières disponibles pour son projet, les solutions techniques non compatibles avec ce référentiel devront faire l'objet d'une dérogation avec évaluation par la plate-forme mur | mur 2 pilotée par Grenoble Alpes Métropole, tout particulièrement si une pratique innovante et absente du présent document permet d'envisager un gain technico-économique potentiel.

Ceci ne décharge en aucun cas les groupements de leurs responsabilités, que ce soit en termes d'assurance, que sur le plan des labellisations et qualifications en vigueur, ou du respect des normes et DTU.

Nota Bene : Légende et valeurs des tableaux

Dans les rubriques suivantes, les tableaux listant les diverses solutions techniques font l'objet d'une classification suivant leur compatibilité ou non avec les objectifs environnementaux et techniques du référentiel. Le code couleur est le suivant :



Solution compatible avec les objectifs et préconisée par le référentiel mur/mur



Solution compatible sur le plan technique mais non préconisée par le référentiel mur/mur

De plus, les valeurs des grandeurs physiques sont indicatives et n'engagent pas la responsabilité des auteurs du présent document.

Les valeurs de critère d'éligibilité aux financements et aides de droit commun sont valables en date de l'émission du présent référentiel (avril 2016).

Dans une maison individuelle peu ou pas isolée, une part prépondérante des déperditions concerne la toiture. En hiver, ce défaut d'isolation peut rapidement engendrer des surcoûts importants, mais également constituer une source d'inconfort majeure en période estivale.

Il est par conséquent primordial de renforcer l'isolation de la toiture en priorité et d'opérer un choix avisé parmi les nombreuses solutions (sarking, sur-toiture, ITI, ..) et matériaux disponibles (laines minérales, polymères, laines de matériaux biosourcés, ouate de cellulose, etc..).

Suivant le type de toiture et l'aménagement ou non des combles, l'isolation thermique peut induire un investissement lourd. Aussi le choix de la solution technique doit faire l'objet d'un soin particulier pour garantir l'efficacité énergétique, ainsi que la pérennité de la structure.

Dans notre région, le confort d'été est également à traiter de manière drastique, d'où l'orientation des solutions vers des isolants spécifiques.

A. •Les priorités dans l'approche

Le traitement thermique de la toiture constitue un poste prioritaire, en fonction de l'importance des déperditions dans le bilan thermique et de l'inconfort généré en période chaude. Il est considéré que le traitement de ce poste est absolument nécessaire dans les cas où il n'existe pas d'isolation ou si celle-ci est existante avec une valeur estimée de résistance thermique inférieure à $5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ en combles perdus, et $4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ en rampant.

Dans le cas de combles perdus, la simplicité de mise en œuvre et le faible coût d'investissement relatif renforcent encore l'opportunité d'une intervention.

Dans le cas des rampants, une réfection de la couverture (remplacement des tuiles ou ardoises) représente une opportunité pour coupler cette opération avec l'isolation thermique, en totalité ou en complément de l'existant.

Si l'état de la toiture nécessite une réfection, il est recommandé d'étudier en priorité la mise en place d'une isolation par l'extérieur.

Si la réfection de la toiture est récente, il convient de peser l'intérêt d'une l'isolation par l'extérieur (Sarking, isolation en sur-toiture, ..) par rapport à l'isolation thermique par l'intérieur (ITI).

Avant de retenir ce principe d'isolation par l'extérieur, les contraintes spécifiques induites par cette technique (chantier avec levage et échafaudage, fumisterie, etc..) devront être intégrées dans l'évaluation budgétaire dès l'étude de faisabilité (diagnostic).

B. Les spécifications techniques

La résistance thermique R du complexe comprenant l'existant et l'élément d'isolant rapporté sera supérieure ou égale à $7.5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ en combles perdus et pour les rampants de toitures.

Le traitement de l'étanchéité à l'air est obligatoire dans le cas de l'isolation des rampants. L'étanchéité à l'air est généralement assurée par une membrane appelée pare-vapeur comme indiqué en position 4 ci-contre (cf. Figure 1).

Les procédés possibles de mise en œuvre sont tous acceptés et dépendent des contraintes spécifiques de chaque projet.

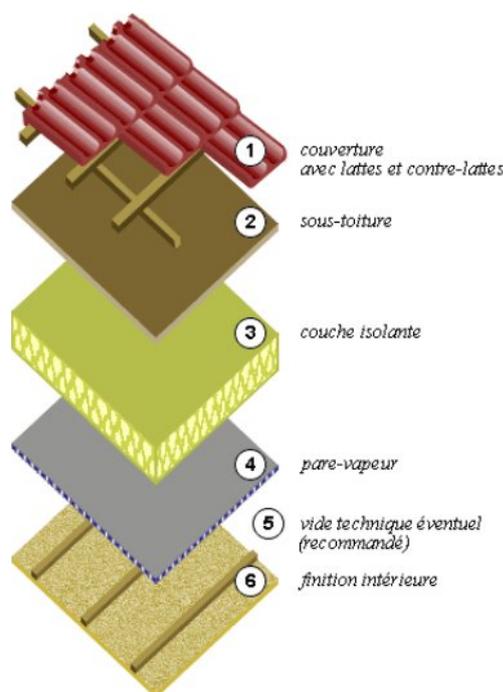


Figure 1 :
Décomposition d'une toiture et de ses différentes couches
(Source: site Energieplus.be)

C. Les éléments constitutifs

1. Toitures avec combles perdus

a. Exemples de solutions compatibles avec le niveau de résistance thermique R requis en combles perdus :

Matériaux	Densité (en kg/m ³)	Conductivité thermique (λ en W/m.K)	Épaisseur d'isolant pour une résistance thermique R = 7.5 m ² .K/W en cm
Ouate de cellulose soufflée	50	0,040	30
Laine de roche soufflée	35 à 50	0,045	31.5
Laine de verre soufflée	27	0,035	26.5

b. Points de vigilance : pérennité de l'isolation

- L'expérience montre que les isolants soufflés dans les combles sont susceptibles d'être balayés par les vents dominants. Ceci entraîne dans la durée, l'apparition de ponts thermiques où l'isolant soufflé est moins épais.
Pour limiter ce phénomène, il est nécessaire de mettre en place un pare poussière ou un fixateur sur les isolants en vrac pour éviter leur déplacement par le vent; ou bien un déflecteur intégré à l'interface entre le mur et la toiture pour diriger le flux d'air destiné à la ventilation de la toiture et éviter le déplacement de l'isolant.
- Des tassements localisés des isolants soufflés dans les combles sont causés par l'absence de cheminements pour accéder aux équipements techniques (VMC double flux, autres..).
Il convient d'aménager un cheminement d'accès fixe (platelage bois par exemple) au-dessus de la couche d'isolation du plancher haut permettant un accès aux équipements.

c. Cas particulier : la ouate de cellulose

Même si la ouate de cellulose est un isolant facile d'usage et d'application, il est important de bien respecter quelques règles de base et notamment au sujet de la sécurité en particulier vis-à-vis du respect de la réglementation en vigueur pour l'installation électrique (cf. focus en annexe de ce document sur cette thématique).

2. Toitures avec rampants

a. Spécification de déphasage minimal

Lors de la mise en œuvre d'une isolation en rampants de toiture, il est particulièrement conseillé de rechercher des isolants à **forte capacité thermique** (densité et chaleur spécifique élevées) de façon à améliorer le confort thermique d'été des pièces situées dans les combles.

En effet, les isolants présentent la capacité de déphaser ou non le front de chaleur en toiture. Pour un isolant donné, son épaisseur, sa densité et sa capacité thermique permettent de calculer une durée de déphasage pour l'isolation des rampants.

Une valeur minimale de 8 heures est à respecter : cette valeur est caractéristique d'une toiture assurant un frein au front de chaleur en son sein durant la période d'insolation d'un pan au cours d'une journée d'été.

b. Exemples de solutions compatibles avec le niveau de résistance thermique R requis et comparaison des durées de déphasage théoriques

Matériaux	Densité (en kg/m ³)	Conductivité thermique (λ - en W/m.K)	Épaisseur d'isolant en cm pour une résistance thermique R = 7.5 m ² .K/W	Capacité thermique (en J/kg.K)	Déphasage (en heures) pour une résistance thermique R = 6 m ² .K/W
Ouate de cellulose soufflée en caissons NB précaution à prendre pour éviter le tassement en haut des caissons	50	0,04	30	2 000	10.9
Ouate de cellulose en panneaux	50	0.04	30	2000	10.9
Laine de roche en panneaux	95	0,036	27	1 030	10.2
Laine de verre en rouleaux	27	0,035	26	1 030	5.5
Polystyrène expansé	20	0,032	24	1450	5.3
Polyuréthane	34	0,029	22	1450	6.6
Laine de bois en panneaux	50	0,038	29	2 100	11.1

Les solutions Laine de verre, Polystyrène expansé et Polyuréthane apparaissent ici totalement inappropriées pour la thermique d'été.

La laine de bois constitue un compromis adéquat entre performance thermique (thermique d'hiver), niveau d'inertie (thermique d'été), bilan carbone (matériaux biosourcés local) et approche économique. Les solutions utilisant la ouate de cellulose sont également adaptées.

c. Isolation thermique par l'intérieure

L'isolation thermique des rampants de toiture se fera de préférence par l'extérieur, après dépose de la couverture existante.

Toutefois, l'isolation thermique par l'intérieur (ou ITI) des rampants est une solution alternative qui peut s'imposer dans certains cas. Par contre, elle ne permettra pas d'atteindre le niveau de performance des solutions d'isolation par l'extérieur.

Plus particulièrement, les points critiques et risques associés à la solution de l'ITI sont les suivants :

- Gestion des ponts thermiques très délicate : il sera difficile de limiter l'impact des ponts thermiques en particulier ceux induits par les refends.
- Gestion de la migration de vapeur et de l'étanchéité à l'air délicate.

De plus, dans le cas d'une isolation par l'intérieur, il est déconseillé d'augmenter la résistance thermique de l'isolant au niveau passif (R > 6 m².K/W) sachant que les ponts thermiques dégraderont de manière drastique la performance thermique globale et induiront probablement des pathologies et dégradations du bâti (condensation, moisissures) même si certains référentiels préconisent des valeurs supérieures => **cf. focus en annexe**

d. Cas particulier du traitement des fenêtres de toit du type VELUX

Ce type de solution technique permet d'apporter de la lumière naturelle et de ventiler des pièces mansardées. Les fenêtres de toit peuvent par contre générer des surchauffes estivales même avec un isolant à forte inertie. Par conséquent, il est fortement conseillé d'équiper ces fenêtres de toit de protections solaires extérieures (volet roulant).

e. Cas particulier des isolants minces

Les isolants minces sont très souvent présentés comme des solutions alternatives aux matériaux isolants classiques et biosourcés, avec tous les avantages, et sans aucun inconvénient.

Au regard des risques encourus (condensation et humidification) en cas de mise en œuvre hasardeuse sur l'enveloppe de bâtiments qu'ils sont destinés à « renforcer », le CSTB n'a attribué à ces produits aucun avis technique en tant qu'isolant (uniquement comme « complément d'isolation ») à utiliser donc en renfort d'isolants conventionnels et non pas seuls. => **cf. focus en annexe**

3. Toiture mixte

Dans certaines configurations, il est intéressant d'étudier une isolation mixte (partie en rampant, partie en comble perdu). Ce mode de mise en œuvre permet de palier à certaines contraintes d'espace, peut s'avérer très performant et améliorer notablement la thermique d'été (en fonction du bâti existant et des isolants mis en place).

Il est par contre nécessaire de réaliser une étude thermique complète au préalable afin de traiter convenablement les problématiques de condensation et de point de rosée et d'éviter de créer des pathologies sur le bâti existant.

D. Le point sur les matériaux biosourcés

L'emploi des matériaux biosourcés pour traiter l'isolation de la toiture présente de nombreux avantages :

- Puits de carbone,
- Performances thermiques adaptées,
- Inertie thermique très favorable pour assurer le confort d'été,
- Solutions techniques disponibles sur le marché,
- Pas de contraintes réglementaires,

Les points de vigilance à prendre en compte sont les suivants :

- Masse de l'isolant rapporté par rapport à la résistance mécanique de la charpente existante si celle-ci est conservée en cas d'isolant des rampants
- Sécurité incendie en combles perdus,

Par exemple, la laine de bois et la ouate de cellulose sont des isolants adaptés à cette application et répondent aux préconisations de ce référentiel.

E. Focus techniques

Annexe sécurité incendie pour l'isolation en combles perdus

Annexe sur l'ITI

Annexe sur les isolants minces

Annexe sur le confort d'été

F. Tableau de synthèse

Isolation en combles perdus										
Matériaux	Densité (en kg/m ³)	Conductivité thermique (λ en W/m.K)	Épaisseur d'isolant en cm pour résistance thermique R = 7,5 m ² .K/W	Capacité thermique (en J/kg.K)	Déphasage (en heures) pour une résistance thermique R = 7,5 m ² .K/W	Conformité Mur Mur	Critère CITE	Critère CEE	Critère région RA	Critère D38
Ouate de cellulose soufflée	50	0,04	30				R ≥ 7 m ² .K/W	R ≥ 7 m ² .K/W	R ≥ 7,5 m ² .K/W	R ≥ 7,5 m ² .K/W
Laine de roche soufflée		0,045	31,5							
Laine de verre soufflée	27	0,035	26,5							
Isolation en rampants										
Matériaux	Densité (en kg/m ³)	Conductivité thermique (λ en W/m.K)	Épaisseur d'isolant en cm pour résistance thermique R = 7,5 m ² .K/W	Capacité thermique (en J/kg.K)	Déphasage (en heures) pour une résistance thermique R = 7,5 m ² .K/W	Conformité Mur Mur	Critère CITE	Critère CEE	Critère région RA	Critère D38
Ouate de cellulose soufflée en caissons	50	0,04	30	2 000	10,9		R ≥ 6 m ² .K/W	R ≥ 6 m ² .K/W	R ≥ 7,5 m ² .K/W	R ≥ 7,5 m ² .K/W
Ouate de cellulose en panneaux	50	0,04	30	2 000	10,9					
Laine de roche en panneaux	95	0,036	27	1 030	10,2					
Laine de verre en rouleaux	27	0,035	26	1 030	5,5					
Polystyrène expansé	20	0,032	24	1 450	5,3					
Polyuréthane	34	0,029	22	1 450	6,6					
Laine de bois en panneaux	50	0,038	29	2 100	11,1					

En hiver, le défaut d'isolation des parois opaques peut rapidement induire un inconfort notable pour les occupants en raison du phénomène de paroi froide, désagréable tant au niveau des épaules que des pieds. Pour assurer le confort dans ce contexte, l'augmentation des consignes de température de chauffage des pièces est alors mise en œuvre, entraînant un surcoût énergétique et économique notable.

Il est donc très important de corriger ce phénomène grâce à l'isolation thermique des façades et des planchers bas, permettant d'allier confort et économie. Pour cela, différentes solutions techniques sont applicables comme l'Isolation Thermique par L'Extérieur (ITE) ou l'Isolation Thermique par l'Intérieur (ITI), chacune présentant des avantages et des inconvénients détaillés ci-dessous avec les précautions induites. Tout particulièrement, certaines solutions sont susceptibles de dégrader sensiblement le bâti, et doivent donc être évitées.

La solution en ITE permet de réduire les ponts thermiques et d'améliorer les conditions de confort, que ce soit en hiver avec la suppression du phénomène de paroi froide, comme en été avec une limitation du risque de surchauffe même en cas de canicule en supprimant les ponts thermiques (cf. focus sur le confort d'été en annexe), ce qui n'est pas toujours le cas en ITI (nez de dalle, mur de refend, etc..).

Notons cependant que certaines typologies constructives ne sont pas propices aux solutions techniques usuelles de rénovation thermique. Les diagnostics techniques spécifiques à l'existant doivent alors permettre la mise au point de solutions particulières adaptées qui garantissent la pérennité de l'opération.

A. Les priorités dans l'approche

La priorité du traitement thermique des parois opaques des volumes chauffés dépend des performances de l'existant et des possibles mutualisations avec d'autres interventions en façades (ravalement, reprise des parements intérieurs...)

En premier lieu, le traitement des façades est prioritaire si la paroi courante existante ne présente pas une résistance thermique R du complexe supérieure ou égale à $3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

Ensuite, le traitement en isolation par l'extérieur (ITE) est à prioriser dans le cas d'un ravalement de façade, permettant ainsi de mutualiser les coûts d'échafaudage et de ne pas repousser le traitement thermique à la prochaine opération de ravalement (ne pas tuer le gisement d'économies d'énergie).

Avant de retenir le principe d'isolation par l'extérieur, les contraintes spécifiques induites par cette technique (chantier avec échafaudage, traitement des tableaux de fenêtres, des protections solaires, etc..) devront être intégrées dans l'évaluation budgétaire dès l'étude de faisabilité (diagnostic).

B. Les spécifications techniques

La résistance thermique (R) de l'isolant rapporté en paroi courante verticale doit être supérieure ou égale à $4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. Il est toutefois important de souligner que cibler un niveau de performance en paroi courante avec une résistance thermique de $5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ pour des solutions du type PSE (blanc ou graphité) ne présente pas de surcoût notable par rapport à une solution avec une résistance thermique de $4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. Par conséquent, il est vivement conseillé de viser un niveau de performance de l'ordre de $5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ pour les opérations utilisant des matériaux non biosourcés comme le PSE.

La résistance thermique de l'isolant rapporté en sous-face de la dalle doit être supérieure ou égale à $3.5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ avec une tolérance dans les cas très particuliers.

Les procédés possibles de mise en œuvre sont tous acceptés et dépendent des contraintes spécifiques de chaque projet.

Toutes les parois verticales opaques d'un volume chauffé, en contact avec l'extérieur ou donnant

sur des parties non chauffées (exemple : cages d'escalier), doivent être isolées, de préférence par l'extérieur (ITE).

C. Les éléments constitutifs

1. Parois verticales

Tous les procédés d'isolation conformes aux règles de l'art sont autorisés.

A titre d'exemple pour l'ITE en partie courante :

- isolant calé-chevillé, sous enduit mince ou épais ;
- isolant sous bardage ;
- isolant avec peau incorporée type vêtture ou vêtage.

a. Exemples de solutions compatibles avec le niveau de résistance thermique R requis

Matériaux isolants	Conductivité thermique (λ - en W/m.K)	Épaisseur d'isolant en paroi courante pour une résistance thermique $R = 4 \text{ m}^2.\text{K/W}$ en cm	Épaisseur d'isolant des tableaux de fenêtre pour $R = 1.25 \text{ m}^2.\text{K/W}$ en cm
Polystyrène expansé PSE	0.038	15.5	5
Laine de roche	0.036	14.5	4,5
PSE graphité gris	0.032	13	4
Mousse résolique (points singuliers)	0.022	9	2.8
Laine de bois dense	0.043	17.5	5.5
Ouate de cellulose soufflée en caissons <small>NB précaution à prendre pour éviter le tassement en haut des caissons</small>	0.04	15	Non adapté
Béton cellulaire	0.07	28	Non adapté

La laine de bois constitue un compromis adéquat entre performance thermique (thermique d'hiver), bilan carbone (matériaux biosourcés local) et approche économique. Les solutions avec la ouate de cellulose sont également adaptées avec un soin à apporter quant au tassement potentiel du matériau dans les caissons verticaux.

b. Point sur la rénovation globale et la mutualisation des interventions

Le principe de rénovation globale tendrait à traiter dans le même temps une isolation thermique extérieure ET le remplacement des menuiseries, évitant ainsi un ensemble de problématiques liées à l'étanchéité à l'air et aux ponts thermiques linéiques.

Cette solution de traitement complet de l'enveloppe amène également de nombreuses solutions pour la gestion des occultations (soit en remplacement, soit en conservation).

Le couplage de différentes solutions en façade courante et en traitement des points singulier est tout à fait possible, comme par exemple :

- Traitement des façades courantes en PSE et des tableaux de fenêtres en mousse résolique,
- Traitement des façades courantes en caissons de ouate de cellulose et des tableaux de fenêtres en fibre de bois

Dans tous les cas, les matériaux mis en œuvre doivent bénéficier d'un avis technique.

c. Point de vigilance : traitement des ponts thermiques en ITE

Une attention particulière devra être apportée aux points singuliers qui peuvent être le lieu de ponts thermiques significatifs s'ils ne sont pas correctement traités. Les principaux sont les suivants :

- Traitement des balcons et terrasses,
- Interface rez-de-chaussée non chauffé / 1^{er} étage chauffé (cf. recommandation en annexe),
- Encadrements de fenêtres (tableaux, appuis et linteaux) : l'isolation de ces surfaces devra être réalisée grâce à un isolant de résistance thermique supérieure ou égale à 1,25 m².K/W(voir focus spécifique sur l'importance de ce traitement en annexe),
- Le passage des gouttières doit être traité sans créer le moindre pont thermique par rapport à la façade courante. Cette prescription s'entend au droit des pénétrations, mais également sur tous les linéaires d'EP, tant horizontaux que verticaux, derrière lesquels la continuité de l'isolant doit être assurée.



Figure 1 : Règle de traitement des passages de gouttière

d. Isolation thermique par l'intérieur : traitement des ponts thermiques et risques de condensation

L'isolation thermique par l'intérieur (ou ITI) des parois verticales est une solution alternative qui peut s'imposer dans certains cas. Toutefois, elle ne permettra d'atteindre le niveau de performance des solutions en isolation par l'extérieur.

Les solutions techniques étant connues et couramment usitées, leur description ne semble pas utile dans le présent document.

En particulier, les risques associés à la solution de l'ITI sont les suivants :

- Confort d'été : en isolant les murs d'une maison par l'intérieur, on réduit l'accès à l'inertie du bâti, dégradant potentiellement les conditions de confort en été,
- Gestion des ponts thermiques : il est également difficile de limiter l'impact des ponts thermiques en particulier ceux induits par les refends et les nez de dalle. De plus, la correction des ponts thermiques est dans ce cas très complexe et induit souvent une réduction de l'accès à l'inertie (isolation des refends, etc..),
- Gestion de la migration de vapeur : afin d'éviter les phénomènes de condensation, il est nécessaire de mettre en place un pare-vapeur en face interne de l'isolant (au contact du volume chauffé) comme indiqué en annexe 6 (cf. Focus ITI),

De plus, dans le cas d'une isolation par l'intérieur des parois verticales, il est déconseillé d'augmenter la résistance thermique de l'isolant au niveau passif ($R > 6 \text{ m}^2.\text{K/W}$) afin de ne pas favoriser le risque de pathologies (condensation, moisissures), sachant que les ponts thermiques dégraderont de manière drastique la performance thermique globale.

Enfin, pour rappel, les procédés d'ITI induisent obligatoirement une réduction du volume habitable des habitations, dévalorisant ainsi la valeur mobilière de la maison individuelle.

Conclusion :

La maîtrise des problématiques liées à la mise en œuvre de l'ITI demande une haute technicité contrairement à la perception commune de simplicité et de faible coût. Par conséquent, un

diagnostique complet des parois opaques, avec étude de la nature de l'enduit extérieur est recommandé avant d'opter pour une solution technique d'isolation par l'intérieur (cf. figure 2 et focus ITI).

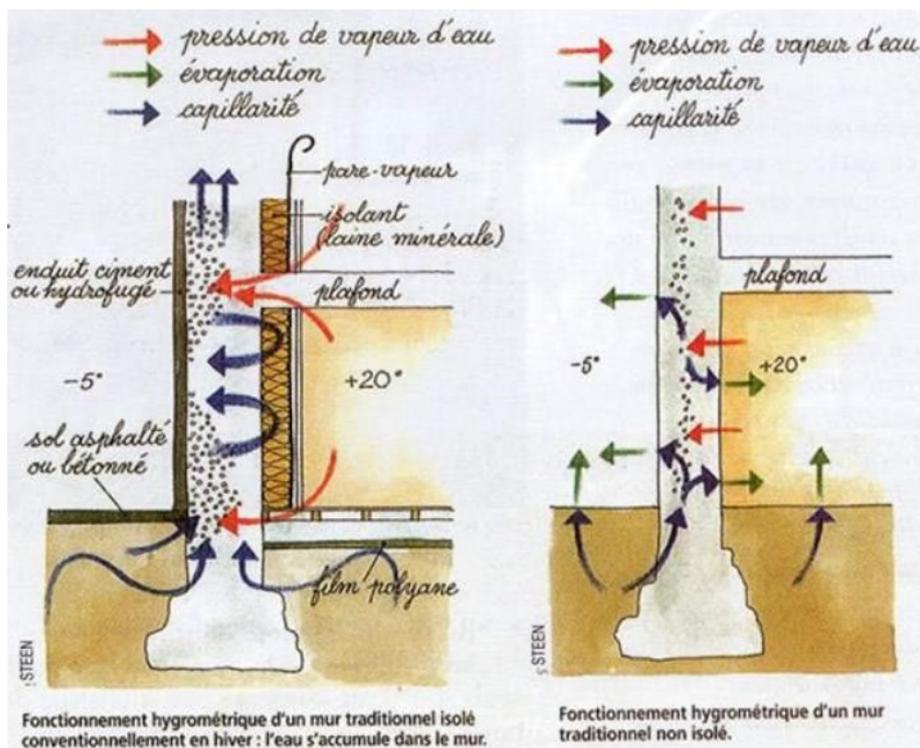


Figure 2 : Illustration du risque de pathologie dans un mur en ITI ("La conception bioclimatique" de J.P. Oliva aux éditions Terre Vivante (2006))

e. Cas des constructions massives en pierre, pisé, ou mâchefer

Les bâtiments, dont les façades extérieures sont édifiées en matériaux massifs, de type pierre, mâchefer ou pis, présentent des particularités qu'il convient de prendre en considération. En fonction de la nature et de la composition de la façade, les principes d'isolation seront très différents vu la diversité possible des cas.

Une ITE peut dans certains cas amener des désordres importants sur la paroi en bloquant les échanges hygrothermiques nécessaires à la cohésion et à la pérennité des matériaux. Pour ces configurations, il est essentiel d'effectuer au préalable un diagnostic spécifique.

Pour autant, avec des choix techniques avisés, ce type de constructions autorise des rénovations parmi les plus efficaces (couple performance / inertie notamment) avec comme principales recommandations :

- Privilégier les solutions avec une ITE ouverte à la migration de vapeur (bardage, enduit chaux, ..), les solutions à base de polymères fermés à la vapeur d'eau type PSE étant proscrites
- Opter, en cas d'isolation par l'intérieur, pour les solutions suivantes :
 - Matériaux fermés avec pare-vapeur
 - Matériau ouvert avec un pare-vapeur avec un Sd très élevé,
 - Matériau totalement ouvert à la vapeur d'eau du type béton de chanvre ou enduit isolant en cas de correction thermique,

De manière encore plus prégnante que pour l'ITI, la maîtrise des problématiques liées à la migration de vapeur et au traitement thermique des constructions massives demande une haute technicité avec un diagnostic complet des matériaux avant d'opter pour une quelconque solution technique d'isolation.

f. Isolants minces

Les isolants minces sont très souvent présentés comme des solutions alternatives aux matériaux isolants classiques et biosourcés, avec tous les avantages, et sans aucun inconvénient.

Au regard des risques encourus (condensation et humidification) en cas de mise en œuvre hasardeuse sur l'enveloppe de bâtiments qu'ils sont destinés à « renforcer », le CSTB n'a attribué à ces produits aucun avis technique en tant qu'isolant (uniquement comme «complément d'isolation») à utiliser donc en renfort d'isolants conventionnels et non pas seuls.=> **cf. focus en annexe**

2. Sous-sols et planchers bas (dont isolants enterrés extérieurs)

a. Exemples de solutions compatibles avec le niveau de résistance thermique requis :

Deux techniques sont généralement utilisées pour cette opération : flocage ou panneaux isolants rigides ou semi-rigides.

Matériaux	Conductivité thermique (λ - en W/m.K)	Épaisseur d'isolant pour R = 1.25 m ² .K/W en cm	Épaisseur d'isolant pour R = 3.5 m ² .K/W en cm
Flocage ouate de cellulose	0.041	5.5	14.5
Flocage laine de roche	0.041	5.5	14.5
Panneaux laine de roche	0.036	4.5	12.5
Panneaux laine de bois	0.043	5.5	15

b. Difficultés d'intervention et gain relatif

L'isolation des planchers bas peut se révéler facile à traiter comme particulièrement difficile suivant la configuration du bâtiment. Toutefois, son impact énergétique est moins important que pour les autres parois opaques, en raison de sa position, entre un volume chauffé et un volume généralement tempéré (inertie du sol principalement).

Par exemple, suivant la hauteur du vide sanitaire et son accessibilité, l'approvisionnement et la fixation de panneaux d'isolants pourra être particulièrement difficile voir impossible. Seul un flocage peut alors être envisagé.

Pour certains sous-sols très bas de plafond, dans des zones inondables par exemple, une épaisseur de 10 cm d'isolant peut tout à fait devenir problématique pour permettre ensuite la circulation des personnes voir l'exploitation même de ces zones (accès au garage des véhicules, ameublement, etc..). Pour cela, une tolérance sur les performances est proposée ci-dessous.

En synthèse, le niveau d'exigence de résistance thermique de l'isolant rapporté en sous-face de la dalle supérieure ou égale à 3.5 m².K/W concerne les planchers bas sur :

- sous-sol (caves, garages, etc.) ;
- vide sanitaire ;
- extérieur (balcons ou terrasses fermées).

c. Points de vigilance : traitement des points singuliers

Les éventuelles poutres présentes en sous-sol seront préférablement isolées sur leurs 3 faces avec une résistance thermique de l'isolant rapporté supérieure ou égale à 1.25 m².K/W.

Dans le cas où cet élément structural n'est pas dans le sous-sol, mais à l'extérieur, son traitement devra faire l'objet d'une attention toute particulière suivant la configuration de cet élément par rapport au volume chauffé.

Dans le cas particulier d'un sous-sol présentant une hauteur sous plafond inférieure à 1.80 m avant isolation, une adaptation peut être envisagée avec une résistance thermique de l'isolant rapporté supérieure ou égale à 1.25 m².K/W.

d. Point de vigilance : canalisations, passage de câbles et luminaires

Si la hauteur du local le permet, il convient de déporter les passages de câbles et les canalisations ou gaines présentes en sous-face du plancher. Ainsi l'isolant sera le plus continu possible, améliorant la performance globale de l'opération.

Une attention toute particulière doit être portée sur le déplacement des luminaires et transformateurs éventuellement présents en sous-face du plancher. En effet, l'évacuation des calories doit être favorisée, donc leur déport est absolument nécessaire pour éviter tout risque d'incendie, et garantir la durée de vie des équipements

L'isolation des sous-sols et plancher bas peut entraîner des travaux conséquents en amont de la pose de l'isolant, qui doivent être identifiés dès la phase de diagnostic, et comparé aux gains relatifs obtenus en hiver et en été (effet de rafraîchissement en thermique d'été).

D. Le point sur les matériaux biosourcés

L'emploi des matériaux biosourcés pour traiter l'isolation de la façade et des sous-faces de plancher bas présente de nombreux avantages :

- Puits de carbone,
- Performances thermiques adaptées,
- Inertie thermique très favorable pour assurer le confort d'été
- Solutions techniques disponibles sur le marché,
- Pas de contraintes réglementaires

Les points de vigilance à prendre en compte sont les suivants :

- La solution en façade doit également intégrer la prise en compte de l'impact environnemental de l'enduit et des produits utiles à l'interface entre l'isolant et l'enduit. Dans ce cas, les solutions à base de chaux sont à privilégier en prenant soin de retenir une solution pérenne et sous avis technique,
- Dans le cas du plancher bas, le risque de départ d'incendie ne doit pas être négligé. Il est donc indispensable de déporter les passages de câbles et les luminaires si l'isolant n'est pas M0 ou A2 s1 d0 suivant la NF EN 13501-1,

La laine de bois et la ouate de cellulose sont des isolants adaptés à cette application et répondent aux préconisations de ce référentiel pour le traitement des parois opaques.

E. Focus techniques

Annexe sur l'ITI

Annexe sur les isolants minces

Annexe sur le confort d'été

Annexe sur le traitement des tableaux de fenêtres

Annexe sur le traitement de l'interface rez-de-chaussée non chauffé / 1^{er} étage chauffé

Annexe sur la migration de vapeur dans les parois

F. Tableau de synthèse

Isolation parois verticales							
Matériaux	Conductivité thermique (λ en W/m.K)	Épaisseur d'isolant pour résistance thermique $R = 4\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$ en cm	Conformité Mur Mur	Critère CITE	Critère CEE	Critère région RA	Critère D38
Polystyrène expansé PSE blanc	0,038	15,5		$R \geq 3.7 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$	$R \geq 3.7 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$	$R \geq 4 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$	$R \geq 4 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$
Polystyrène expansé gris	0,032	13					
Laine de roche	0,036	14,5					
Mousse résolique	0,022	9					
Laine de bois	0,043	17,5					
Ouate de cellulose soufflée en caissons	0,04	16					
Béton cellulaire	0,07	28					
Isolation sous-sol et plancher							
Matériaux	Conductivité thermique (λ en W/m.K)	Épaisseur d'isolant pour résistance thermique $R = 4\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$ en cm	Conformité Mur Mur	Critère CITE	Critère CEE	Critère région RA	Critère D38
Flocage ouate de cellulose	0,038	12,5		$R \geq 3 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$	$R \geq 3 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$	$R \geq 3 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$	$R \geq 3,5 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$
Flocage laine de roche	0,032	12,5					
panneaux laine de roche	0,036	10					
Laine de bois	0,043	11,5					

En hiver, les surfaces vitrées peu performantes sont responsables d'un inconfort notable pour les occupants en raison du phénomène de paroi froide, désagréable généralement au niveau des épaules. Pour assurer le confort dans ce contexte, l'augmentation des consignes de température de chauffage des pièces est alors mise en œuvre, entraînant un surcoût énergétique et économique notable.

De plus, des menuiseries anciennes et/ou mal entretenues sont très souvent la source de défauts d'étanchéité à l'air, augmentant l'inconfort thermique en hiver avec la sensation de courant d'air, mais aussi l'inconfort acoustique vis-à-vis des nuisances sonores extérieures. De plus, ces infiltrations sont susceptibles de perturber l'éventuel système de ventilation.

Il est donc très important de corriger ces défauts et phénomènes pour allier confort thermique, confort acoustique, qualité de l'air, et économies d'énergies.

A. •Les priorités dans l'approche

La priorité du remplacement des menuiseries doit être imposée si :

- La menuiserie est équipée de simple vitrage,
- Les huisseries sont très dégradées avec un fort débit d'air entre dormant et ouvrant,
- Si dans le cas d'un double vitrage, la performance du vitrage U_g est très médiocre ($U_g > 2.5 \text{ W/m}^2.\text{K}$),

Dans le cas d'une rénovation phase par phase avec un échelonnement sur plusieurs années, le remplacement des menuiseries peut être réalisé au préalable d'un traitement des façades, mais à condition de travailler en prévision des travaux futurs pour créer de ponts thermiques ou de zones de condensation (cf. § sur le traitement des tableaux de fenêtres).

Dans le cadre de la rénovation des menuiseries, il est fortement déconseillé d'opter pour les mesures suivantes :

- Ajouter un vitrage sur une menuiserie en simple vitrage dont les huisseries sont endommagées et/ou mal entretenues, (et d'une manière générale de remplacer un vitrage simple par un double vitrage car le surpoids effectif du vitrage va créer des déformations de l' huisserie préjudiciables à son étanchéité à l'air et à l'eau, sauf en cas de menuiseries massives en bois dur type chêne ou châtaignier)
- De mettre en œuvre des solutions dite de « rénovation facile » ou « châssis en rénovation » en conservant le châssis existant,

Par ailleurs, le remplacement des menuiseries aura un impact direct sur la ventilation des bâtiments, soit en corrigeant de manière efficace les défauts d'étanchéité à l'air préexistant, soit en intégrant éventuellement des équipements de ventilation (bouches d'entrée d'air). Par conséquent, des travaux sur les menuiseries induisent obligatoirement l'adaptation ou la création du système de ventilation du bâtiment.

B. Les spécifications techniques

Les performances thermiques des menuiseries sont caractérisées par les paramètres suivants :

- Le coefficient de transmission thermique du vitrage, noté U_g (en $\text{W/m}^2.\text{K}$) qui prend en compte les performances du vitrage
- Le coefficient de transmission thermique de la fenêtre, noté U_w (en $\text{W/m}^2.\text{K}$) qui prend en compte non seulement les performances du vitrage, mais également celles du dormant et de l'ouvrant de la menuiserie ;
- Le coefficient de transmission thermique d'une porte, noté U_d (en $\text{W/m}^2.\text{K}$) ;
- Le facteur solaire, noté S_w (en %).

Les performances thermiques des nouvelles menuiseries doivent respecter les valeurs suivantes :

- **Fenêtres :** $U_w \leq 1.3 \text{ W/m}^2.\text{K}$ et $S_w \geq 30 \%$,
- **Portes d'entrée :** $U_d \leq 1.7 \text{ W/m}^2.\text{K}$.

Ces seuils de performances énergétiques correspondent à ceux du Crédit d'impôt Transition Énergétique en 2015. Dans l'hypothèse où ces seuils seraient renforcés, le présent référentiel technique suivrait ces évolutions.

C. Les éléments constitutifs

1. Caractéristiques du vitrage

Afin d'atténuer l'effet de paroi froide, tous les vitrages seront au moins des doubles vitrages à faible émissivité avec un $U_g < 1,1 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

Dans l'état actuel des technologies de vitrage, les solutions du type Double Vitrage basse émissivité présentent le meilleur compromis entre les performances thermiques et lumineuses, et les aspects coûts. La couche basse émissivité devra être sur la face externe du vitrage intérieur (dite position 3 comme indiqué dans la figure 1 ci-dessous). Une vérification sur site de la conformité de cette préconisation devra être assurée par les entreprises (reportage photographique et démonstration in situ avec [test de la flamme](#) ou avec l'application [Prismaver](#)).

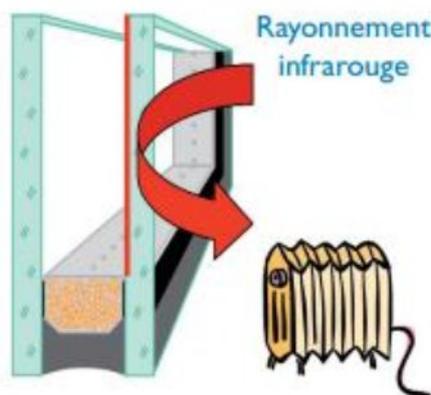


Figure 1 : Position de la couche basse émissivité (en rouge) la face externe du vitrage intérieur (source [riouglass](#))

Il est recommandé d'étudier la mise en place de triple vitrage ($U_w < 1 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$) pour les façades orientées au Nord afin de réduire les déperditions thermiques sur cette façade ne bénéficiant pas d'apports solaires en hiver, si et seulement si les parois verticales sont isolées par l'extérieur avec un traitement correct du tableau de fenêtre.

2. Caractéristiques des huisseries

a. Précautions particulière sur l'étanchéité à l'air et la ventilation

- Les menuiseries devront être étanches avec un niveau A3 à minima (classement AEV).
- Ces menuiseries devront être systématiquement pourvues d'entrées d'air dans les pièces dites sèches pour ventilation simple-flux par extraction sans contrainte acoustique forte, (hors cas des entrées d'air aménagées dans les coffres de volets roulants ou en maçonnerie).

Une attention particulière est requise lors de la pose des nouveaux dormants (par systèmes de précadres, membranes, joints « comprébandes » à mousse imprégnée,...) afin de garantir une étanchéité à l'air aussi parfaite que possible.

b. Point de vigilance sur la mise en œuvre

La pose de menuiseries neuves en « châssis rénovation » (en recouvrement des anciens dormants conservés) ne constitue pas une solution satisfaisante, cette technique n'étant ni performante, ni pérenne.

Ce mode opératoire est très couramment utilisé car il permet une installation apparemment très rapide.

- Par contre, le clair de vitrage des ouvertures s'en trouve réduit,
- Cette mise en œuvre demanderait par ailleurs une technicité supérieure pour être parfaitement réalisée ; (les anciens dormants doivent être ventilés, et dans un état de parfaite conservation, ils doivent être préalablement délignés et décapés pour une parfaite étanchéité).
- L'étanchéité à l'air s'avère très délicate à assurer réellement sur ce type de mise en œuvre.

Au final, une mise en œuvre maîtrisée de cette technique n'est pas économiquement intéressante ; une proposition financièrement attractive dégrade la qualité technique de l'opération et met en jeu sa pérennité.

c. Point de vigilance sur les baies vitrées

La tenue mécanique des baies vitrées doit être privilégiée pour assurer la durabilité de performance globale (acoustique, thermique et étanchéité à l'air). Un risque réel de dégradation de la tenue mécanique, tout spécialement en solution coulissante, existe avec des matériaux du type PVC.

De plus, les solutions de baie vitrée coulissante présentent rarement un niveau de performance satisfaisant les contraintes d'étanchéité à l'air. Il est vivement conseillé d'adopter des solutions de baies vitrées à translation à claqué, assurant une parfaite liaison mécanique entre le dormant et l'ouvrant.

Enfin, il est important de préciser que les baies vitrées avec des châssis en Aluminium ne présentent généralement pas le niveau de performance requis pour respecter les cibles du présent référentiel, même si elles bénéficient d'une dérogation dans le cadre du CITE, avec un U_w maximal à 1.7 W/m².K.

Pour les baies vitrées, les solutions avec des huisseries en Aluminium et en PVC devront scrupuleusement respecter les cibles de performances thermiques (U_f pour le cadre) et le classement AEV pour être compatibles avec le présent référentiel.

3. Occultations et protections solaires

Dans le cas d'un changement de toutes les menuiseries d'un bâtiment et en ITE, les nouvelles menuiseries pourront être posées soit en tunnel au nu extérieur du mur soit en applique dans le plan de l'ITE, ce qui implique une modification lourde des occultations. Toutefois, ce type de solution supprime l'obligation d'isolation des encadrements des fenêtres.

Toujours en ITE, si les ouvrants sont équipés de volets roulants, il est recommandé de changer les coffres de volets roulants en même temps que la menuiserie ou de les isoler et les étancher afin de couper le pont thermique à leur endroit et de supprimer les infiltrations d'air.

Dans le cas de l'ITI, le remplacement des menuiseries n'influe pas sur ces éléments sauf en cas de solution bloc baie monobloc. Dans ce cas, il convient de choisir avec précaution pour traitement correct des ponts thermiques et l'étanchéité à l'air.

4. Traitement du tableau de fenêtre

Si le remplacement des menuiseries est effectué avant la mise en place de l'isolation thermique par l'extérieur, il est recommandé de prévoir lors de la pose l'espace suffisant pour permettre le retour de l'isolant en tableaux. Ceci est valable que ce soit dans le cadre d'une rénovation globale, comme dans le cadre d'une rénovation phase par phase avec un échelonnement des travaux.

Dans ces 2 cas, le traitement des occultations devient une problématique spécifique qui devra faire l'objet d'un traitement particulier (remplacement, adaptation, déplacement,...).

Conclusion

L'isolation des tableaux de fenêtres représente un véritable enjeu pour la qualité de l'air et la pérennité du bâti.

Le pont thermique induit en cas de défaut de traitement est susceptible de provoquer le développement de pathologies (condensation, moisissures, etc..).

En l'absence d'intervention sur les tableaux, le renouvellement d'air dans les pièces du bâtiment doit absolument être assuré, voire surdimensionné, sous peine de dégradations notables (cf. annexe).

D. Le point sur les matériaux biosourcés

L'emploi des matériaux biosourcés comme le bois pour les menuiseries présente de nombreux avantages :

- Puits de carbone,
- Performances thermiques adaptées et supérieures aux autres technologies,
- Solutions techniques disponibles sur le marché avec des filières locales,
- Conforme aux contraintes réglementaires

Les points de vigilance à prendre en compte sont les suivants :

- L'entretien des huisseries est un gage de pérennité et de durabilité,
- Si l'entretien pose un réel problème (accessibilité, etc..), des solutions mixtes bois / aluminium peuvent convenir tout en présentant des performances thermiques identiques et un bilan environnemental favorable par rapport aux autres solutions

E. Focus techniques

Annexe sur le traitement des tableaux de fenêtres et les ponts thermiques
Annexe sur l'étanchéité à l'air

F. Tableau de synthèse

Caractéristiques	Conformité Mur Mur	Critère CITE	Critère CEE	Critère région RA	Critère D38
Fenêtres ou porte-fenêtres	$U_w \leq 1.3 \text{ W/m}^2.\text{K}$ ET $Sw \geq 0.3$ $U_g \leq 1.1 \text{ W/m}^2.\text{K}$	$U_w \leq 1.3 \text{ W/m}^2.\text{K}$ ET $Sw \geq 0.3$ OU $U_w \leq 1.7 \text{ W/m}^2.\text{K}$ ET $Sw \geq 0.36$	$U_w \leq 1.3 \text{ W/m}^2.\text{K}$ ET $Sw \geq 0.3$ OU $U_w \leq 1.7 \text{ W/m}^2.\text{K}$ ET $Sw \geq 0.36$		
Fenêtres en toitures	$U_w \leq 1.3 \text{ W/m}^2.\text{K}$ ET $Sw \geq 0.3$ $U_g \leq 1.1 \text{ W/m}^2.\text{K}$	$U_w \leq 1.5 \text{ W/m}^2.\text{K}$ et $Sw \geq 0.36$	$U_w \leq 1.5 \text{ W/m}^2.\text{K}$ et $Sw \geq 0.36$		
Vitrages de remplacement à faible émissivité		$U_g \leq 1.1 \text{ W/m}^2.\text{K}$			
Double fenêtres		$U_w \leq 1.8 \text{ W/m}^2.\text{K}$ et $Sw \geq 0.32$			
Volets isolants		$R_{\text{additionnelle}} \geq 0.22 \text{ W/m}^2.\text{K}$	$R_{\text{additionnelle}} \geq 0.22 \text{ W/m}^2.\text{K}$		
Portes d'entrée donnant sur l'extérieur	$U_d \leq 1.7 \text{ W/m}^2.\text{K}$	$U_d \leq 1.7 \text{ W/m}^2.\text{K}$			
Parois vitrées				$U_g \leq 1.2 \text{ W/m}^2.\text{K}$ ET $U_w \leq 1.5 \text{ W/m}^2.\text{K}$	

Ventilation

Le renouvellement de l'air dans les logements est très souvent insuffisant (en particulier aux intersaisons et en été) pour permettre de disposer d'une qualité de l'air intérieur satisfaisante (problème d'odeurs et de polluants biologiques et/ou chimiques), voire pour lutter contre les moisissures dans certains logements.

Le remplacement de vieilles fenêtres par de nouvelles modifie fréquemment la ventilation des logements : il réduit en effet les infiltrations d'air entre maçonnerie et dormant et entre dormant et ouvrant, voire entre les ouvrants eux-mêmes. L'amélioration de l'étanchéité à l'air qui en résulte peut provoquer, en l'absence d'une ventilation efficace, des désordres induisant des problèmes sanitaires et d'humidité (voire la formation de moisissures) liés à une insuffisance du renouvellement d'air dans les logements. Il est dès lors obligatoire de traiter de façon concomitante et cohérente la ventilation des logements et la rénovation du bâti.

Dans le cas d'un pavillon, l'installation d'un système de ventilation motorisé contrôlé se révèle généralement faisable sans difficulté majeure. Les soins particuliers sont à fournir au niveau de l'optimisation du système de ventilation pour allier performances thermiques, qualité de l'air, consommations électriques spécifiques et facilité de maintenance.

A. •Les priorités dans l'approche

L'installation d'un système de ventilation est fortement recommandée dès que l'enveloppe sera traitée avec :

- Amélioration de l'étanchéité à l'air des menuiseries,
- Isolation thermique des parois opaques que ce soit en ITE ou en ITI,

Cette installation revêt d'autant plus d'importance si le traitement thermique des parois opaques ne corrige pas les ponts thermiques, à savoir :

- Le choix d'un traitement thermique avec des solutions en ITI,
- Le non traitement des tableaux de fenêtres en cas d'ITE,

Dans ces 2 cas, le balayage effectif des zones de vie avec des débits réglementaires est une condition sine qua non pour éviter autant que possible le développement de pathologies et de dégradation de la QAI et du bâti.

L'entreprise se doit d'alerter la maîtrise d'ouvrage sur l'importance de l'installation d'un système de ventilation avec son dimensionnement adéquat. Pour cela, l'élaboration et la fourniture d'une note de calcul sur les débits relatifs à l'opération est demandé dans le cadre de mur/mur.

B. Les spécifications techniques

D'une façon générale, les performances thermiques des systèmes de ventilation doivent répondre aux normes et réglementations en vigueur, et tout particulièrement au DTU 68.3. Dans le cas de foyers ouverts fonctionnant au gaz, le système de VMC devra également se conformer à la réglementation.

Les exigences réglementaires sont sur les points suivants :

- Sanitaire,
- Acoustique,
- Thermique,

Les solutions applicables comme les architectures réseau sont diverses et variées et dépendent principalement de la configuration des bâtiments.

C. Importance du diagnostic

L'analyse de la situation existante est primordiale pour réaliser le bon choix de la solution de ventilation. Les principales étapes de ce diagnostic sont les suivantes :

- Existence ou non d'un système de ventilation.
 - Si aucun n'existe, il convient d'en créer un,
 - Si un système est présent, il convient de vérifier il est adapté aux nouveaux usages et à l'occupation, à l'environnement actuel et futur, etc..
- Ensuite, en l'absence de système de ventilation, la vérification de l'existence de conduits de ventilation naturelle est à effectuer, tout en vérifiant qu'ils soient bien réutilisables. Si une remise à niveau est nécessaire, le diagnostic doit intégrer le budget correspondant aux travaux nécessaires,
- En présence de systèmes de ventilation, le diagnostic de l'efficacité et de la qualité des composants est à réaliser, en intégrant ou non leur remplacement dans l'étude et le chiffrage des travaux,

Notons bien, en synthèse que :

- L'ajout d'entrée d'air en façade ne permet pas d'assurer le renouvellement d'air sans une extraction adaptée,
- Le balayage des pièces avec le passage des pièces de vie aux pièces humides nécessite l'aménagement de transferts d'air (détalonnage des portes, grilles de transfert, etc..),
- Lors d'un changement de système de ventilation, les composants préexistants non réemployés doivent être condamnés,
- Un conduit de ventilation naturelle non étanche ne peut constituer une installation de VMC,

D. Comparatif des solutions possibles

A titre d'exemple, les équipements de ventilation possibles et disposant d'avis techniques, pour un pavillon sont les suivantes:

- Ventilation Mécanique Contrôlée (VMC) simple flux ; de type Autoréglable, Hygroréglable A ou B, et VMC gaz
- Ventilation Mécanique Répartie (VMR) ;
- Ventilation Double Flux,
- Ventilation naturelle si toutes les pièces disposent d'une ouverture menuisée,
- Ventilation mécanique par insufflation,

Le tableau ci-dessous synthétise les principales caractéristiques des technologies disponibles à ce jour dans le cas de rénovation de maisons individuelles :

Type de ventilation	Performance thermique et énergétique	Qualité de l'air	Prix	Maintenance
Ventilation naturelle	Médiocre à bonne	Médiocre à passable	0	sans
VMC autoréglable	Médiocre	Bonne	€	limitée
VMC hygroréglable A	Passable	Passable	€	limitée
VMC hygroréglable B	Bonne	Mauvaise	€	limitée
Ventilation Mécanique Répartie	Médiocre à moyenne (suivant pilotage)	Médiocre à bonne	€ / €€	limitée
Ventilation Mécanique par Insufflation	Médiocre à moyenne (suivant pilotage et le	Bonne	€ / €€	Changement des filtres

	préchauffage ou non de l'air)			
Ventilation Double Flux	Bonne sur le plan thermique mais consommation électrique de ventilation	Passable à bonne suivant pilotage et maintenance	€€€€€	Changement des filtres (coût)

Point de vigilance concernant les solutions dites « Aérovoltaïque »

Un démarchage commercial intensif sur les solutions dites « aérovoltaïque » est en cours sur le territoire national. Cette solution couplant photovoltaïque et ventilation motorisée par insufflation est présentée comme très performante. A ce jour, aucune économie d'énergie n'est garantie ni avérée avec ce type de solution par rapport à une solution de ventilation décrite ci-dessus couplée à une solution de centrale avec panneaux photovoltaïques classiques intégrés en toiture.

E. Qualité de conception et de réalisation

Dans le but de balayer correctement les pièces des logements et de disposer des débits calculés en conception, il est demandé d'apporter un soin particulier sur les aspects suivants :

- Les portes intérieures doivent être suffisamment détalonnées pour permettre un balayage efficace du logement par l'air neuf même en cas de la fermeture des portes, sauf dans les cas particuliers de ventilation par pièce séparée ;
- Si des trainasses horizontales sont installées pour relier des grilles d'extraction à un conduit situé dans une pièce différente, leur dimensionnement doit être fait avec précision (importance des pertes de charges et de l'étanchéité à l'air des réseaux cf. ci-dessous) ;
- Les réseaux mis en place doivent être étanches et bien équilibrés, **conformes à la classe C suivant la norme NF EN 12237**,. Les solutions adaptées doivent être employées : conduits et jonctions à joints, système d'étanchéité rapportées type bande adhésive et mastic, sachant que le mastic est accepté, à l'extérieur du bâtiment, couvert d'une bande adhésive adaptée protectrice (UV, températures, etc.), et que pour les petits diamètres (D315 mm) certains dispositifs comme les bandes adhésives thermo-rétractables sont adaptées. Attention, les bandes adhésives aluminium ne sont généralement pas adaptées pour assurer une fonction d'étanchéité à l'air. Tout piquage express doit être prohibé. Les conduits en maçonnerie doivent être testés préalablement pour assurer une étanchéité correcte, et un tubage devra être ajouté en cas de débits de fuites non compatibles même pour une ventilation basse pression (classe A minimale sur les conduits verticaux maçonnés).
- Les bouches d'extraction doivent être amovibles et la jonction entre la paroi de la gaine technique et le conduit raccordé à chaque bouche doit être étanche (cf. image ci-dessous),

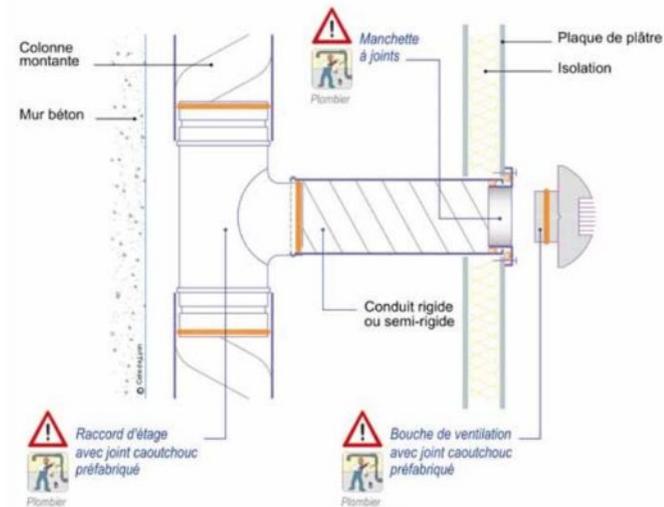


Figure précisant le principe de la liaison conduit / bouche (source PREBAT / Réussir l'étanchéité à l'air de l'enveloppe et des réseaux Elaboration et application d'une démarche qualité)

- La tenue mécanique des conduits doit être assurée à l'aide d'accessoires de fixations et de supportage adaptés,
- Le nouveau système de ventilation doit assurer les débits hygiéniques définis dans l'arrêté du 24 mars 1982 modifié, relatif à l'aération des logements neufs ;
- Réaliser un test des débits de ventilation effectivement obtenus aux bouches et aux échangeurs pour vérifier si les débits sont conformes aux préconisations de l'étude ;
- Prévoir des groupes moto-ventilateurs à très basse consommation électriques ;
- Si des appareils à gaz sont présents dans la copropriété, leur alimentation en air doit absolument respecter les règles de sécurité,
- Prendre des dispositions appropriées de traitement acoustique notamment en cas de mise en place de ventilation double flux,
- Equiper les systèmes doubles flux d'échangeurs thermiques statiques de rendement certifié de 80 % minimum ou thermodynamiques dont le COP (-7°) est supérieur à 2,8 * (débit traité/débit hygiénique) ;
- Accompagner les travaux d'un traitement adapté de toutes les infiltrations d'air notamment au niveau des menuiseries, des coffres de volets roulants, des portes palières, des prises de courants, des gaines techniques et des passages de câbles ;

F. Le point sur les matériaux biosourcés

Sans objet

G. Focus techniques

Annexe sur la ventilation et qualité de l'air

Systemes de production de chaleur et ECS

Le système de production de chaleur est un élément clé de la performance énergétique, sachant que certains systèmes sont capables de produire de la chaleur à la fois pour le chauffage et pour la production d'eau chaude sanitaire, alors que d'autres ne sont pas en mesure de le faire, ou alors avec un niveau de performance dégradé.

De plus certaines solutions ne permettent pas une évolution aisée vers des technologies durables, avec par exemple le chauffage électrique dont le remplacement par une chaudière performante ou une pompe à chaleur nécessite des travaux d'installations d'un réseau hydraulique très lourd. Ainsi, très souvent, la solution adaptée peut se traduire par un couplage de différentes solutions, comme ici avec un appoint par un foyer bois performant couplé au système électrique préexistant.

A. •Les priorités dans l'approche

L'optimisation de la solution préexistante est la priorité du programme avec comme axes principaux :

- L'intégration de solutions de régulation des conditions de confort réellement opérationnelles, permettant d'effectuer des réduits et ce de manière efficace,
- L'adaptation des solutions existantes non évolutives avec d'autres solutions performantes, permettant d'atteindre un bilan environnemental favorable tout en restant abordable,
- Privilégier les actions de mise à niveau et de maintenance pour garantir le niveau de performance de l'équipement de génération, mais aussi de distribution et de régulation,

B. Les spécifications techniques

D'une façon générale, les performances thermiques des systèmes de production de chaleur doivent répondre aux normes et réglementations en vigueur. Par thématiques, il est possible de mentionner :

- Chaudière à condensation (gaz ou fioul) avec une efficacité saisonnière supérieure à 90%,
- Pompe à chaleur Air/Air présentant un SCOP supérieur ou égal à 3.9,
- Pompe à chaleur de type air/eau ou eau/eau : une efficacité saisonnière supérieure 102 % pour les PAC moyenne et haute température et 117 % pour les PAC basse température. Pour les opérations engagées à partir du 26/09/2017 : une efficacité saisonnière supérieure 111 % pour les PAC moyenne et haute température et 126 % pour les PAC basse température,
- Chaudière biomasse de classe 5 ou label flamme verte 7 étoiles,
- Appareil indépendant de chauffage au bois avec un rendement énergétique supérieur à 70% et label flamme verte 7 étoiles
- Isolation des réseaux hydrauliques de chauffage et d'ECS : L'isolant est de classe supérieure ou égale à 3 selon la norme NF EN 12 828.
- Chauffe-eau thermodynamique dont le COP de l'équipement mesuré conformément aux conditions de la norme EN 16147 est supérieur à 2,5 pour une installation sur air extrait et supérieur à 2,4 pour toutes autres installations,

C. Importance du diagnostic

Le logigramme ci-dessous précise quelles analyses sont à opérer avant de prendre une décision, vu la complexité de la problématique. L'analyse globale devra se reposer sur des aspects très précis et détaillés comme mentionné ci-après en annexe pour chaque type de solution technique possible.

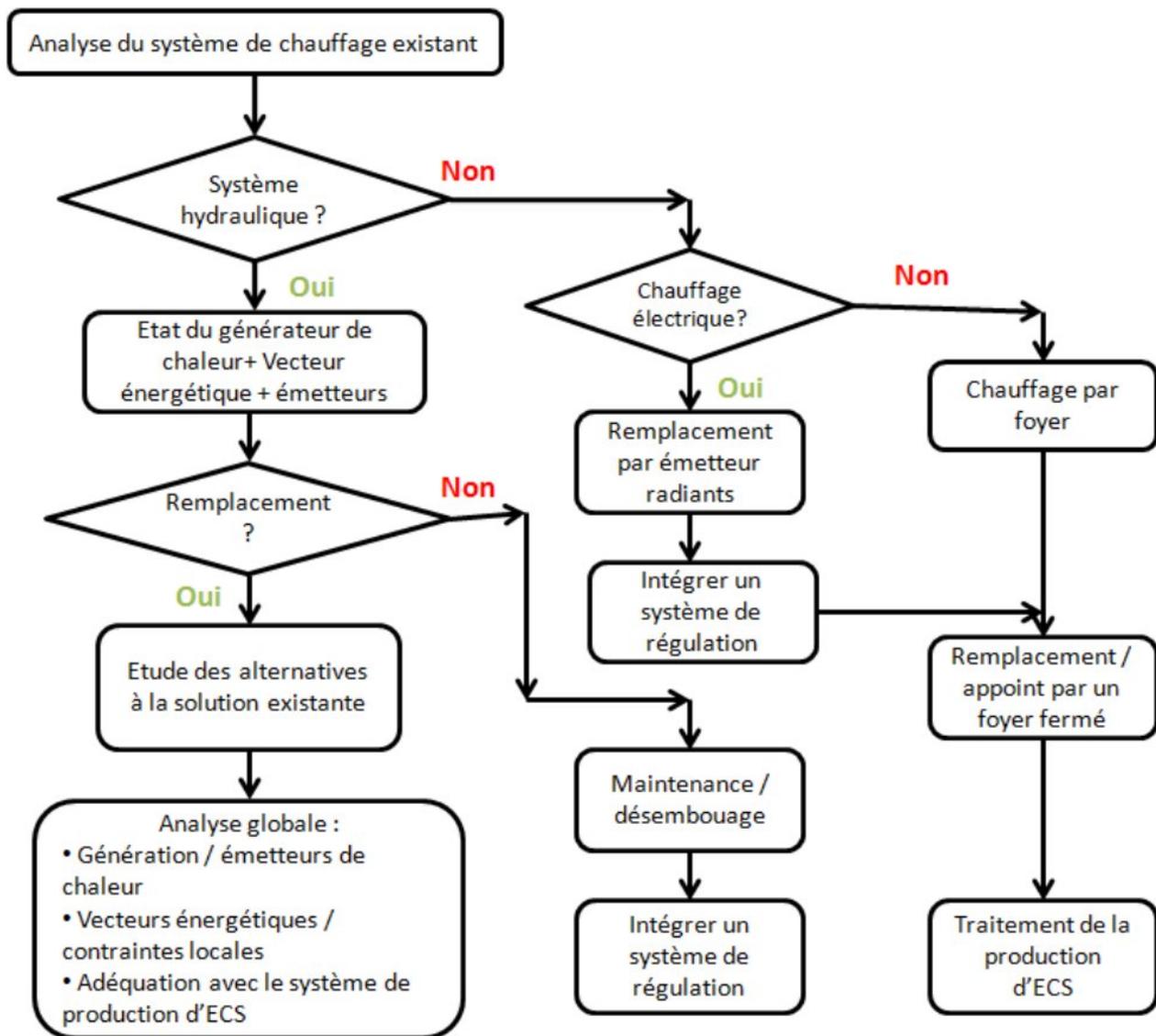


Figure 1 : Processus d'analyse des systèmes de production de chaleur

Bien entendu ce logigramme n'est pas exhaustif mais permet de traiter la majorité des cas rencontrés.

D. Liste des solutions possibles et précautions particulières

1. Les chaudières à condensation

Avantages :

- Le rendement global est nettement amélioré avec une meilleure combustion et une réduction des pertes de distribution.
- Le circuit hydraulique est simplifié mais doit être adapté par rapport pour certaines installations.

Inconvénients :

- L'évacuation des fumées doit être adaptée à la présence d'humidité, nécessitant l'adaptation des cheminées maçonnées avec un tubage adapté (en acier inoxydable ou en matériaux synthétiques résistant jusqu'à 120°C)
- Une fois l'enveloppe du bâtiment rendu performante par de l'isolation thermique, une adaptation du circuit hydraulique s'impose pour ne pas détériorer les performances de la chaudière (arrêts / redémarrage et difficultés de régulation de température même avec une forte aptitude à la modulation sauf dans le cas des chaudières pouvant moduler entre 5 et 100 %).
- La très probable difficulté de pouvoir alimenter des systèmes émetteurs conventionnels comme des radiateurs fonte ou acier (sans ne pas bénéficier de l'amélioration du rendement).

Synthèse :

Le remplacement d'une chaudière doit être étudié en tenant compte des interactions avec les autres composants du système de chauffage.

Tout particulièrement, il convient de s'assurer de l'adéquation entre la technologie de chaudière et :

- L'évacuation des fumées,
- Le circuit hydraulique,
- Les systèmes d'émission de chaleur dans les logements.

La seule valeur du rendement constructeur n'est pas un critère suffisant pour choisir une technologie.

2. Les chaudières à bois

CAS DU GRANULE BOIS ET DU BOIS DECHIQUETE

Avantages :

- Le rendement global est bon avec des systèmes modulant et un système de régulation performant pour assurer une bonne combustion (présence d'une sonde lambda dans les fumées pour piloter l'apport en air neuf).
- L'exploitation d'une filière durable avec la biomasse.
- Le coût du vecteur énergétique est concurrentiel.
- La facilité de pouvoir alimenter des systèmes émetteurs conventionnels comme des radiateurs fonte.
- Une fois l'enveloppe du bâtiment rendu performante par de l'isolation thermique, le circuit hydraulique, s'il dispose d'un ballon de stockage, ne nécessite pas de modification, garantissant les performances de la chaudière.

Inconvénients :

- Un surcoût par rapport aux autres solutions de chaudières (système de stockage et ballon d'eau tampon).
- Des coûts d'entretien plus élevés que pour les autres types de chaudière.
- La nécessité de disposer d'un vecteur énergétique de qualité (humidité du granulé ou de la plaquette forestière) afin de garantir le niveau de performance de la chaudière et sa durée de vie.
- La gestion du combustible avec la vérification du niveau du silo est à considérer avec le possible délai de livraison en saison froide.
- Les contraintes de qualité de l'air (Zone rouge PPA et contraintes du PPA) peuvent induire l'ajout d'un filtre supplémentaire rendant le système très onéreux (investissement et maintenance).

CAS DU BOIS BUCHE

Avantages : identiques aux cas ci-dessus

Inconvénients : identiques aux cas ci-dessus

- Le rendement global est moyen avec des problématiques de régulation du fait de la taille du foyer pour assurer une bonne uniformité de combustion.
- Un surcoût par rapport aux autres solutions de chaudières (régulation, démarrage automatique possible par granulé bois, et ballon d'eau tampon).

Précision particulière : La difficulté de devoir réguler la combustion avec un combustible solide induit la nécessité de disposer d'un ballon tampon entre la chaudière et la distribution pour garantir un fonctionnement stabilisé du brûleur quelque soit le mode d'alimentation (pellet, granulé ou buches).

La nature du combustible solide induit un impact très lourd sur l'organisation des locaux techniques du fait d'un contenu énergétique faible du bois en comparaison avec le fuel et le gaz, mais aussi sur le rendement et les émissions de polluants. Ce vecteur est adapté au cas de la MI suivant différentes conditions en fonction du combustible.

Synthèse :

L'intégration d'une chaudière bois impacte lourdement les équipements techniques avec les problématiques liées au stockage et au ravitaillement même avec le granulé bois.
Une analyse préalable du site et de la filière d'approvisionnement est indispensable.

3. Les pompes à chaleur

Avantages :

- L'efficacité d'une pompe à chaleur est supposée être élevée avec des COP (coefficients de performances) attractifs de l'ordre de 2.5 pour une PAC air/eau et 3 à 4 pour une PAC eau/eau. Les équipements PAC dispose d'étiquettes énergétiques qui permettent de disposer d'un premier indicateur de performance aidant au choix du produit !

Inconvénients :

- L'efficacité effective globale de ces systèmes sont très dépendantes de la nature des systèmes terminaux et des variations de température de la source tout particulièrement pour les PAC air / eau. En effet, les efficacités affichées sont souvent des valeurs dans des conditions normalisées non représentatives de la réalité avec des dégradations potentielles d'un facteur 3 dans les pires des cas.
- La production simultanée de chaleur pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire réduit très sensiblement l'efficacité de la pompe à chaleur.
- La maintenance d'une PAC représente un budget conséquent par rapport à d'autres systèmes comme une chaudière gaz (entre 1.5 à 2 fois un contrat de maintenance classique).
- Pour une PAC air/eau, l'intégration de l'échangeur sur l'air et les nuisances sonores associées ne sont pas à négliger.
- Les coûts d'investissement sont conséquents et le coût de l'abonnement électrique d'une puissance élevée (9 kVA au minimum) peut être prohibitif.

Synthèse :

Le remplacement d'une chaudière par un système du type pompe à chaleur doit être étudié avec beaucoup de soin car il convient de s'assurer de l'adéquation entre la technologie de pompe à chaleur avec :

- Le circuit hydraulique
- Les systèmes d'émission de chaleur dans les logements,
- L'intégration de la source dans l'environnement (unité extérieure sur l'air ou capteurs géothermiques ou sur nappe)

La seule valeur du COP constructeur n'est pas un critère suffisant pour choisir une technologie

4. Les circuits primaires et la distribution

Précision particulière Le système de génération et l'architecture hydraulique de distribution sont généralement conçus pour des bâtiments présentant des performances thermiques de l'enveloppe très moyennes voir mauvaises. Ceci se traduit généralement par un fonctionnement à charge très partielle une fois le bâti rénové qui généralement ne permet pas de fonctionner au meilleur point de fonctionnement. Par conséquent, il est primordial de faire adapter l'architecture hydraulique et le pilotage des installations en fonction des performances thermiques de l'enveloppe du bâtiment une fois réhabilité.

E. La production d'eau chaude sanitaire

La production d'eau chaude sanitaire devient le poste de consommation prédominant une fois l'enveloppe du bâtiment traitée de manière correcte.

Par conséquent, les technologies disponibles doivent être étudiées avec beaucoup de soin :

- Production par chauffe eau thermodynamique : le niveau de performance réel est très en deçà des performances affichées (cf. Synthèse des résultats de la campagne d'évaluation de chauffe eau thermodynamiques en laboratoire / COSTIC / ADEME / FFB). La rentabilité d'un investissement sur ce type de produits n'est pas assurée même en respectant les spécifications du présent référentiel.
- Production par panneaux solaires thermiques : Il convient de coupler l'installation de ces systèmes avec la rénovation de la toiture en vue de mutualiser les coûts et interventions des corps de métier.
- Production par ballon électrique : solution simple et peu onéreuse, il convient de ne retenir cette solution qu'à certaines conditions :
 - Sur-isoler le ballon en vue de limiter ses pertes thermiques qui sont majoritaires dans le bilan thermique,
 - Coupler ce système à des procédés de récupération sur eau grise simples et robustes,
- Production via la chaudière principale. Il est alors primordial d'éviter de surconsommer avec un bouclage d'ECS non isolé (voir spécifications du présent référentiel).

Pour rappel, le calorifugeage doit être soigné en vue de limiter autant que possible les pertes sur le système de distribution de chauffage comme sur le système d'alimentation en ECS (voir spécifications ci-dessus).

Enfin, il est important de mentionner le développement récent de solutions simples et robustes de récupérateurs de chaleur sur eaux grises qui permettent d'économiser concrètement environ 15% d'énergie sur la production d'eau chaude sanitaire avec un minimum d'entretien.

Les produits disponibles à ce jour sur le marché sont les suivants : Gaia Green (système RECOH), Solenove Energie (Power-pipe), Ocalor (WWRX), et Teccontrol (Zypho).

F. Le point sur les matériaux biosourcés

Sans objet

G. Focus techniques

Annexe sur les systèmes de production de chaleur

Annexe technique sur les systèmes de régulation

Annexe 1 : Les ponts thermiques

Les ponts thermiques sont induits par une variation de l'isolation thermique de l'enveloppe d'un bâtiment. Ceux-ci surviennent à la jonction de composants d'enveloppe, ou bien dans le cas de certaines discontinuités où le flux de chaleur est différent de celui de la paroi courante.

Comment évalue-t-on un pont thermique ?

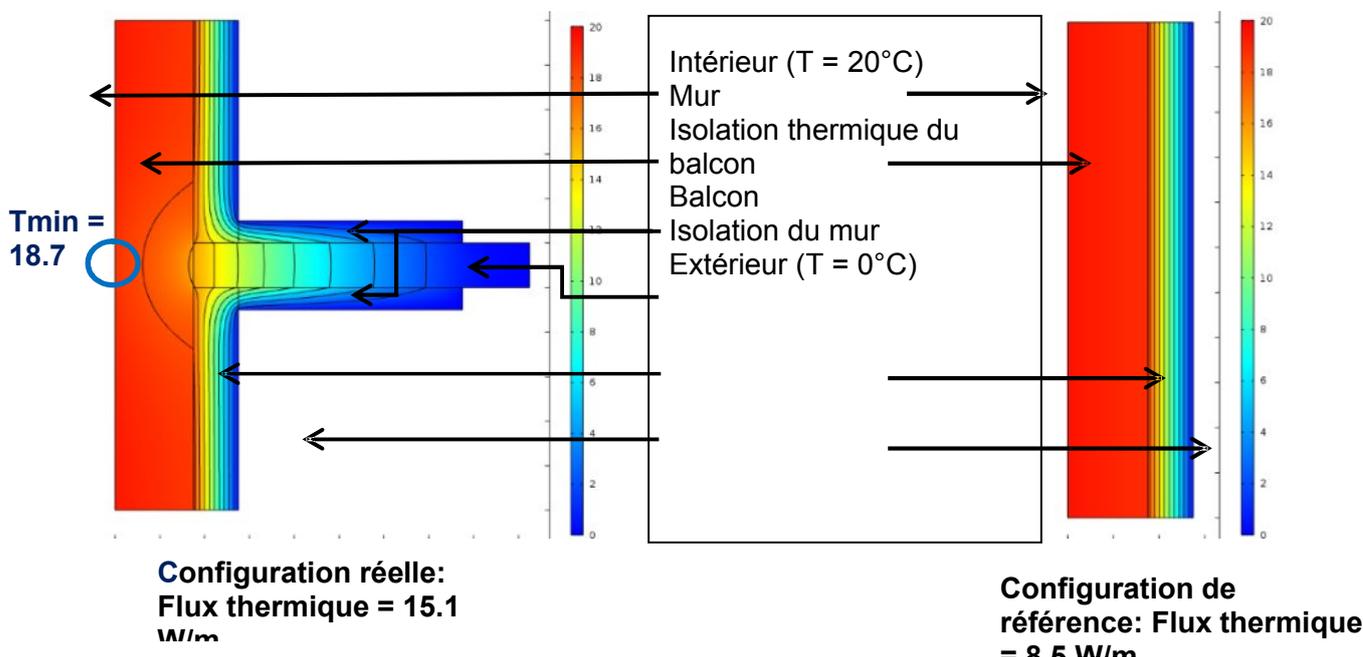
Le pont thermique a deux conséquences sur le comportement physique d'une paroi d'un bâtiment : la modification du flux de transfert thermique et la modification des températures de surface. Pour ces 2 phénomènes, il existe deux critères de quantification de l'importance des phénomènes :

- **Le coefficient de transfert thermique** qui est le supplément de flux thermique induit en régime statique divisé par l'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur, par rapport à la paroi courante prise en configuration de référence. Ce coefficient est linéaire (ψ , W/m.K) pour les ponts thermiques avec une uniformité de la section dans une direction, ou bien ponctuel dans les autres cas (χ , W/K).
- **Le coefficient F_{RSi}** est la différence entre la température de surface intérieure minimale et la température extérieure, divisée par l'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur. Cet indicateur permet d'être significatif quelles que soient les conditions de température extérieures avec des valeurs seuils variant en fonction du climat.

$$F_{RSi} = (T_{min} - T_{ext}) / (T_{int} - T_{ext})$$

La configuration de référence est la paroi courante sans aucune influence des ponts thermiques.

Exemple du balcon :



Pour cet exemple:

$$\psi = \frac{15.1 - 8.5}{20 - 0} = 0.33 \text{ W/(m.K)}$$

$$F_{RSI} = \frac{18.7 - 0}{20 - 0} = 0.935$$

Cette dernière formule permet aisément de calculer les températures de paroi pour des températures autres que les conditions de calcul prises dans le cadre de cette étude en substituant $T_{ext} = 0^{\circ}\text{C}$ par la température désirée.

$$T_{min} = (F_{Rsi} \times (T_{int} - T_{ext})) + T_{ext}$$

Exemple d'évolution de la température de surface minimale en fonction de l'évolution de la température extérieure.

$T_{\text{sèche int}}$ °C	F_{Rsi}	Text = 0°C	Text = -5°C	Text = -10°C
		T min °C	T min °C	T min °C
20	1,00	20	20	20
20	0,95	19	18,75	18,5
20	0,90	18	17,5	17
20	0,85	17	16,25	15,5
20	0,80	16	15	14
20	0,75	15	13,75	12,5
20	0,70	14	12,5	11
20	0,65	13	11,25	9,5
20	0,60	12	10	8
20	0,55	11	8,75	6,5
20	0,50	10	7,5	5

Tableau 1 : Température de surface minimale en fonction de l'évolution de la température extérieure
N.B. Les critères et hypothèses de calcul des valeurs de ponts thermiques et de F_{Rsi} respectent les normes suivantes :

- ISO_14683 - Thermal bridges in building construction — Linear thermal transmittance — Simplified methods and default values
- ISO_10211 - Thermal bridges in building construction — Heat flows and surface temperatures — Detailed calculations
- ISO_6946 - Building components and building elements — Thermal resistance and thermal transmittance — Calculation method

Tous les calculs ci-après suivent les préconisations et modalités de calculs de ces normes, sans aucune prise en compte de l'humidité de l'air.

Hypothèses communes aux calculs de ponts thermiques dans la cadre de ce référentiel

Afin d'alléger les tableaux de résultats, les hypothèses communes à tous les cas, sauf mention explicite sont les suivantes :

- D1 / Epaisseur du mur en paroi courante : 0.25 m
- λ Mur / conductivité thermique des parois opaques (béton) : 2 W/(m.K)
- D2 / Epaisseur de l'isolant du mur en paroi courante (béton) : 0.2 m
- Résistance thermique de la façade courante traitée : $R2 = 5 \text{ m}^2.\text{K/W}$

Risque de condensation et calculs de ponts thermiques

Le risque de condensation évolue en fonction de la température de l'air et de la vapeur d'eau contenue dans l'air. Pour cela, la notion de température de rosée est utilisée et peut être définie mathématiquement pour les plages de température et d'humidité généralement observées dans un logement en hiver en France, à la pression de 1013 mbar.

- TEMPÉRATURE de ROSEE en °C - C'est la température à partir de laquelle la vapeur d'eau contenue dans l'air humide commence à se condenser au contact d'une surface froide. Au cours d'un refroidissement, l'humidité spécifique et la pression partielle de la vapeur d'eau restent constantes.

Le tableau ci-dessous donne les ordres de grandeur des températures de rosée dans des logements en hiver.

Ts °C (température sèche)	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%	1%
15 °C	15,0	13,4	11,6	9,6	7,3	4,7	1,5	-2,4	-7,8	-16,3	-40,7
16 °C	16,0	14,4	12,6	10,5	8,3	5,6	2,4	-1,5	-6,9	-15,6	-40,1
17 °C	17,0	15,4	13,5	11,5	9,2	6,5	3,3	-0,7	-6,1	-14,8	-39,5
18 °C	18,0	16,3	14,5	12,5	10,1	7,4	4,2	0,2	-5,3	-14,0	-38,9
19 °C	19,0	17,3	15,5	13,4	11,1	8,4	5,1	1,1	-4,4	-13,3	-38,3
20 °C	20,0	18,3	16,5	14,4	12,0	9,3	6,0	1,9	-3,6	-12,5	-37,7
21 °C	21,0	19,3	17,4	15,3	13,0	10,2	6,9	2,8	-2,8	-11,7	-37,1
22 °C	22,0	20,3	18,4	16,3	13,9	11,1	7,8	3,7	-2,0	-11,0	-36,5
23 °C	23,0	21,3	19,4	17,2	14,8	12,0	8,7	4,5	-1,1	-10,2	-35,9
24 °C	24,0	22,3	20,3	18,2	15,8	12,9	9,6	5,4	-0,3	-9,5	-35,3
25 °C	25,0	23,3	21,3	19,2	16,7	13,9	10,5	6,2	0,5	-8,7	-34,7

Tableau 2 : Ordres de grandeur des températures de rosée dans des logements en hiver

Notons que suivant l'usage d'une pièce et la performance du balayage du système de ventilation, les hygrométries sont très variables. Toutefois, les plages de conditions Tsèche / hygrométrie généralement observées dans les logements en hiver sont identifiées dans le tableau dans les cellules de couleur vert vif. On constate qu'une bonne ventilation des pièces, permettant de rester en dessous des 50% à 60 % d'hygrométrie, limite fortement les risques de condensation dans un volume chauffé, même avec une correction partielle des ponts thermiques.

Du précédent tableau, il ressort certains cas pouvant être généralisés :

- Pour des températures relativement basses (par exemple pour des chambres avec des températures recommandées de 17°C à 18°C), et pour des conditions d'humidité relative classiques (sous réserve d'une ventilation correcte) inférieures à 70 %, des risques de condensation sur les

faces intérieures des murs extérieurs apparaissent dans le cas de températures de surface inférieures ou égales à 12.5 °C (ou 14.5° pour une humidité relative de 80 %).

- Pour températures intérieures les plus usuelles de confort en pièces de vie (19 à 21°C), et pour des humidités relatives recommandées/usuelles (30 à 70 %, traduisant un niveau de ventilation correct), il n'y a pas de risque de condensation sur les murs extérieurs pour des températures de surface des parois supérieures à 15.3°C (voire 13°C pour des humidités relatives comprises entre 40 et 60 %).
- Aux températures intérieures plus élevées (22 et 23°C), cette absence de risque de condensation existe pour des températures de surface supérieures à 17.2°C (humidité relative jusqu'à 70 %) ou 14.8°C (humidité relative inférieure à 60%).
- En revanche, quand la ventilation des logements n'est pas suffisante (humidité relative supérieure à 70 %), des risques de condensation apparaissent dès 14°C environ, pour les températures intérieures supérieures ou égales à 19°C.

En synthèse, il sera considéré, en premier objectif, qu'un pont thermique sera traité en priorité dès lors que sa valeur ψ (Psi) sera supérieure à 0.6 W/m.K (valeur limite à ne pas dépasser dans la RT 2012 pour la construction neuve). Ceci se traduit, en pratique dans les projets de rénovation de maisons individuelles, par un soin particulier pour l'isolation des points singuliers suivants :

- Les tableaux de fenêtres,
- Les nez de dalles (balcons et terrasses),
- Les liaisons avec le sol,
- Liaison murs / toiture (panne sablière notamment),

Annexe 2 : Traitement des tableaux de fenêtre

1. Symboles et description du cas d'étude

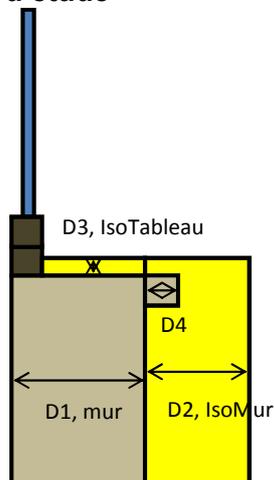


Figure 1 : Tableau de fenêtre (coupe verticale / vue de coté)

Symbole	Description	Dimensions (m)
D1	Epaisseur du mur	0.25
D2	Epaisseur de l'isolant du mur en paroi courante	0.2
D3	Epaisseur de l'isolant tableau	0, 0.015, 0.02 et 0.03
D4	Longueur du nez de l'appui de fenêtre	0 et 0.05

Tableau 1 : Symbole, descriptions et dimensions de l'étude de cas

2. Cas sans traitement du pont thermique

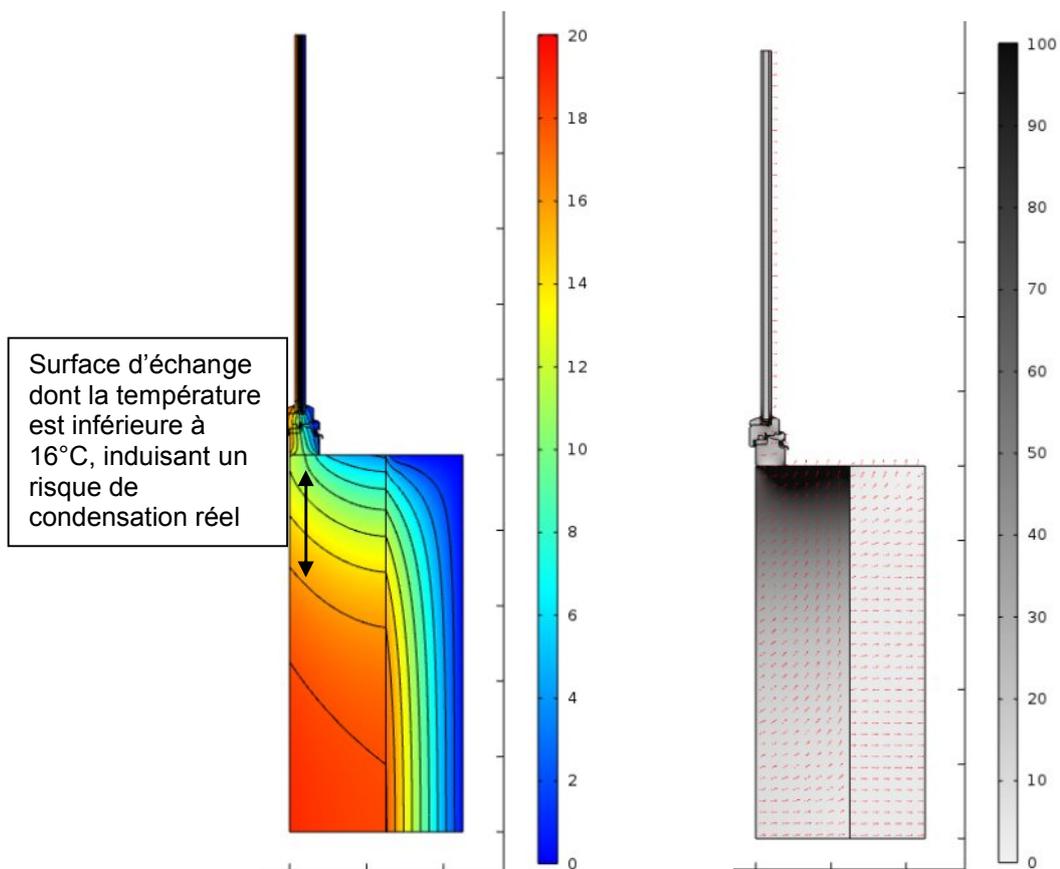


Figure 2 : Isothermes et flux thermiques (coupe verticale / vue de côté)

Analyse des isothermes dans le cas sans traitement du pont thermique :

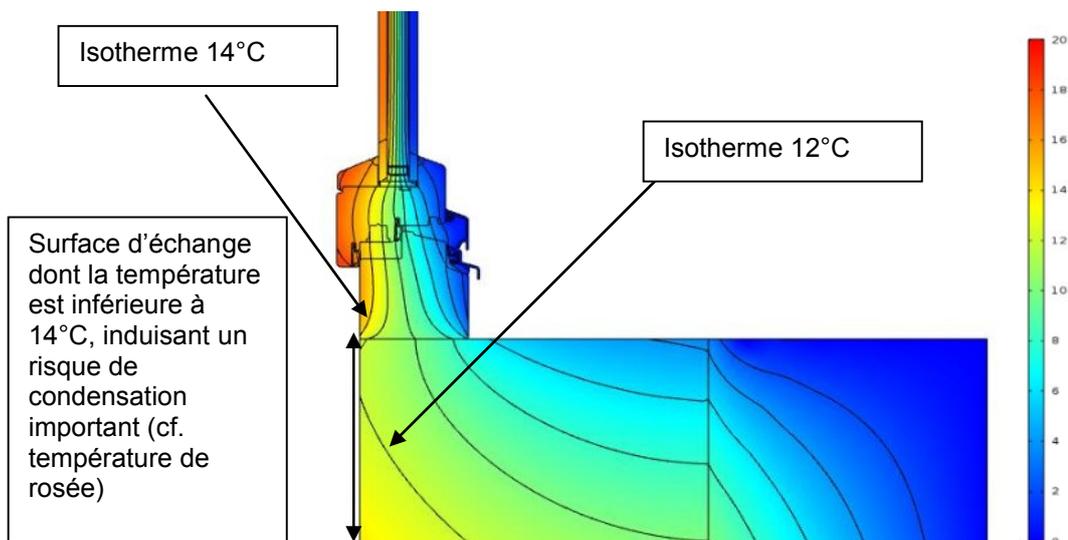


Figure 3 : Zoom sur les isothermes (coupe verticale / vue de côté)

3. Cas avec traitement du pont thermique

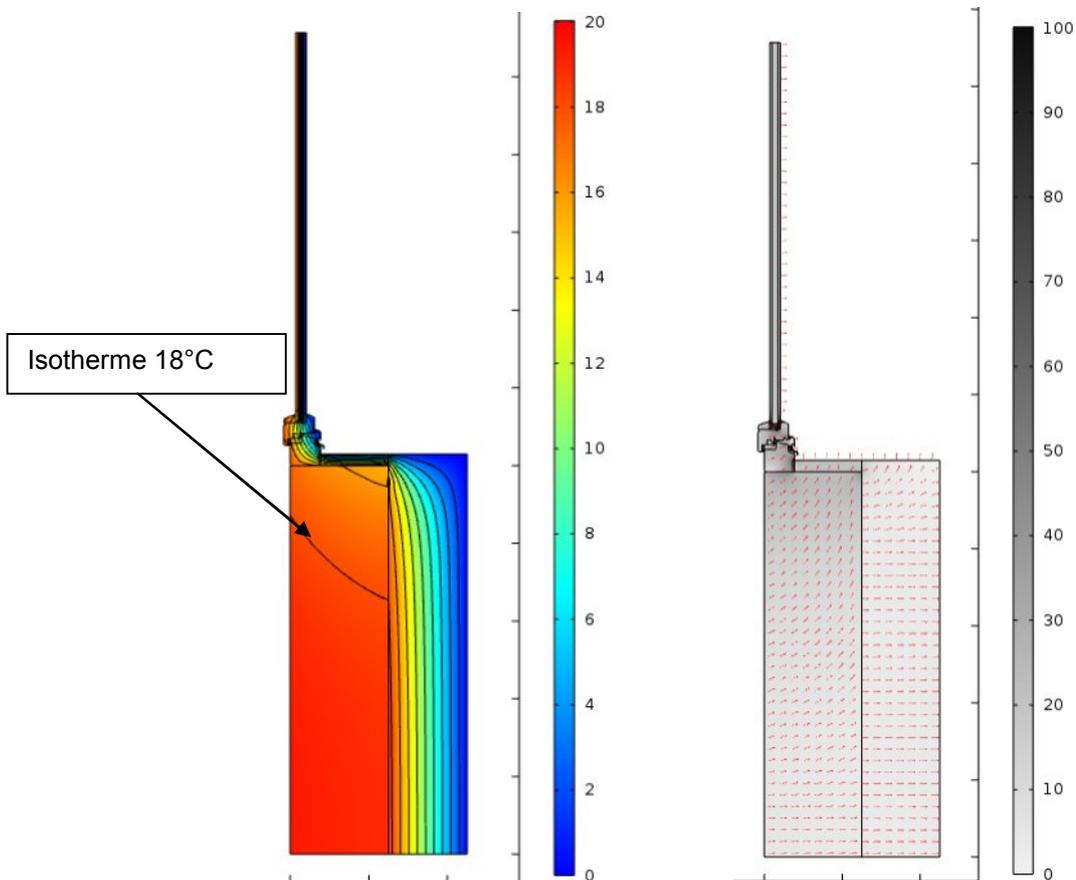


Figure 4 : Isothermes et flux thermiques (coupe verticale / vue de côté)

On constate que les courbes isothermes en dessous de 16°C sont toutes dans le mur à l'extérieur du volume chauffé. La densité de flux est nettement moindre avec le traitement du pont thermique. Le zoom sur les courbes d'isotherme montre que le mur intérieur ne présente pas de température inférieure à 16°C , évitant tout risque de condensation.

Analyse des isothermes dans le cas avec traitement du pont thermique :

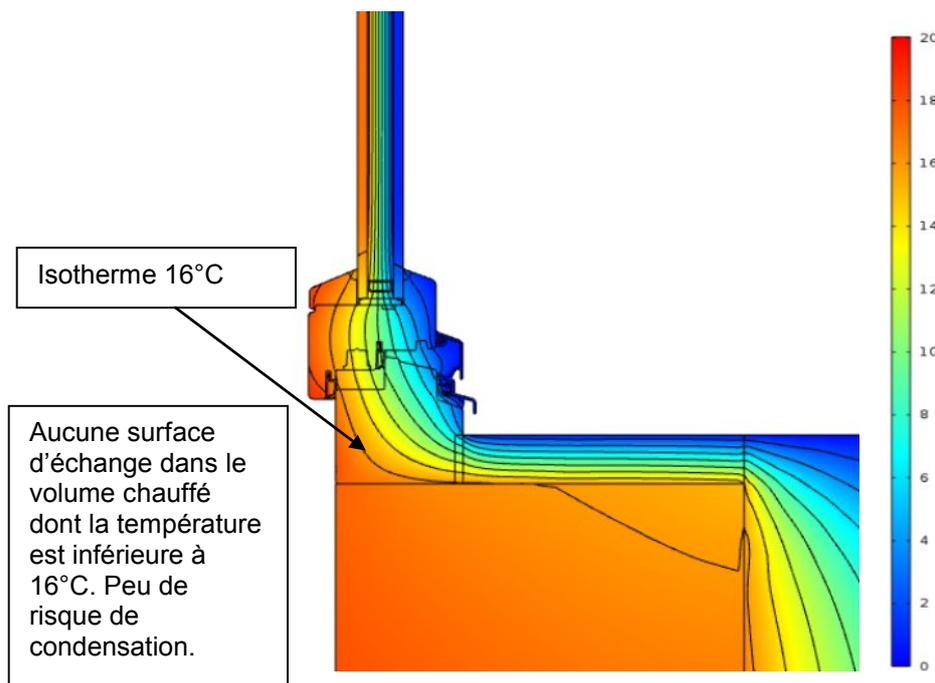


Figure 5 : Isothermes (coupe verticale / vue de côté)

4. Tableau de synthèse des indicateurs de performance dans le traitement des ponts thermiques

D3 (m)	λ Iso Tableau (W/(m,K))	R3 $m^2.K/W$	D4 (m)	Psi (W/(m,K))	F_rsi
0		0	0	1,056	0,595
0,015	0,041	0,37	0,05	0,406	0,775
0,02	0,041	0,49	0,05	0,336	0,776
0,03	0,041	0,73	0,05	0,245	0,777
0,015	0,041	0,37	0	0,363	0,776
0,02	0,041	0,49	0	0,299	0,776
0,03	0,041	0,73	0	0,215	0,777

Tableau 2 : Synthèse des résultats de l'étude de cas

En absence d'isolant, on constate que l'indicateur de risque de condensation atteint une valeur particulièrement faible ($F_{rsi} = 0.595$) au niveau des tableaux de fenêtres, traduisant un risque de condensation significatif. La valeur de pont thermique, quand à elle, est très élevée et bien au dessus des valeurs limites fixées par la réglementation pour la construction neuve ($\Psi < 0.6$ W/m.K).

Dans le cas d'un tableau de fenêtre isolé, l'indicateur de risque de condensation revient à des niveaux acceptables ($F_{rsi} = 0.77$) même avec des valeurs de résistance d'isolant basses (valeur R3 entre 0.37 et 0.73 W/m.K).

La valeur de pont thermique, quand à elle, est inférieure aux valeurs limites fixées par la réglementation pour la construction neuve ($\Psi < 0.6$ W/m.K).

5. Mise en évidence des risques de condensation

Certains documents techniques sommaires affirment que le risque de condensation est limité pour le cas sans traitement du pont thermique. La raison invoquée est que les surfaces froides évoluent peu entre la situation antérieure à la rénovation et celle après rénovation. Ceci est contredit par l'image de gauche de la figure 2 (voir ci-dessus), montrant que la température atteint plus de 18°C à mi hauteur de l'allège. Donc, à 50 cm du tableau de fenêtre, les températures de surfaces des murs isolés par l'extérieur sont à température ambiante, ce qui n'était pas le cas avant isolation.

Par conséquent, une analyse sommaire ne tient pas compte de la concentration de flux et de la réduction globale des surfaces froides dans un logement isolé par l'extérieur. Pour illustrer cela, une comparaison des visuels des flux entre une solution avec et sans traitement des ponts thermiques est présentée ci-dessous (figure 6).

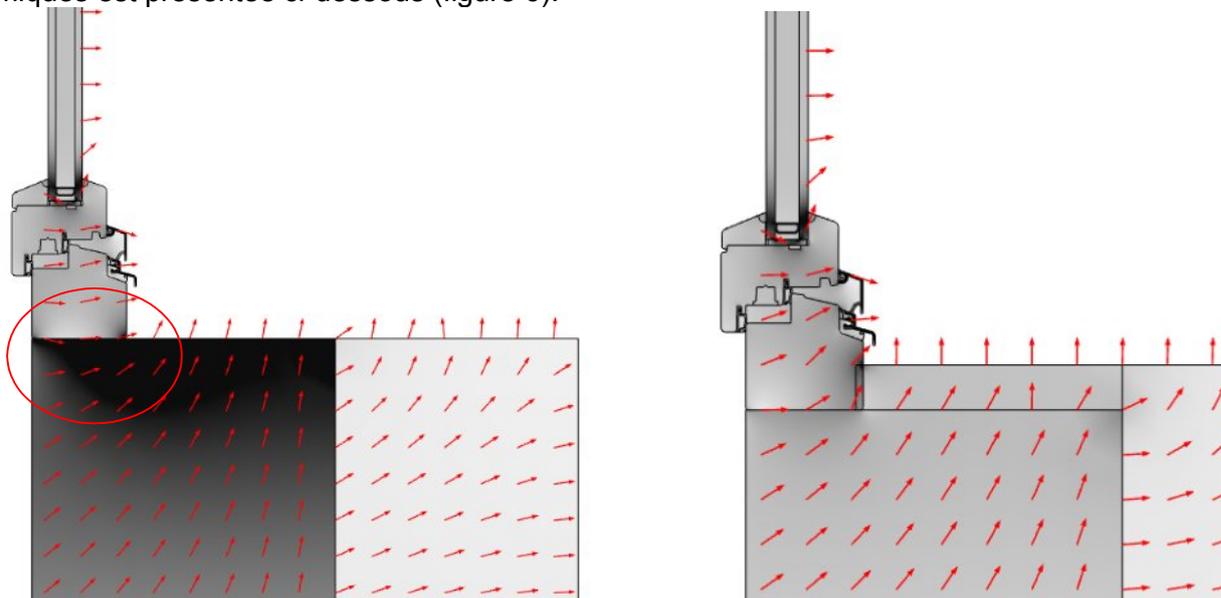


Figure 6 : Comparatif des flux thermiques (coupe verticale / vue de côté) sans et avec traitement du tableau de fenêtre

L'image de gauche montre la concentration de flux sans traitement du tableau de fenêtre. La zone sombre au niveau du rejingot présente une très forte probabilité de condensation (cf. images de la figure 7 ci-dessous), car cette zone sera très probablement l'unique surface froide des parois du logement, limitée à la périphérie du cadre de chaque fenêtre. Dès lors, si le logement ne dispose pas d'un système de ventilation efficace, l'air intérieur est susceptible de devenir très humide entraînant un fort risque de condensation sur les surfaces de parois dont la température est inférieure à la température du point de rosée.



Figure 7 : Images de condensation et moisissure en périphérie de tableau de fenêtre (source : <http://www.ponts-thermiques.be/fr/theory/risques>)

6. Conclusion

Le traitement des ponts thermiques au niveau des tableaux de fenêtre apparaît nécessaire, voire indispensable dans le cas d'une isolation thermique par l'extérieur.

Toutefois, toute opération ne traitant pas ces ponts thermiques doit effectuer une vérification de l'efficacité de la ventilation (campagne de mesures) et mettre en place le cas échéant un système de ventilation efficace dans le cadre de l'opération, assurant les débits d'air neuf suffisants pour éviter les forts taux d'humidité dans les logements.

Notons que le $F_{rsi} = 0.595$ reste bas sans isolation ; ce qui traduit un risque réel de condensation. En cas d'arbitrage budgétaire, le traitement de ce pont thermique du tableau de fenêtre est prioritaire.

Une attention particulière est à requérir auprès des maitrises d'œuvre pour que le traitement des linteaux soit très rigoureux en cas d'intégration de volets roulants.

Annexe 3 : Isolation des façades sous dalle

1. Description du cas d'étude

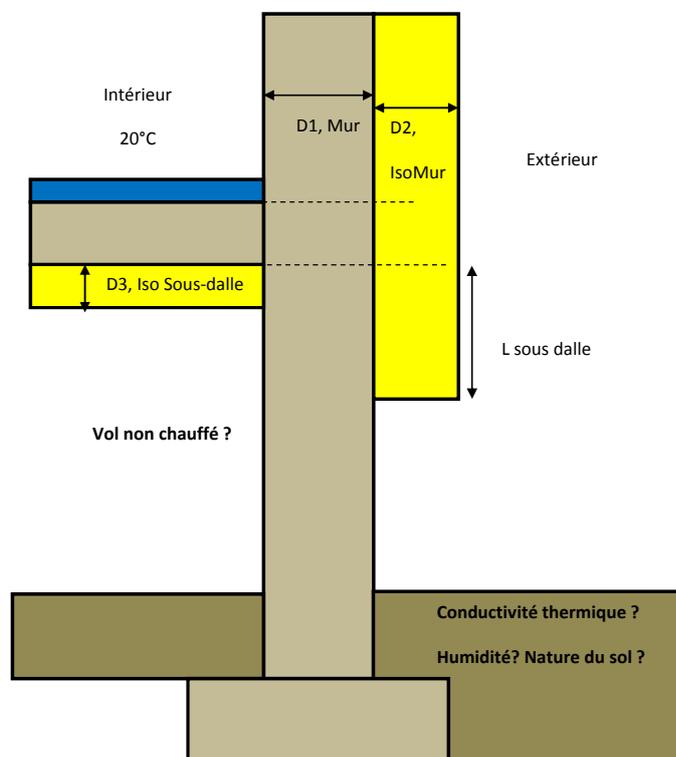


Figure 1 : Description du cas d'étude d'isolation des façades sous dalle

Comme le montre la figure 1, l'absence de maîtrise de tous les paramètres de calcul de cette configuration ne permet pas de réaliser des calculs de pont thermique et de calcul d'indicateurs respectant l'esprit des normes.

En effet, la nature même du sol au pied de la paroi opaque n'est absolument pas maîtrisée (conductivité thermique, présence d'humidité et possibles remontées capillaires, présence d'un réseau de chaleur ou de réseaux d'eau, etc..) tout comme les conditions intérieures en partie basse du volume chauffé.

Pour toutes ces raisons de non maîtrise des conditions aux limites, aucune valeur de calcul de pont thermique n'est émise pour analyser cette configuration.

2. Analyse et préconisations

Par principe, l'isolant des façades positionnées sous la dalle devra dépasser de 60 cm la face inférieure de la dalle.

Cette dimension pourra être rapportée à 30 cm dans le cas de contraintes spécifiques dûment motivées comme par exemple :

- Emprise sur l'espace public avec possible gêne à la circulation des piétons,
- Présence d'équipements techniques compliquant l'opération (grille de façade pour gaine de ventilation pour équipements techniques, etc..),
- Présence de soupiroux dont la fonctionnalité de ventilation est démontrée,

Annexe 4 : Isolation des toitures et sécurité incendie

ATTENTION : Même si l'isolant en vrac soufflé en combles est un isolant facile d'usage et d'application, il est important de bien respecter quelques règles de base et notamment au sujet de la sécurité en particulier vis-à-vis du respect de la réglementation en vigueur pour l'installation électrique. Ceci est particulièrement vrai pour les isolants comme la ouate de cellulose non combustible (classement au feu A1 ou A2).

Les principales règles de sécurité à respecter avant la pose de l'isolant en vrac soufflé en combles concernent les points suivant :

- Pour les conduits de poêles et cheminées : L'isolant ne doit pas être en contact direct avec des éléments pouvant dégager de la chaleur tels que les conduits de fumées ou hottes d'aspiration, les bobines, les transformateurs ou les moteurs. Tous ces éléments devront être coffrés à une hauteur minimum de 20% au-dessus de la hauteur de l'isolant et d'un écart minimum entre l'élément chaud et la ouate. Cette distance de sécurité et les matériaux de calfeutrage sont régis par la norme NF DTU 24.1.

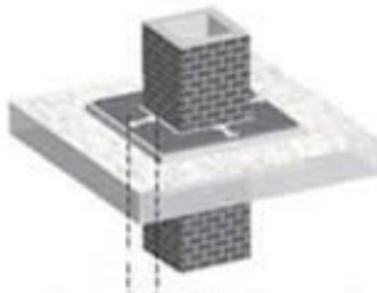


Figure 2 : Exemple de contrainte de soufflage de la ouate de cellulose pour les conduits brique simple peau (source <http://ouate-cellulose.org>)

- L'isolant ne doit en aucun cas être en contact direct avec les spots encastrés dans le plafond. Il faut donc :
 - Soit utiliser des spots comprenant un système de protection prévu à cet effet et validés pour un contact direct avec l'isolant,
 - Soit installer des capots de protection en matériau non combustible validés pour ce type d'utilisation,
 - Soit créer un espace entre la ouate et le spot lumineux. Cet espace peut être réalisé avec un plénum dans lequel le spot pourra être encastré sans risque de contact avec la ouate. La hauteur minimale de ce plénum dépend de la distance de sécurité préconisée par le fabricant du spot, et sera dans tous les cas supérieure à 10 cm,

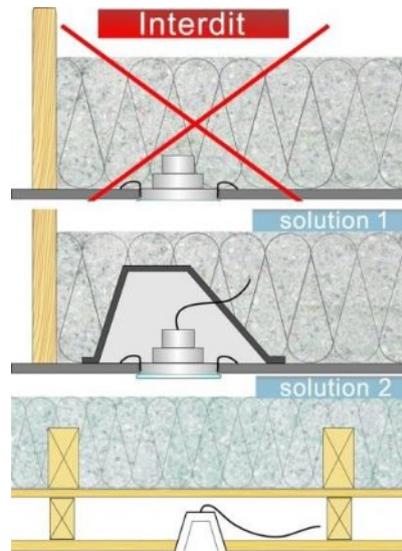


Figure 2 : Règle de sécurité concernant les spots de d'éclairage et un isolant combustible comme la ouate de cellulose (source <http://ouate-cellulose.org>)

Annexe 5 : Des avantages de l'isolation thermique par l'extérieur

Le procédé d'isolation thermique par l'extérieur offre des avantages indéniables, notamment pour améliorer le confort d'été dans les logements.

En effet, l'ITE par son principe permet de :

- Réduire les ponts thermiques du bâti au niveau des murs de refends, murs porteurs et nez de dalles principalement. Ceci a pour effet de limiter les échanges entre l'extérieur et l'intérieur (isolation thermique améliorée) et de s'affranchir de l'impact de l'irradiation solaire sur les parois opaques par rapports aux autres solutions (isolation thermique par l'intérieur (ITI) ou sans isolation),
- Lisser les pointes de chaleurs dans les logements en conservant un accès direct à l'inertie du bâti grâce à la position de la couche isolante. Couplée à une ventilation nocturne et durant les périodes de fraîcheur pour décharger la masse thermique du bâti, elle permet d'obtenir des gains supérieurs à 1°C observés expérimentalement (voir figure ci-dessous pour 2 logements similaires durant l'été 2015 à Paris)

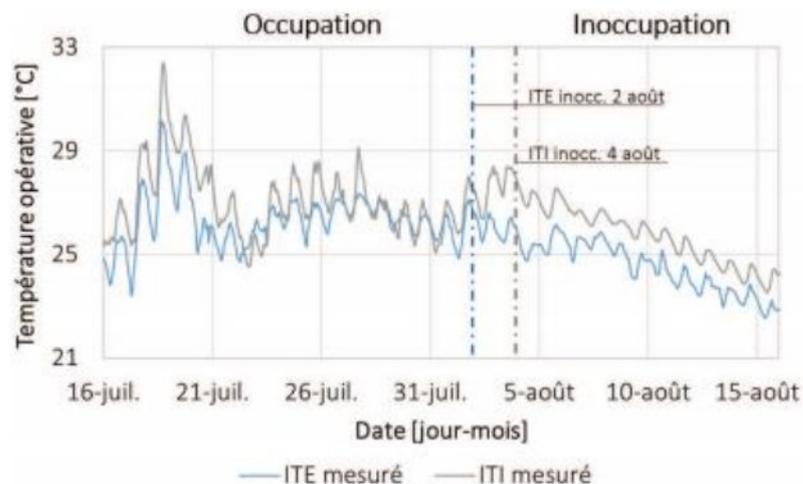


Figure 1 : Courbe comparative de 2 logements instrumentés avec procédés d'isolations ITE et ITI durant une phase caniculaire (Source : travaux de thèse Karina AZOS DIAZ MANASLU Ing. / CNAM)

- Réduire les phénomènes d'îlots de chaleur en ne stockant pas l'énergie solaire diurne dans le bâti pour la restituer la nuit comme pour les bâtiments non isolés ou avec ITI.
- Préserver les surfaces et le volume habitable des logements par rapport à l'isolation thermique par l'intérieur,
- NB : L'intervention de rénovation se fait essentiellement par l'extérieur avec un minimum de dégradation des éléments de décoration intérieure. Seules les interfaces au niveau des tableaux de fenêtre sont éventuellement à traiter au niveau du périmètre privatif.

L'isolation thermique par l'extérieur offre donc une solution performante sur le plan thermique tout en améliorant le confort d'été, en préservant le logement de toute modification notable, et avec l'opportunité de traiter conjointement le ravalement des façades

Annexe 6 : L'isolation thermique par l'intérieur

1. Introduction

L'isolation thermique par l'intérieur (ou ITI) est une solution qui consiste à renforcer la performance thermique d'une paroi du côté de la partie habitable. Ce type de solution peut s'imposer dans certains cas comme :

- L'aspect extérieur de la façade ne peut ou ne doit pas être modifiée (contraintes architecturales, façade classée, etc.),
- Le volume habitable doit être restructuré, ou une rénovation des façades intérieures est nécessaire,

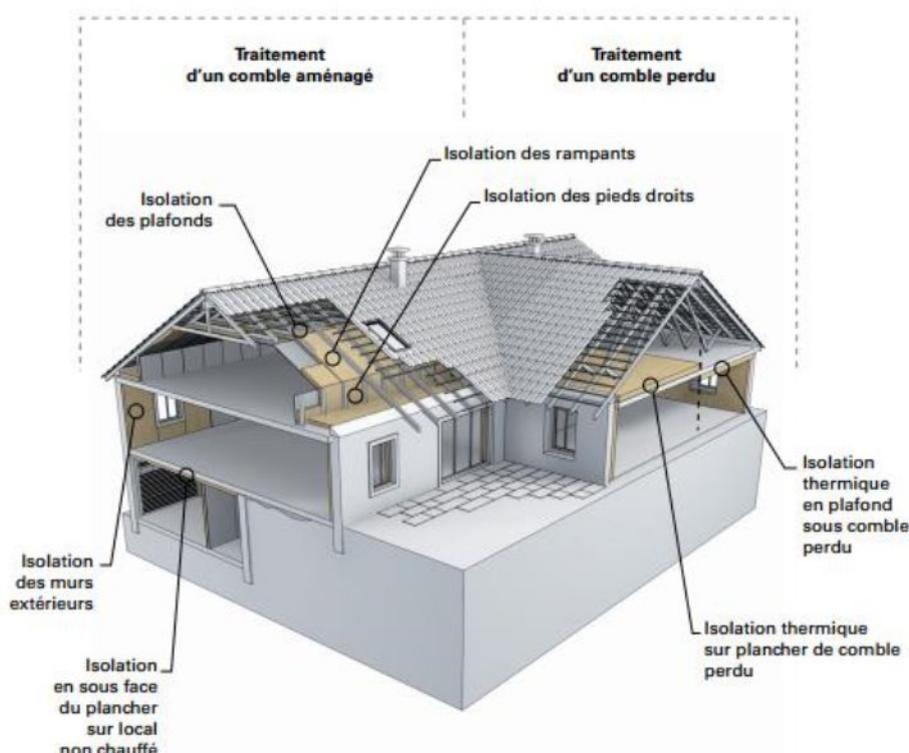


Figure 1 : Localisation des parois isolées thermiquement par l'intérieur ([source guide rage ITI Réno](#))

Toutefois, cette solution ne permettra pas d'atteindre le niveau de performance des solutions en isolation par l'extérieur, principalement en raison de la présence de ponts thermiques qu'il conviendra de traiter au mieux (localisation aux jonctions des façades avec les planchers et les refends).

2. Précautions particulières

Contribution au confort des habitations :

En hiver, l'isolation thermique par l'intérieur ne permet pas de profiter de l'inertie thermique du mur support de l'isolant et limite aux autres parois lourdes le stockage potentiel d'énergie lié aux apports solaires diurnes pénétrant via les baies vitrées.

En été, les parois lourdes sont en contact direct avec l'extérieur et stockent donc l'énergie solaire diurne, la

restituant la nuit et favorisant l'apparition d'îlots de chaleur.

De plus, l'isolant étant situé à l'intérieur, les murs du logement ne peuvent pas stocker – ou absorber – la chaleur provenant de l'intérieur, augmentant ainsi le risque de surchauffes estivales.

Enfin la difficulté de traitement de certains ponts thermiques induit la persistance de point froid, augmentant d'autant le risque de condensation.

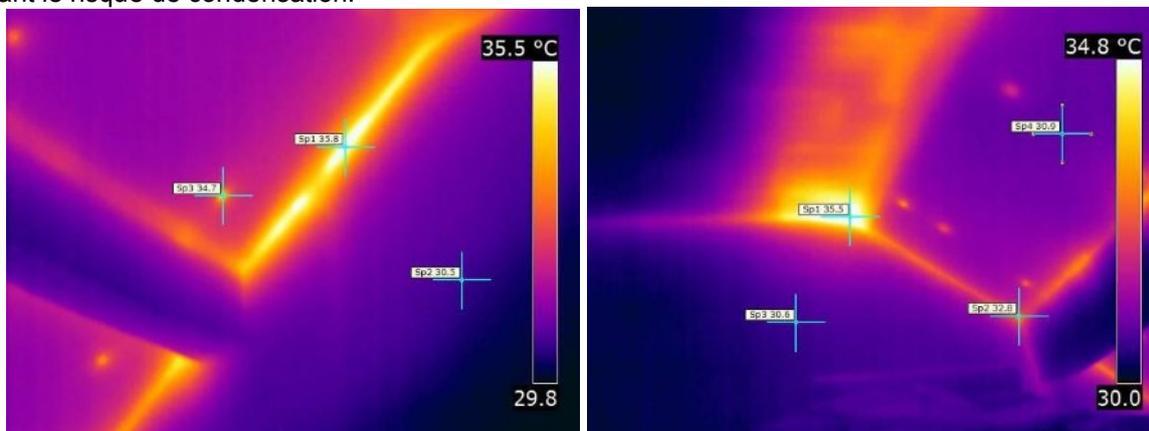


Figure 2 : Thermographie d'isolation de toitures en ITI avec ponts thermiques (source MANASLU Ing.)

Gestion de l'hygrométrie :

La gestion de la migration de vapeur d'eau à travers les parois d'un bâtiment est de première importance pour assurer la pérennité du bâti et la qualité de l'air intérieur. Pour cela, un diagnostic précis et complet de la paroi existante, y compris de l'enduit extérieur, est primordial pour évaluer ou non la faisabilité de solutions d'isolation thermique.

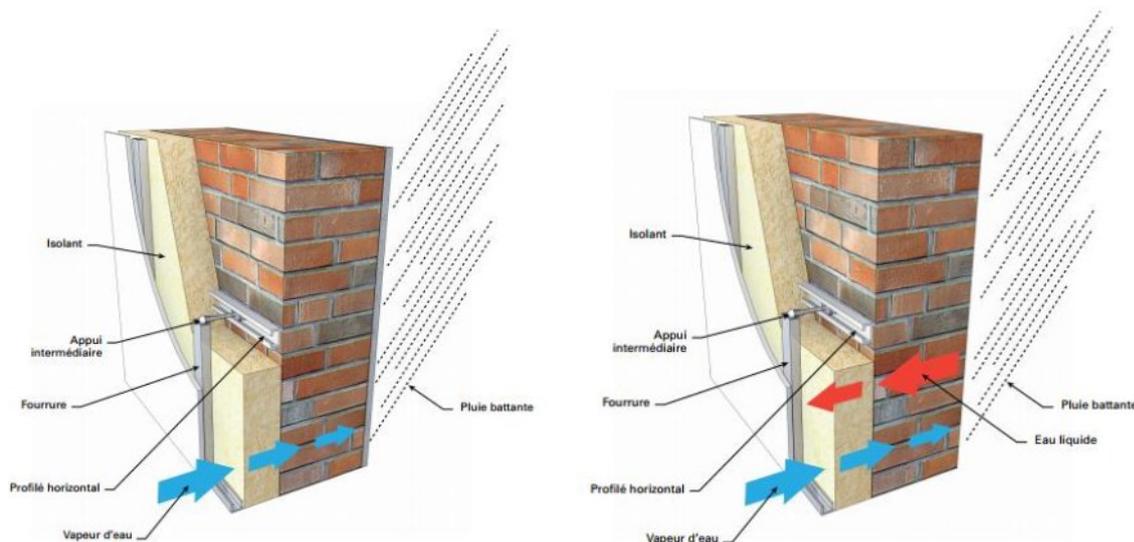


Figure 3 : Transfert hydrique à travers une paroi comportant ou non un enduit extérieur étanche à l'eau (source guide rage ITI Réno)

Dans le cas de la rénovation, les parois anciennes comportent des éléments de structure de différentes natures et dont l'association peut être variable dans l'espace de la paroi, ce qui peut fortement influencer les transferts d'humidité sous forme de vapeur ou sous forme liquide.

Dans le cas de la mise en œuvre d'une solution d'isolation thermique par l'intérieur, il est donc primordial de limiter les transferts d'humidité de l'intérieur vers l'extérieur en mettant en place une barrière physique entre

le parement intérieur et l'isolant thermique. Cet élément est appelé frein-vapeur ou pare vapeur suivant ses propriétés de résistance à la diffusion de vapeur d'eau (en $m^2 \cdot h \cdot Pa / mg$ déterminé suivant la norme NF EN 12086).

Cette précaution vise principalement à :

- Eviter la condensation sur la face interne du bâti, en face externe de l'isolant thermique (dégradation potentielle du bâti ou de la qualité de l'air intérieur cf. figure 4),
- Eviter la condensation à l'intérieur de l'isolant thermique même, dégradant ainsi ses propriétés isolantes.

La mise en œuvre de ce pare-vapeur au niveau des points singuliers doit faire l'objet d'une attention particulière.



Figure 4 : Image d'une face intérieure de toiture avec pose d'ITI sans pare-vapeur (source MANASLU Ing.)

Conclusion :

La maîtrise des problématiques liées à la mise en œuvre de l'ITI demande une haute technicité contrairement à la perception commune de simplicité et de faible coût. Par conséquent, un diagnostic complet des parois opaques, avec étude de la nature de l'enduit extérieur est recommandé avant d'opter pour une solution technique d'isolation par l'intérieur.

Annexe 7 : Les isolants minces

1. Introduction :

Ces produits se présentent sous forme de plusieurs couches de matériaux opaques de deux natures différentes. Le plus souvent, les couches extérieures et intermédiaires sont des feuilles « aluminisées » réfléchissant le rayonnement thermique. Les couches intermédiaires sont constituées de matériaux isolants en fines couches (divers matériaux d'origines multiples sont proposés à la vente comme des feutres d'origine végétale, animale, ou de synthèse : polyéthylène à bulles, etc..).

2. Précautions particulières

Les isolants minces sont très souvent présentés comme des solutions alternatives aux matériaux isolants classiques et biosourcés, avec tous les avantages, et sans aucun inconvénient.

Bien que la propriété rayonnante thermique ne puisse être remise en cause, il est important de rappeler que la majorité des échanges du bâtiment avec son environnement s'effectue sous forme de conduction thermique. Sur ce plan, les matériaux du type isolant minces sont médiocres et ne satisfont pas aux besoins de performance visés dans le cadre de Mur/Mur. De plus, il convient également de noter que ces isolants sont légers et présentent donc une très faible inertie thermique, ne laissant espérer aucune garantie quelconque sur le plan du confort d'été.

Leur usage en écran sous-toiture est également à éviter compte tenu d'une forte étanchéité du produit à la vapeur d'eau. Une utilisation non pertinente ou de mauvaises conditions de mise en œuvre peuvent conduire à des désordres (mauvaise ventilation des charpentes ou des ossatures bois de maisons), voire des pathologies importantes.

Au regard des risques encourus (condensation et humidification) en cas de mise en œuvre hasardeuse sur l'enveloppe de bâtiments qu'ils sont destinés à « renforcer », le CSTB n'a attribué à ces produits des avis techniques qu'en tant que «complément d'isolation». A utiliser donc en renfort d'isolants conventionnels et non pas seuls, avec comme contraintes principales :

- Vérification de la compatibilité de l'isolant mince avec l'isolation complémentaire,
- Mise en œuvre de ces produits avec la création d'une, voire de deux lames d'air non ventilées suivant l'Avis Technique,

Nota bene :

L'industriel ACTIS, pionnier dans le domaine des isolants minces pour le secteur du bâtiment vient d'obtenir l'éligibilité au CITE pour un de ses produits isolants, le TRISO-SUPER 12 BOOST'R. La résistance thermique obtenue en laboratoire suivant la norme NF EN 16 012 est supérieure à 6 m²K/W avec un inconvénient majeur : l'épaisseur du complexe isolant est de 250 mm.

ATTENTION :

Une utilisation non pertinente ou des mauvaises conditions de mise en œuvre de ces produits sont susceptibles d'entraîner des désordres et des pathologies graves.

Annexe 8: Ventilation et qualité de l'air

1- Points de vigilance sur le choix des systèmes de ventilation :

- Cohérence ventilation / étanchéité à l'air : le système de ventilation a pour fonction d'assurer la pérennité du bâti et une qualité de l'air correcte. Pour cela, les débits réglementaires retenus pour la conception et l'exécution (DTU 68-1 et 68-2) permettent de réduire principalement les risques de pollution en gaz carbonique (CO₂) et les forts taux d'humidité. Il est important de souligner qu'un système de ventilation n'est efficace que si les zones du bâtiment sont correctement balayées, ce qui signifie que l'air neuf circule bien de la bouche d'entrée d'air à la bouche d'extraction. Pour cela, tout défaut d'étanchéité à l'air du bâti agira comme élément parasite pour assurer le bon balayage avec des débits corrects. De plus, l'air neuf introduit dans le bâtiment par les défauts d'étanchéité est susceptible de se charger en polluant (poussière, moisissure, etc..), dégradant ainsi la qualité de l'air intérieur.
- Faisabilité de la double-flux avec les configurations de nos bâtiments : un système de ventilation double-flux nécessite l'installation de conduits de soufflage dans les pièces de vie et de nuit et de reprise dans les pièces humides. La problématique d'installation est critique dans le cas de la rénovation, car ces conduits de soufflage et de reprise doivent tous converger vers l'échangeur assurant la récupération de chaleur sur l'air extrait. La mise en œuvre peut alors s'avérer complexe : pas de faux plafond pour intégrer les conduits de ventilation, peu de place pour installer le caisson intégrant les ventilateurs et l'échangeur thermique, complexité pour assurer une prise d'air en respectant les règles de sécurité incendie. Enfin, sous nos latitudes, l'efficacité globale du système n'est garantie qu'à condition d'avoir une enveloppe du bâtiment au niveau passif sur le plan de l'étanchéité à l'air, et des consommations liées à la ventilation très basse (faible puissance électrique spécifique de ventilation (ou SFP pour Specific Fan Power), et peu de pertes de charge réseau d'où des sections de conduit élevées),
- Qualité de l'air et problématique de maintenance : Le système de ventilation n'est efficace que si les zones du bâtiment sont correctement balayées. Par conséquent, les bouches d'entrée d'air neuf et d'extraction doivent être entretenues avec un nettoyage régulier. A l'apparition de traces d'encrassement, il convient de procéder à un nettoyage à l'eau pour éviter de colmater les orifices.
Dans le cas d'une ventilation double flux, il faut également veiller à changer régulièrement les filtres (tous les six mois environ) et à nettoyer le réseau de soufflage (tous les cinq ans environ).
- Aspects acoustiques : les bouches d'entrée d'air neuf des ventilations présentent des caractéristiques d'affaiblissement acoustique. La caractéristique d'isolement minimum est de 30 dB (imposée par l'arrêté du 30.06.99, en application de la loi N° 92-1444 du 31.12.92), avec des contraintes plus sévères dans les zones affectées par le bruit au sens de la loi. Pour répondre aux exigences de base, les entrées d'air en menuiserie (mortaise), ou en coffrets de volet roulant sont adaptées. En revanche, pour des caractéristiques d'isolement acoustique plus exigeantes que 42 dB, les solutions en tapée ou en maçonnerie sont plus adaptées.

2 - Qualité de l'air et VMC Hygroréglable de type B :

Le système de ventilation a pour fonction d'assurer le renouvellement d'air des logements en vue d'assurer une qualité de l'air convenable. Les indicateurs de dégradation de cette qualité de l'air sont :

- Le CO₂ généré par le métabolisme des occupants ou les systèmes de cuisson et de production de chaleur basés sur la combustion,
- La vapeur d'eau générée par le métabolisme des occupants, la cuisson, et le sous tirage d'ECS,
- Les Composés Organiques Volatiles (COV) relâchés par les équipements des logements ou par les usages (mobilier, décoration, produits de nettoyage, déodorisant,...)

Seuls ces derniers polluants ne peuvent servir de base fiable de comparaisons en l'état, car leurs niveaux sont très dépendants des sources potentiellement présentes dans le logement (nature du mobilier, des peintures etc..). Par conséquent, le CO₂ et l'hygrométrie restent des indicateurs relativement fiables de qualité de l'air en vue d'une comparaison objective des performances des systèmes de ventilation.

Notons que la solution de ventilation hygro-réglable de type B est souvent mise en avant pour ses performances sur le plan énergétique. Toutefois, rappelons que ce principe de régulation est basé sur les lois suivantes :

- Haut débit en cas d'hygrométrie élevée dans le logement (supérieure à 70%),
- Bas débit en cas d'hygrométrie basse dans le logement (inférieure à 30%),
- Débit intermédiaire entre 30 et 70% suivant une croissance linéaire,

Quelles réponses techniques à ces besoins ?

3 – La ventilation hygro-réglable

Principe de la ventilation hygro-réglable : ne ventiler à plein régime qu'en présence des occupants. Réguler le débit extrait en fonction de l'hygrométrie intérieure.

Le débit moyen théorique est d'environ 0,3 vol/h, et c'est en réduisant le débit d'air que la ventilation hygro-réglable fait des économies d'énergie.

CONCLUSION : la ventilation hygro-réglable ne permettra jamais de fournir 0,6 vol/h, valeur minimale définie pour maintenir les concentrations de CO₂ et de formaldéhyde.

Il faut donc abandonner la ventilation hygro-réglable. Et vite...

Figure 10 : Formation ENERTECH (source ASDER)

La VMC Hygro B réduit très sensiblement les débits en hiver, tout particulièrement la nuit pour les raisons suivantes :

- Air froid et sec à l'extérieur qui alimente les zones des pièces sèches (bouches d'admission au débit minimal).
- Pas de sous tirage d'ECS et dégagements de vapeur limité au métabolisme ralenti des occupants durant leur sommeil (débit minimal),

Comme le rapport ASPA, cité en source bibliographique, le met en évidence, pour des logements équipés de VMC Hygro B, des concentrations élevées de CO₂ dans les chambres, en particulier la nuit, et des hygrométries élevées en hiver dans les pièces chauffées (cf. image ci-dessous) sont mesurées in situ.

	ppm	moyenne	max
LOGT 5	ETE	439	733
	chambre	453	1044
HIVER	salon	884	1779
	chambre	1075	1987
LOGT 6	ETE	484	891
	chambre	502	1225
HIVER	salon	582	838
	chambre	704	1050
LOGT 7	ETE	424	1094
	chambre	440	838
HIVER	salon	793	2705
	chambre	1035	2668

Tableau 10 : moyennes et maxima des teneurs en CO₂

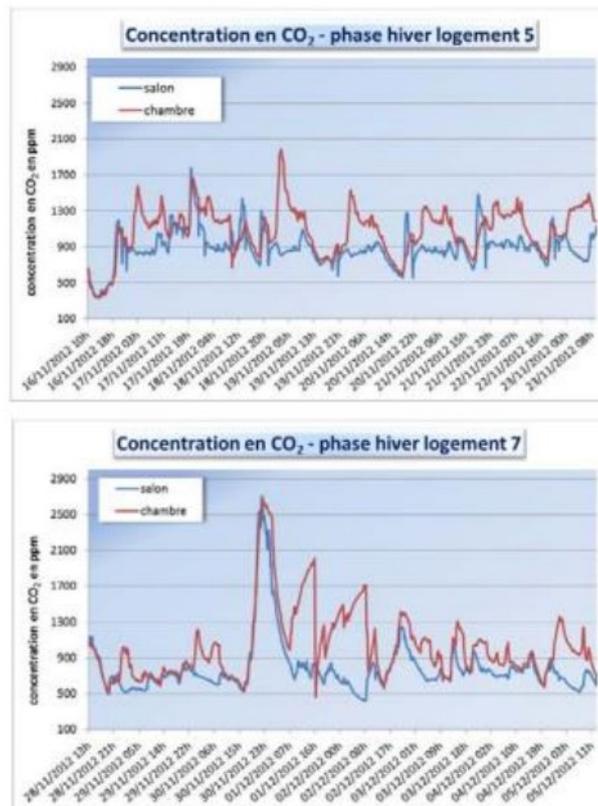


Figure 8 : évolutions temporelles des teneurs en CO₂ pour les logements 5 et 7 en hiver

Figure 11 : Résultat d'une campagne de mesure de Qualité d'Air Intérieur (source ASPA)

Par conséquent, pour le confort des occupants, les systèmes de VMC de type Hygro B sont à proscrire (taux de CO₂ trop élevé, avec débit trop bas pour évacuer les éventuels polluant intérieurs).

Préconisation : Les solutions hygroréglable de type A ou autoréglables sont à privilégier en cas de ventilation simple-flux par extraction.

Annexe 9 : Les systèmes de production de chaleur

1. L'évolution de la réglementation

Toutefois, la Directive Européenne Ecoconception (ou Eco-design) visant à la disparition du marché des appareils de chauffage à fort impact environnemental, est entrée en vigueur.

Avec le gaz, les chaudières basse température (hors type B1 - appareil avec coupe tirage - bénéficiant pour l'instant d'une exception) seront dans l'incapacité d'atteindre les exigences minimales fixées par la directive ce qui les exclue du marché.

Les chaudières basse température au fioul les plus performantes, bénéficiant de rendements conformes à la directive continueront d'être autorisées à la vente.

La directive Ecoconception est aussi associée à une autre directive dite « Labelling 2010/30/EU » (ou étiquetage énergétique) qui est entrée en vigueur le 26 septembre 2015, et qui impose une étiquette énergie sur les appareils thermiques seuls, combinés ou assemblés (ex. chaudière combiné gaz condensation solaire). Le classement le plus défavorable sera identifié « G » (ex. chaudière électrique) et le plus économe « A++ ». Les meilleures chaudières basse température se retrouveront en classe « B », tandis que les chaudières à condensation gaz ou fioul se placeront en « A » ou « B »



Figure 2 : Etiquettes énergétiques en fonction des types de générateurs de chaleur

2. Les générateurs de chaleur

Chaudières traditionnelles :

On parle de "chaudière traditionnelle" en opposition aux "chaudières à condensation" car elles sont conçues et exploitées de manière à éviter la condensation des fumées. Pour cette raison, elles présentent un moins bon rendement que les "chaudières à condensation", et délivrent une eau de chauffage à haute température adaptée aux radiateurs en fonte et en acier. Le rendement de combustion de ces chaudières est dépendant du choix du brûleur et de son réglage.

Ces équipements ne sont pas adaptés aux enjeux MUR/MUR et doivent être remplacés sauf à quelques exceptions les plus performantes.

Les chaudières à condensation

Le principe de la chaudière à condensation est de récupérer l'énergie de la vapeur d'eau contenue dans les fumées en la faisant changer d'état, de gaz à liquide (entraînant ainsi un gain sur la chaleur latente). Cette récupération permet également de réduire la température des fumées en augmentant les surfaces d'échange (gain sur la chaleur sensible).

La technique de la condensation est principalement utilisée dans les chaudières gaz, car dans le cas du fioul le gain en performance est moins attractif car la température de condensation des fumées est plus élevée, et leur teneur en vapeur d'eau est plus faible que pour le gaz donc il y a moins d'énergie à récupérer.

Pour garantir un bon niveau de performance, une chaudière à condensation doit être alimentée avec une eau à basse température, car plus la température d'eau de retour est froide, plus la quantité de fumée condensée est importante et meilleur est le rendement.

Les chaudières à bois

Les chaudières à bois sont généralement conçues et exploitées de manière à éviter la condensation des fumées, avec la difficulté de devoir alimenter le foyer avec un combustible solide.

Il convient de bien différencier les 3 types de combustibles disponibles sur le marché : le granulé ou pellet, la plaquette forestière, et le bois buche.

ATTENTION PARTICULIERE La difficulté de devoir réguler la combustion avec un combustible solide induit la nécessité de disposer d'un ballon tampon entre la chaudière et la distribution pour garantir un fonctionnement stabilisé du bruleur quelque soit le mode d'alimentation (pellet, granulé ou buches).

La nature du combustible solide induit un impact très lourd sur l'organisation des locaux techniques du fait d'un contenu énergétique faible du bois en comparaison avec le fuel et le gaz, mais aussi sur le rendement et les émissions de polluants. Ce vecteur est adapté au cas de la MI suivant différentes conditions en fonction du combustible.

Le poêle d'appoint (bûche ou granulé) ou cheminée à insert

Ce procédé permet de suppléer un système de chauffage peu performant, tant sur le plan économique qu'énergétique, ou sur celui du confort, en particulier quand aucun système de distribution hydraulique ne permet une substitution à coût acceptable du système préexistant.

Les précautions particulières à prendre en considération sont les suivantes :

- Choisir un poêle à granulé avec un foyer étanche à l'air, disposant de performances équivalentes au label flamme verte (6 étoiles à minima). La chambre de combustion ne prélève pas d'air dans l'habitat, et les portes sont étanches à l'air (cf. [liste des équipements étanches du CSTB](#) et suivant norme NE EN 147 85).
- L'alimentation en air neuf du foyer doit être réalisée avec de l'air extérieur via un conduit spécifique étanche donnant soit sur le vide sanitaire, soit dans le garage, soit à l'extérieur. Dans les deux premiers cas, la ventilation des locaux devra être suffisante (ou adaptée si nécessaire) - voir prescriptions du DTU 24.1,

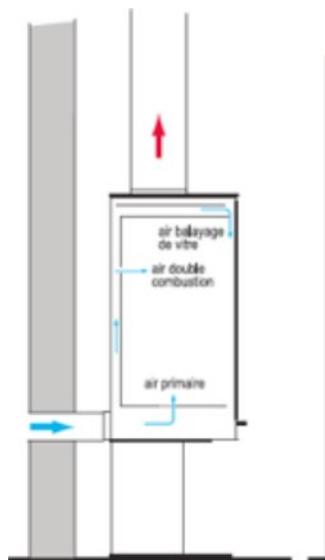


Figure 2 : Image de poêles alimenté par un conduit en air neuf spécifique (source http://conseils-thermiques.org/contenu/guide_chauffage_bois.php)

- La puissance doit être adaptée aux performances thermiques de l'enveloppe de la zone à chauffer,
- Les systèmes présentant un minimum d'inertie thermique et privilégiant le rayonnement seront à préférer aux systèmes en métal favorisant la convection naturelle et augmentant le phénomène de stratification dans les pièces. Ceci améliorera très sensiblement le confort ressenti des occupants pour la même quantité d'énergie libérée,
- Les systèmes à feu continu sont fortement déconseillés, induisant émission de particules et risque de feu de cheminée avec génération de bistre. Les poêles et inserts ne doivent que très rarement fonctionner au ralenti pour les mêmes raisons.
- La qualité du combustible est essentielle (séchage et essence du bois) pour assurer rendement énergétique, bas niveau d'émission de particules et limitation du risque de création de bistre.

Les pompes à chaleur

La pompe à chaleur est une machine thermodynamique permettant d'extraire l'énergie d'une source du type air, eau ou sol pour la transférer dans un local, ici des logements. Les pompes à chaleur sont caractérisées par la nature du fluide qui opère le transfert de chaleur et par la nature de la source.

Il est important de prendre garde aux valeurs de rendement annoncées par les fabricants de matériels qui sont très souvent issus de test normalisés non représentatifs des conditions d'usage. De plus, une parfaite maîtrise des consommations d'auxiliaires et les éventuels court-cycles est indispensable pour garantir un niveau de performance énergétique correspondant aux attentes.

3. Les circuits primaires et la distribution

Dans les installations de maisons individuelles, la distribution d'eau chaude de chauffage peut prendre diverses configurations suivant la nature du générateur de chaleur et suivant celle des émetteurs dans le logement. Les circuits doivent être adaptés également à la possible production centralisée d'eau chaude sanitaire.

Par exemple, une chaudière à condensation n'est efficace que si elle est alimentée avec une eau à basse température, en tout cas inférieure à la température de rosée des fumées (cf. descriptif ci-dessus). Plus la température d'eau de retour est froide, plus la quantité de fumée condensée est importante et meilleur sera le rendement. Par conséquent, il convient donc d'adapter le circuit pour préserver ces conditions de

fonctionnement.

De plus, l'eau chaude circule grâce à des pompes de circulation qui peuvent devenir énergivores si elles sont mal choisies et mal réglées. Il convient donc de prendre soin de choisir des pompes performantes permettant de fonctionner à vitesse variable afin de réduire autant que possible les consommations électriques spécifiques.

Enfin, un équipement de régulation doit être intégré pour réguler la température de distribution (ou circuit secondaire) aux besoins de chauffage en fonction de la température extérieure. Ceci peut être assuré par une vanne 3 voies.

Les émetteurs

Dans le cas d'un système de chauffage central en maisons individuelles, les émetteurs de chaleur sont généralement du type radiateur en fonte ou en acier. Ces éléments émettent la chaleur par convection et par rayonnement avec une répartition qui dépend du type de radiateur et de la température du fluide caloporteur.

Les radiateurs en fonte présents dans les anciennes installations ont une forte inertie thermique et émettent principalement par rayonnement.

Les radiateurs en acier ou en aluminium ont une très faible inertie et présentent une part majeure d'émission par convection.

La plupart des fabricants de radiateurs indiquent la puissance d'émission pour un régime d'eau de 75°/65° pour une température intérieure de 20°C. En fonctionnement, ce niveau de température est rarement atteint sauf en période de très grand froid, (cf. la régulation) et les puissances réellement disponibles sont bien en deçà de cette valeur.

Toutefois, en cas d'installation d'une PAC comme générateur de chaleur, il est important de préciser que le régime d'eau ne dépassera pas 55°C, et ce avec un COP très dégradé. Il convient donc de s'assurer que la puissance des émetteurs sera adaptée à ce nouveau type de génération pour assurer le confort des occupants.

Une alternative courante dans le cas des maisons individuelles est le chauffage par le sol avec un plancher chauffant. Ce dernier fonctionne grâce à une conduite d'eau chaude qui parcourt la chape de plancher suivant un maillage plus ou moins serré, la température d'eau ne devant pas dépasser 28°C (contrainte réglementaire NF DTU 65.14 P1). Un plancher chauffant émet environ les 2 tiers de la chaleur par rayonnement.

Ce dispositif offre l'avantage de disposer d'une chaleur douce mais ne permet pas une régulation simple et facile. Il y a de plus un fort risque de surchauffe et l'impossibilité d'obtenir effectivement des réduits durant la nuit de manière efficace en raison de l'inertie de l'émetteur par rapport à la période de réduit ciblée.

4. La régulation

La régulation d'un système de chauffage peut intervenir à deux niveaux différents :

- Au niveau du système de génération en contrôlant la température du fluide distribué,
- Au niveau des systèmes d'émission de chaleur en contrôlant le débit du fluide distribué.

La régulation d'un système de chauffage central doit permettre à minima de garantir les bonnes conditions de fonctionnement du système de génération de chaleur (chaudière, PAC..).

Tout d'abord, le brûleur de la chaudière peut être modulant pour adapter la puissance délivrée aux besoins du bâtiment, la puissance de la chaudière étant dimensionnée pour garantir le confort pour des températures hivernales extrême (aux environs de -10°C en France).

Afin de réduire autant que possible les consommations énergétiques, il est à minima nécessaire de mettre en œuvre une régulation de la température d'eau en fonction de la température extérieure mesurée par une sonde extérieure. Cette régulation suivant une courbe de chauffe dépend des propriétés thermiques du bâtiment à chauffer, de la nature des émetteurs de chaleur et du niveau de confort souhaité.

Ce type de régulation permet de réduire les températures de fonctionnement des chaudières et d'améliorer les rendements saisonniers. Il faut toutefois prendre soin de respecter les conditions de fonctionnement suivant le type de chaudière. Par exemple une chaudière classique ne peut accepter des températures de retour inférieures à 50°C sans risque de condensation préjudiciable.

En supplément, un abaissement de la température du fluide caloporteur durant la nuit est également pratiqué avec un thermostat d'ambiance unique dans la zone de vie (séjour) mais ne se révèle pas toujours efficace, car cela a pour objectif de réduire les températures ambiantes dans les pièces. En effet, ceci est efficace, si et seulement, les émetteurs disposent de régulateur de confort qui suivent pas les mêmes règles de programmation (voir ci-dessous).

La régulation des émetteurs :

La régulation des températures d'ambiance est mise en œuvre généralement à partir de vannes qui limitent le débit de fluide caloporteur dans les systèmes d'émission de chaleur. Pour un système de chauffage central en maisons individuelles, l'organe le plus souvent installé est soit le robinet thermostatique, soit le thermostat d'ambiance (avec une seule zone).

Le robinet thermostatique

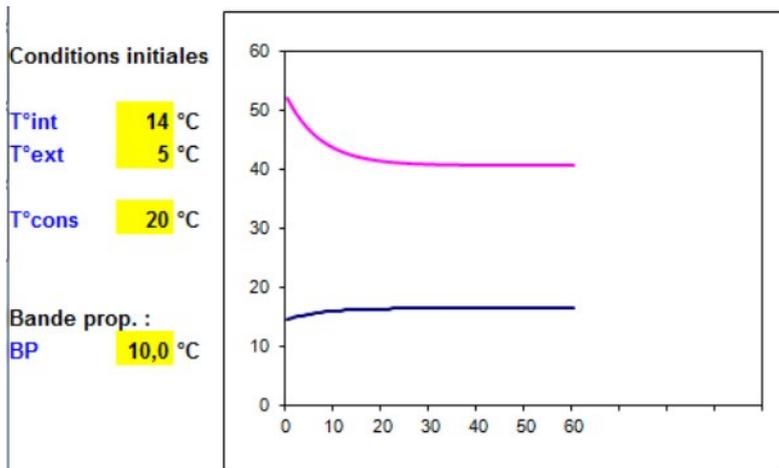
Généralement, le robinet thermostatique est logé dans la poignée de la vanne des radiateurs localisés dans les pièces sans thermostat d'ambiance. La consigne d'un robinet thermostatique doit être réglée à la température de consigne désirée par les occupants, la vanne travaillant toute seule pour maintenir cette consigne en continu.

Les vannes thermostatiques doivent mesurer une température la plus représentative de la température réelle du local. La tête de la vanne, comprenant l'élément thermostatique, ne doit pas être échauffée par le corps de chauffe, ce qui en pratique est très difficile à réaliser.

De plus, il est important de souligner l'importance de la bande proportionnelle sur le temps de réponse d'un robinet thermostatique

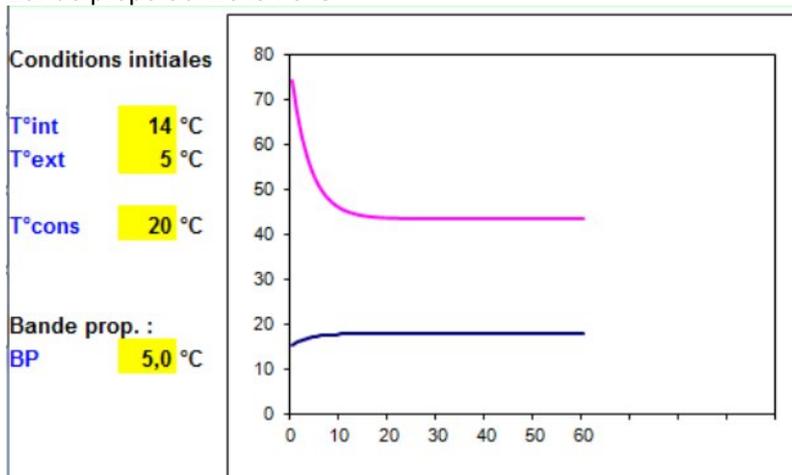
Voici différents cas de temps de réponse d'un robinet thermostatique pour les mêmes conditions de température (température du fluide caloporteur de 40°C) et de consigne mais avec différentes caractéristiques de bande proportionnelle :

Bande proportionnelle : 10°C



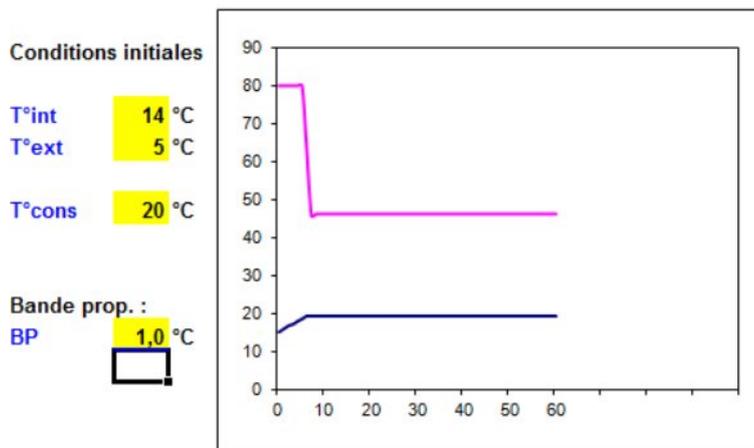
→ Temp. du local après 1 heure : 16,5 °C
La consigne n'est jamais atteinte.

Bande proportionnelle : 5°C



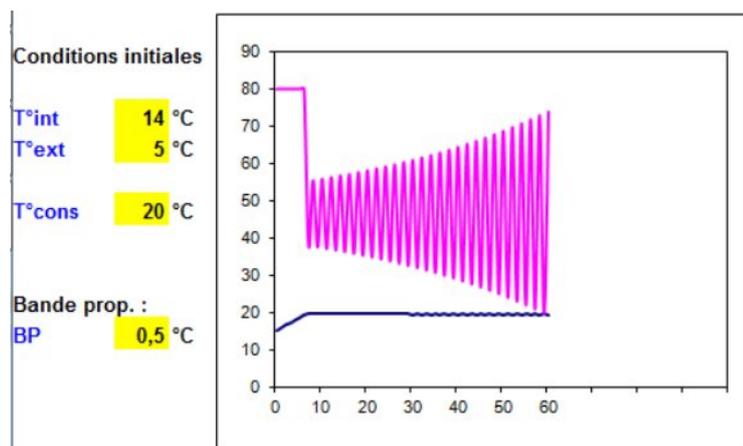
→ Temp. du local après 1 heure : 18,0 °C
La consigne n'est pas atteinte après une heure.

Bande proportionnelle : 1°C



→ Temp. du local après 1 heure : 19,6 °C
 La consigne est quasiment atteinte en une heure.

Bande proportionnelle : 0.5°C



→ Temp. du local après 1 heure : 20,0 °C
 La consigne est atteinte en une heure mais le système oscille et est instable.

Pour rappel, la régulation par robinet thermostatique est seulement proportionnelle, et ne dispose pas de composante intégrale. L'erreur statique n'est donc pas nulle avec certitude malgré la présence d'un organe de régulation.

Le choix du robinet thermostatique devra faire l'objet d'un soin particulier pour disposer d'un temps de réponse adapté aux objectifs de confort et de performance énergétique avec une bande proportionnelle entre 0.5 et 2°K.

Enfin, un robinet thermostatique ne permet pas d'effectuer automatiquement des réduits durant les périodes d'occupation, d'où un risque réel de surconsommation pour les logements à occupation irrégulière, type famille avec parents actifs et absents durant les jours de semaine.

Bien que son usage soit généralisé, ce type de solution est déconseillé et les solutions ci-dessous doivent être préférées.

Le robinet thermostatique à sonde à distance

Afin de mesurer une température représentative de la pièce et d'éviter d'être influencé par le corps de chauffe, la sonde de température peut être déportée. En effet, un robinet thermostatique va difficilement mesurer de façon fidèle la température ambiante du local, la vanne étant inévitablement influencée par la chaleur dégagée par le radiateur, par la température de son eau, par le rayonnement froid d'un mur, ...

Ce principe permet une régulation plus fine des conditions de confort mais reste limitée sur le potentiel de programmation horaire suivant l'occupation des zones des logements.



Robinet thermostatique avec sonde déportée

Ce type de solution est préconisé avec une attention particulière sur l'emplacement de la sonde qui doit être représentative du confort souhaité, et ne pas être perturbé par des apports de chaleur parasites (tache solaire, émetteur de chaleur local, ..)

Le robinet thermostatique à programmation horaire

Certains modèles de robinets disposent d'un système à programmation horaire. Pour cela, une résistance électrique sur pile et commandée par horloge trompe la vanne qui se referme en période d'inoccupation, suivant la programmation horaire effectuée.



Robinets thermostatiques avec programmation horaire

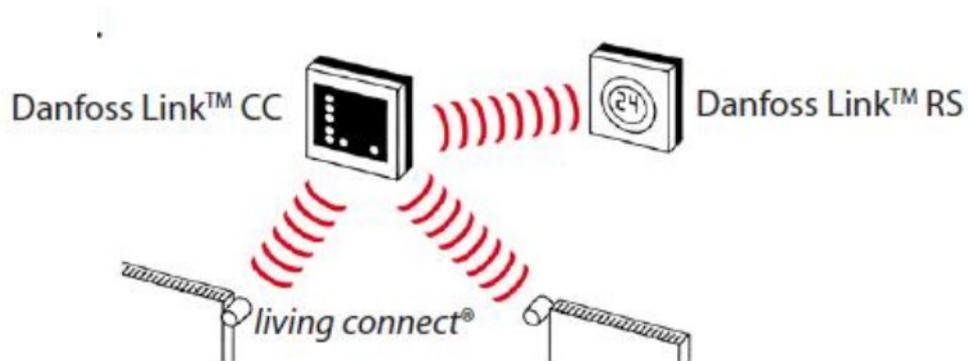
Cette solution offre l'avantage de réduire la consommation énergétique en l'absence des occupants. Il faut toutefois noter que la nécessité de programmer le robinet et remplacer la pile induit des risques notables d'inefficacité de cette solution.

Le robinet thermostatique avec pilotage à distance

Afin de permettre une centralisation des consignes et de la programmation des températures ambiantes, certains industriels ont développé des solutions intégrant le pilotage à distance des robinets thermostatiques.

Une telle solution permet de programmer en un seul point les températures de consigne et les plages

horaires en multizones.



Le robinet thermostatique avec pilotage à distance et programmation centralisée (type DANFOSS Living)

Cette solution peut utiliser la mesure du thermostat d'ambiance et intégrer une fonction anti-grippage. Il est même possible d'intégrer une fonction de détection d'ouverture des fenêtres sur une chute rapide de la température d'air.

Une option permet de programmer à distance les robinets thermostatiques à l'aide d'une tablette PC ou d'un smart phone.

Glossaire

ACERMI

Association pour la Certification des Matériaux Isolants

ATE

Agrément Technique Européen

Balcon

Un balcon est une plate-forme en saillie de la façade, limitée vers l'extérieur par un ouvrage vertical formant un garde-corps ; le balcon se trouve en console à partir de la façade. Le sol d'un balcon peut recevoir un revêtement d'étanchéité ou ne pas en comporter. Le terme balcon couvre également ici celui de coursive. Un balcon peut être désolidarisé. Dans ce cas, il est posé sur deux poutres consoles sortant en saillie en continuité des poutres du bâtiment.

ITE / ETICS

Isolation Thermique par l'Extérieur et sa traduction anglaise External Thermal Insulation Compound System.

Lambda, λ

Conductivité thermique (exprimée en W/m.K). Capacité d'un matériau à permettre le passage des calories. Elle est caractéristique de la nature du matériau. Pour un isolant, plus cette valeur est faible, plus le matériau sera performant à épaisseur égale.

Masse Combustible Mobilisable (MCM)

Quantité de chaleur susceptible d'être dégagée par la totalité des matériaux constituant une surface de référence lors de sa participation à un incendie (stores extérieur exclus). Les couches combustibles protégées du feu extérieur par un écran coupe feu de degré 1/2h ne sont pas comptées

La noue

Ouvrage d'étanchéité d'un angle rentrant, ou pièce d'angle qui compose cette étanchéité. La noue étant la partie d'une toiture qui reçoit le plus d'eau (elle canalise l'eau s'écoulant de deux versants), elle doit être traitée avec un soin particulier (Source : © [Dicobat](#))

Perméabilité

Aptitude d'un corps à se laisser traverser par un gaz ou un liquide (air, vapeur d'eau, eau liquide, etc.). La perméabilité est égale au produit de la Perméance par l'épaisseur du matériau. Elle est couramment quantifiée par la valeur μ (μ = perméabilité de l'air/perméabilité du matériau) ou par la valeur Sd (épaisseur d'air de perméabilité équivalente).

Perméance :

Caractéristique de perméabilité ramenée à l'unité d'épaisseur.

R :

Résistance thermique (exprimée en $m^2 \cdot K/W$). Frein au passage des calories dans un matériau. Pour un isolant, plus cette valeur est grande, plus l'isolation sera efficace.

Réaction au feu

La réaction au feu d'un matériau est l'aliment qui peut être apporté au feu et au développement d'un incendie. Ce paramètre autrefois caractérisé en France par les classes M0 à M4 est maintenant défini par les Euroclasses allant de A à E (F correspondant aux produits non testés).

Résistance au feu

La résistance au feu est le temps pendant lequel les éléments de construction peuvent jouer le rôle qui leur est dévolu malgré l'action d'un incendie.

La rive

Extrémité latérale d'un pan de toiture, autre que le faîte ou les égouts (droits ou biais). Une rive est dite droite si elle est parallèle à la ligne de plus grande pente, biaise dans le cas contraire (la rive biaise que fuit l'eau est en général un arêtier) ; la rive de tête d'un pan de toiture est son bord supérieur, lorsque celui-ci n'est pas un faîtage (source © Dicobat)

Température de rosée en °C

C'est la température à partir de laquelle la vapeur d'eau contenue dans l'air humide commence à se condenser au contact d'une surface froide. Au cours d'un refroidissement, l'humidité spécifique et la pression partielle de la vapeur d'eau restent constantes.

Références bibliographiques

Recommandation professionnelle RAGE : isolation en sous face planchers-bas-2014-03_0.pdf

http://www.programmepacte.fr/sites/default/files/pdf/recommandation-pro-rage-isolation-sous-face-planchers-bas-2014-03_0.pdf

Recommandation professionnelle RAGE : Appareils de chauffage divisé à bûches en habitat

individuel - Rénovation - Conception et dimensionnement <http://www.programmepacte.fr/appareils-de-chauffage-divise-buches-en-habitat-individuel-renovation-conception-et-dimensionnement>

Recommandation professionnelle RAGE : Appareils de chauffage divisé à granulés en habitat

individuel - Rénovation - Conception et dimensionnement <http://www.programmepacte.fr/appareils-de-chauffage-divise-granules-en-habitat-individuel-renovation-conception-et>

Recommandation professionnelle RAGE : Pompes à chaleur géothermiques en habitat individuel -

Rénovation - Conception et dimensionnement <http://www.programmepacte.fr/pompes-chaleur-geothermiques-en-habitat-individuel-renovation-conception-et-dimensionnement>

Recommandation professionnelle RAGE : Ventilation Mécanique Contrôlée (VMC) simple flux en

rénovation - Habitat individuel <http://www.programmepacte.fr/ventilation-mecanique-controlee-vmc-simple-flux-en-renovation-habitat-individuel>

Recommandation professionnelle RAGE : Isolation thermique par l'intérieur – Rénovation

<http://www.programmepacte.fr/isolation-thermique-par-linterieur-renovation>

[Rapport relatif à la campagne de mesures au sein de 7 logements alsaciens](#) (2012-2013)

ASPA, 68 pages