

REPLICABILITE OPERATIONNELLE ET ETUDE ECONOMIQUE DES SOLUTIONS RESTORE

Bilan des retours d'expérience

Décembre 2025



RÉDACTION

Mathilde DOUTRELEAU (CSTB)

Rukshala ANTON (CSTB)

Frédéric BOUGRAIN (CSTB)

COORDINATION

Madeleine DEVYS (CSTB)

RELECTURE

Miguel d'ARCANGUES (CSTB)

Fanny ARRAYET (CSTB)



INTRODUCTION

1. CONTEXTE ET EXPLICITATION DE LA DEMARCHE	5
 1.1. La démarche RESTORE	5
 1.2. Les solutions RESTORE.....	6
 1.3. La réplicabilité : potentiel de déploiement	7
1.3.1. Évaluer la réplicabilité d'une solution au stade démonstrateur	8
1.3.2. Faciliter la réplicabilité des solutions développées	9
2. ANALYSE DE LA REPLICABILITE A PARTIR DES CHANTIERS PILOTES	12
 2.1. Les messages principaux issus des chantiers.....	13
 2.2. Analyse de la réplicabilité des chantiers pilotes.....	16
2.2.1. Ciblage des maisons et mobilisation des propriétaires	16
2.2.2. Motivations des artisans et adoption de la solution par la chaîne d'acteurs	21
2.2.3. Le chantier : Organisation, préparation, mise en œuvre et suivi qualité	25
3. ANALYSE ECONOMIQUE DES SOLUTIONS RESTORE : COUTS, GAINS, FINANCEMENT ET POTENTIELS DE REDUCTION	30
 3.1. Les coûts et les gains directs des projets.....	30
3.1.1. Les coûts directs	30
3.1.2. Les gains directs de la rénovation : les économies d'énergie et la valorisation patrimoniale	32
 3.2. Les externalités.....	39
3.2.1. Les gains associés à la baisse des émissions de CO2	39
3.2.2. Autres externalités	42
 3.3. Les modalités de financement des solutions RESTORE	43
3.3.1. Les scénarios de financement examinés à partir de chantiers pilotes	43
3.3.2. Analyse des restes à charge de six chantiers pilotes	44
3.3.3. Les modèles économiques des autres solutions innovantes incubées	48
 3.4. Enseignements et pistes de réduction des coûts	49
3.4.1. La coordination / implication des ménages dans les travaux	49
3.4.2. Appropriabilité de la solution / Gain en apprentissage	50
3.4.3. Rénovations groupées / économies d'échelle	51
3.4.4. Un modèle de financement lié à une amélioration réelle de la performance énergétique des maisons.....	51
4. PERSPECTIVES DE DEPLOIEMENT DES SOLUTIONS ACCOMPAGNEES	53
CONCLUSION.....	56

INTRODUCTION

Dans le cadre du projet RESTORE, sept chantiers de rénovation intégrant des solutions innovantes ont été réalisés, et cinq nouvelles solutions, encore en phase de conception et portées par des groupements pluridisciplinaires, ont bénéficié d'un accompagnement scientifique et technique par le CSTB.

Ce livrable dresse un bilan de la réplicabilité opérationnelle et socio-économique de ces chantiers/solutions et du potentiel de déploiement territorial pour l'ensemble des solutions développées. Cela se décline en 4 parties :

1. Contexte et explicitation de la démarche
2. Analyse de la réplicabilité à partir des chantiers pilotes
3. Analyse économique des solutions RESTORE : Coûts, gains, financement et potentiels de réduction
4. Perspectives de déploiement des solutions accompagnées



1. CONTEXTE ET EXPLICITATION DE LA DEMARCHE

Le contexte

La France vise 500 000 rénovations par an (LTECV, 2015)¹, mais ces objectifs ne sont pas atteints. Le décalage entre ambition publique et réalité des ménages et professionnels met en évidence un besoin d'accompagnement plus structuré et cohérent et une amélioration de l'attractivité de la rénovation globale.

En 2019, l'étude ADEME intitulée « L'accompagnement des ménages dans la rénovation de leur logement »² montre que l'accompagnement des ménages est essentiel mais mal défini. Elle met en lumière cinq tensions majeures (personnalisation, temporalité, écoute, écosystème, la maison en tant qu'« objet technique » pour les artisans et approche affective de la maison pour le ménage, etc.) et propose une approche articulant massification et personnalisation. Les recommandations visent à clarifier les rôles territoriaux, financer l'accompagnement, intégrer le marketing et la digitalisation, et professionnaliser les accompagnants pour passer d'une logique “tout-énergie” à un accompagnement global, humain et structuré.

C'est dans ce contexte que le projet RESTORE vise à accompagner toute la chaîne d'acteurs impliqués dans la rénovation de la maison individuelle et aider des innovations pertinentes et replicables sur le parc français à se déployer largement.

1.1. La démarche RESTORE

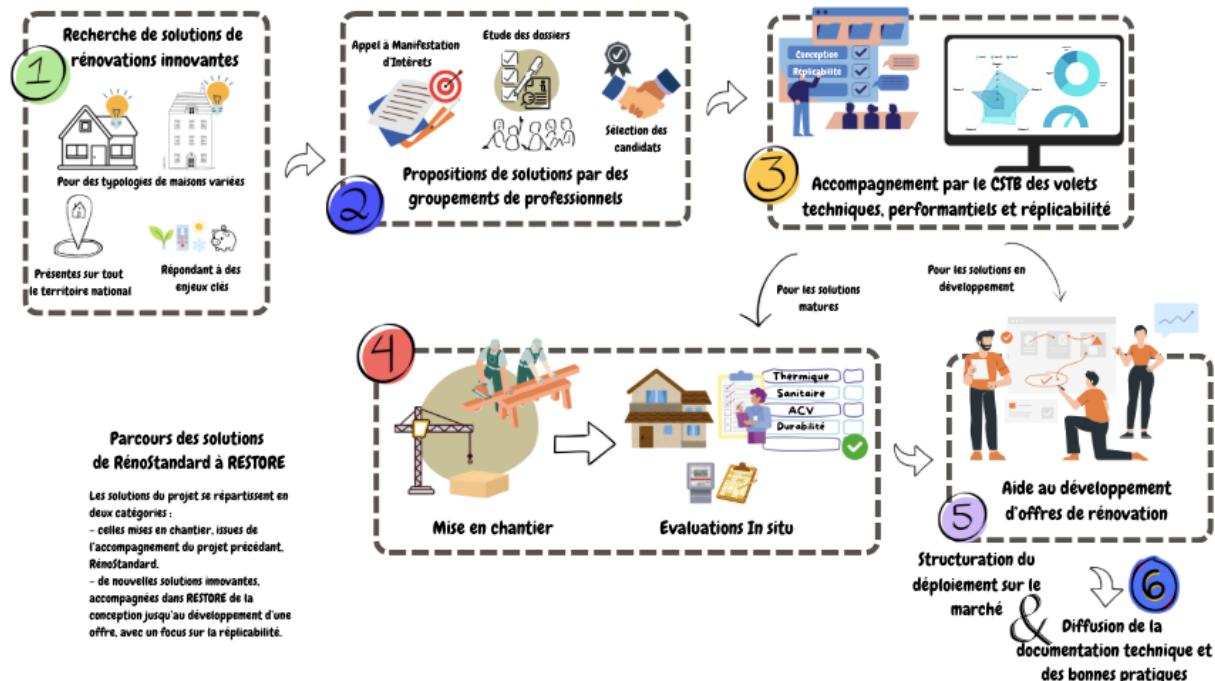
Intégrés dans le programme PROFEEL, le projet de recherche RESTORE et son prédécesseur RénoStandard se concentrent sur la rénovation globale et performante des maisons individuelles en accompagnant l'émergence de solutions innovantes.

- Des solutions innovantes
 - o Ces innovations sont portées par des professionnels de la rénovation de maisons
 - o Elles ont été repérées par le CSTB via des Appels à Manifestation d'Intérêt qui se concentraient sur les enjeux clés de la rénovation tout en s'appuyant sur une approche typologique du parc de maisons individuelles en France
- Une approche de qualité globale
 - o Un accompagnement technique et opérationnel a été réalisé par le CSTB pour la conception
 - o Les innovations ont été intégrées à des solutions/projets de rénovation globale afin d'atteindre un niveau de performance de qualité
 - o Afin de tester la conception et s'assurer de la performance, des chantiers pilotes ont été conduits avec un dispositif d'évaluation poussé
- Un objectif de déploiement à grande échelle
 - o Le parc de maisons individuelles a été classifié en typologie afin d'envisager une répétabilité et un déploiement des solutions sur de nombreux bâtiments
 - o Un accompagnement du CSTB pour aider à la réplicabilité des solutions a été mis en place
 - o Des outils et documentation pour aider les acteurs à se saisir de ces solutions et ainsi diffuser dans l'ensemble de la filière, ont été développés

¹ (LTECV, 2015) Loi de Transition Énergétique pour la Croissance Verte

² Gaëtan Brisepierre, Stéphane Chevrier, Viviane Hamon, Bérénice Le Fur, Audrey Le Marec, L'accompagnement des ménages dans la rénovation de leur logement, ADEME, 2019. 30p

Ce rapport s'inscrit dans cette partie du projet : **étudier et faciliter la réplicabilité des solutions RESTORE.**



1.2. Les solutions RESTORE

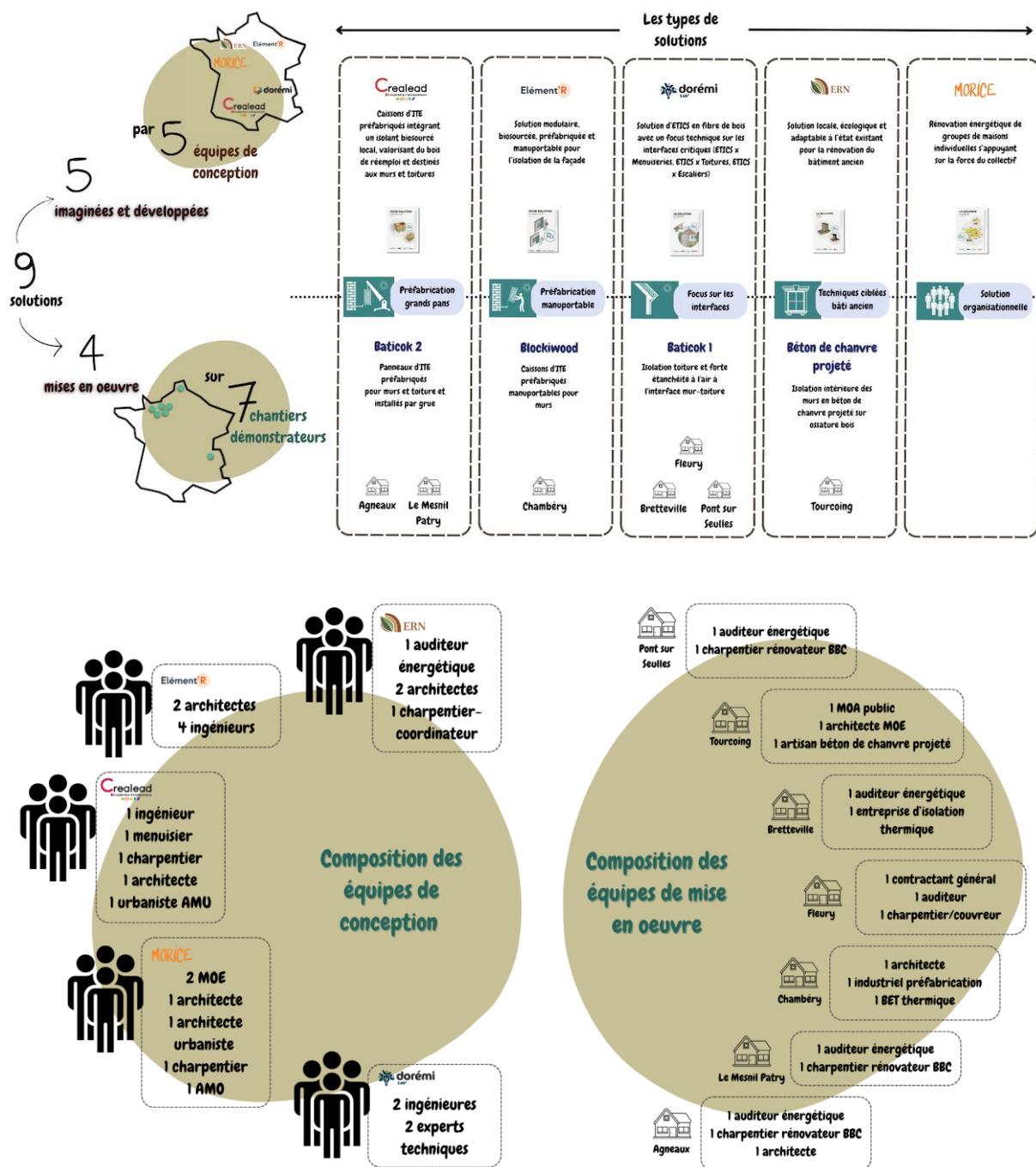
Les enjeux mis en visibilité par le CSTB pour la sélection des solutions du projet RESTORE ont été multiples et donc ces solutions sont de plusieurs natures :

- Des solutions pensées pour des types de maisons à fort enjeux dans le parc français, comme les maisons anciennes normandes ou les maisons ouvrières en brique du Nord
- Des solutions mettant en avant des mises en œuvre innovantes pour l'isolation de l'enveloppe grâce à de la préfabrication, en grand pan ou en bloc manuportables
- Des solutions répondant à des problématiques fréquentes sur la gestion des interfaces en rénovation de maison
- Enfin, une solution organisationnelle pensée pour aider la rénovation groupée

Portées par des acteurs engagés (architectes, ingénieurs, charpentiers, etc.), ces solutions ont été conçues pour s'adapter à une large part du parc bâti français. Elles visent à transmettre de bonnes pratiques, à permettre à d'autres professionnels de s'en saisir librement et à favoriser ainsi l'essaimage de rénovations performantes au sein des offres existantes sur le marché.

D'autres solutions ont pu être sélectionnées dans RESTORE et dans RénoStandard, mais pour différentes raisons celles-ci n'ont pas poursuivi la démarche. Nous n'aborderons donc dans ce livrable que les solutions étant encore dans RESTORE fin 2025.

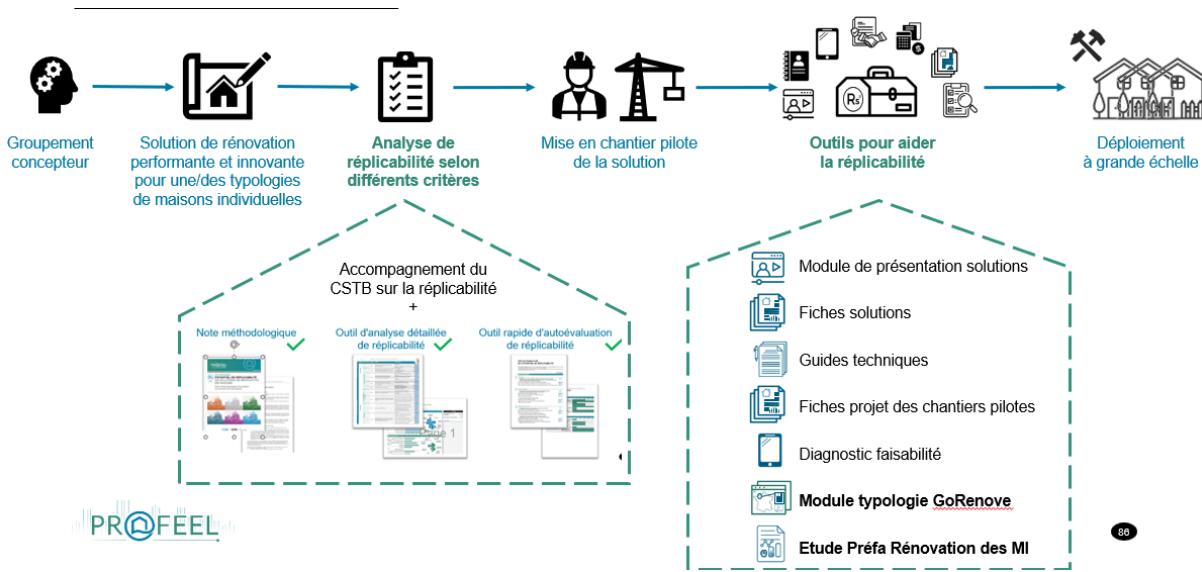
Il par ailleurs important de souligner que de nombreuses solutions de rénovation performantes existent déjà sur le marché. Les solutions accompagnées par RESTORE ne se positionnent pas en concurrence avec ces approches, mais viennent en complément afin de contribuer à la massification de la rénovation énergétique, qui ne pourra être atteinte qu'en additionnant des solutions diverses. Cependant comme mentionnée précédemment, ce document ne se concentre que sur les apprentissages liés au développement des solutions RESTORE.



1.3. La réplicabilité : potentiel de déploiement

Dans le parcours d'accompagnement des solutions au déploiement à différentes étapes sont indiquées dans l'illustration ci-dessous. La réplicabilité a été travaillée sous 2 axes afin de donner aux solutions toutes les chances de se déployer :

- **Évaluer la réplicabilité** à la conception des solutions
- **Faciliter la réplicabilité des solutions développées** à partir d'outils et ressources, pour que d'autres professionnels se saisissent de ces solutions



7.3.1. Évaluer la réplicabilité d'une solution au stade démonstrateur

Afin que ces solutions soient déployées à l'issue du projet, un axe relatif à leur réplicabilité a été développé pour s'interroger sur le potentiel de chaque solution et sur la stratégie à mettre en place pour maximiser son adoption par la filière et l'ensemble des acteurs.

Une analyse théorique du potentiel et des retours d'expérience opérationnels a été réalisée. Pour structurer cette analyse, des outils ont été mis en place par le CSTB et Nobatek et testés par les groupements porteurs des solutions RESTORE.

- Un autodiagnostic de réplicabilité : <https://www.prreno.fr/documents/autodiagnostic-de-replicabilite-outil-rapide-dauto-evaluation>
- Un outil d'analyse de réplicabilité : <https://www.prreno.fr/documents/outil-danalyse-detailee-de-replicabilite>
- Une note bibliographique et méthodologique de l'évaluation de réplicabilité <https://www.prreno.fr/documents/note-bibliographique-et-methodologique-devaluation-du-potentiel-de-replicabilite>

En plusieurs dizaines d'indicateurs, ces outils permettent de noter les potentiels de réplicabilité sur : la faisabilité technique, les contraintes socio-économiques, les spécificités territoriales, ... Cela permet ainsi de repérer les forces et faiblesses des solutions, de soulever des sujets non étudiés initialement et de lever certains verrous.

L'objectif de l'accompagnement du CSTB sur la réplicabilité via les outils ci-dessus vise à s'assurer du potentiel de déploiement de leur solution en l'analysant selon différents facteurs clés d'ordre techniques, économiques et organisationnels permettant d'en identifier les points forts et les axes d'amélioration.

Les groupements ont ainsi apprécié d'avoir une vue multi-indicateur de leur solution, des contraintes et leviers. Cela a permis de soulever des questions jusque-là non discutées au sein des groupements ainsi que de repérer des axes d'améliorations pour leur offres et solutions.

Les retours d'expérience des chantiers démonstrateurs ont visé à identifier les aspects spécifiques aux chantiers réalisés dans le cadre contrôlé du projet RESTORE et les aspects généraux propres à la

solution. Ceci visait à isoler les informations nécessaires à transmettre pour assurer le déploiement de ces solutions en dehors du projet.

Voici un exemple de résultat d'accompagnement d'un groupement par le CSTB sur la réplicabilité avec les outils :

www.proreno.fr/documents/restore-guide-replicabilite-solution-elementr

1.3.2. Faciliter la réplicabilité des solutions développées

L'objectif de Restore étant d'accompagner des solutions innovantes de rénovation de maison jusqu'à un déploiement territorial lorsque pertinent, une réflexion a été mené sur les moyens à mettre en œuvre pour permettre ce déploiement.

En résonance avec une étude de l'ADEME en 2019, [« L'Accompagnement des ménages dans la rénovation de leur logement »](#), mais aussi à partir d'une [étude de caractérisation des cibles professionnelles de RESTORE](#) et de leur pratiques ; ainsi que des échanges réguliers avec les organisations professionnelles comme la CAPEB, LE CNOA et la FFB, nous avons mis en place plusieurs ressources et outils pour faciliter la réplicabilité des solutions.

De la notion d'« accompagnement » à celle de « parcours intégré »

Le rapport ADEME soulignait la confusion autour du mot “accompagnement” : il était tantôt utilisé dans un sens social (aide au parcours du ménage), tantôt dans un sens commercial (vente de rénovation). L'étude insistait sur le besoin d'un écosystème accompagnant allant au-delà du seul conseil thermique, intégrant écoute, maîtrise d'œuvre et suivi chantier.

Dans RESTORE :

Le projet tend à accompagner les solutions innovantes vers un parcours complet articulant technique, humain et économique, avec un Mon Accompagnateur Rénov' (MAR) identifié, un BET thermique, un maître d'œuvre.

L'objectif est que l'accompagnement n'est plus une aide périphérique, mais une chaîne d'acteurs outillée et coordonnée, intégrant dès le départ les artisans et les solutions techniques répliables.

Un diagnostic sur mesure a été développé pour montrer un exemple d'outil qui peut aider les professionnels de l'accompagnement à porter une vision multicritère dans leur approche, en facilitant l'analyse thermique du bâtiment et faciliter le travail de maîtrise d'œuvre en mettant en avant les pathologies et l'historique du bâtiment.

Diagnostic Sur Mesure : <https://www.proreno.fr/documents/le-diagnostic-sur-mesure-outil-daccompagnement-a-la-renovation>

→ **Évolution clé :** passage d'un accompagnement diffus à un dispositif intégré d'ingénierie complète du projet de rénovation.

De la centration sur la performance énergétique à la prise en compte du confort et du vécu

L'ADEME constatait que les dispositifs restaient trop centrés sur la performance énergétique, alors que les ménages attendaient un confort global, une valorisation patrimoniale et un projet de vie.

Dans RESTORE :

Le projet replace le confort thermique, la Qualité des Environnements Intérieurs et la Performance Globale au centre du discours de rénovation. [Des fiches](#) sur chaque chantier montrent que le motif premier d'engagement est le bien-être (BATICOK 1 et 2, Chanvre projeté) plutôt que les gains énergétiques.

Les campagnes de mesure des chantiers RESTORE permettent d'évaluer les solutions innovantes à travers des indicateurs de confort et de Qualité des Environnements Intérieurs (Méthode QSE notamment) et non plus seulement en kWh économisés.

→ **Évolution clé :** la valeur d'usage du logement (confort, santé, patrimoine) supplante la seule logique de performance énergétique.

De la logique de projet unique à la standardisation typologique et territoriale

Le rapport ADEME évoquait la difficulté à massifier des dispositifs individualisés et l'absence d'outils de segmentation du parc pour orienter les ménages selon leur situation.

Dans RESTORE :

Ce sujet a été adressé grâce :

- une [classification typologique nationale des maisons individuelles](#) et le site [Gorenove.fr](#) permet de reconnaître la typologie d'une maison en France seulement à partir de son adresse ;
- [des fiches typologiques](#) détaillant les spécificités de types de maisons et les points d'attention pour leur rénovation ;
- des solutions reproductibles (BATICOK 1, BATICOK 2, BLOKIWOOD, ITI-chanvre mais aussi d'autres solutions en cours d'accompagnement comme Element'R, ERN, Created, Morice et Doremi) adaptées à certaines de ces typologies ;
- un [diagnostic de faisabilité en ligne](#) permettant de vérifier l'adéquation technique et sociale d'une solution.

→ **Évolution clé :** d'un accompagnement « sur mesure » coûteux à une industrialisation raisonnée des solutions reproductibles, adossée à des outils numériques d'aide à la décision.

De la dispersion des acteurs à une structuration filière

Le rapport ADEME décrivait un “écosystème sous tension”, avec des acteurs aux statuts et objectifs divergents (publics vs privés, énergéticiens vs accompagnateurs). L'absence de coordination générait de la méfiance et un coût de transaction élevé pour le ménage.

Dans RESTORE :

Le projet structure la coopération au sein d'un réseau de professionnels par solution : artisans, architectes, BET, entreprises pilotes, encadrés par le CSTB. Chaque solution (BATICOK, BLOKIWOOD, Chanvre) constitue une chaîne d'acteurs stabilisée, avec partage de retours d'expérience et documentation normalisée. En effet sur la plateforme [ProReno](#), de nombreuses ressources ont été produites afin de permettre l'appropriation des solutions par des artisans, architectes et entreprises. Chaque solution est documentée largement grâce à :

- des modules de présentations : exemple <https://www.proreno.fr/documents/module-presentation-de-solution-baticok-2>
- des fiches solutions : exemple <https://www.proreno.fr/documents/restore-fiche-solution-elementr>
- des guides techniques : exemple www.proreno.fr/documents/restore-guide-technique-solution-crealead
- des fiches chantiers avec des annexes détaillant les coûts : exemple <https://www.proreno.fr/documents/fiche-chantier-de-renovation-globale-a-fleury-14-realisation-suivi-et-analyse-de-la-mise-en-oeuvre>
- <https://www.proreno.fr/documents/couts-detalles-de-la-solution-baticok-1-appliquee-sur-le-chantier-pilote-restore-a-bretteville>
- des diagnostics de faisabilité : <https://www.diagnostic-faisabilite.renovation-restore.fr>

→ **Évolution clé :** émergence d'un modèle de filière coordonnée autour d'un langage commun et de retours de terrain mesurés.

De l'expérimentation locale à la capitalisation nationale

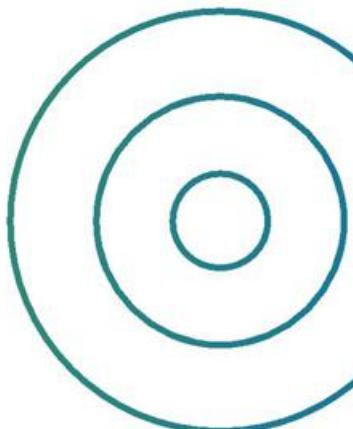
L'ADEME plaيدait pour une évaluation partagée et une capitalisation collective des retours de terrain, encore absente à l'époque.

Dans RESTORE :

Chaque chantier est documenté, évalué et mis à disposition sur Pro'Reno, plateforme nationale de diffusion (fiches techniques, coûts, vidéos, retours d'expérience, diagnostics). Ces retours d'expérience chantiers sont rendu accessibles pour toutes les maisons de la même typologie, uniquement grâce à son adresse et cela par un module de reconnaissance de typologie dans GoRenove.

Plusieurs solutions de Restore mettant en avant la préfabrication pour la rénovation de maison, une étude a aussi été menée afin d'étudier cette pratique, estimer le gisement potentiel et analyser les perspectives de cette filière artisanale émergente.

→ **Évolution clé :** d'expériences locales isolées à une base de connaissances nationale ouverte, articulant recherche, métier et retour terrain.



2. ANALYSE DE LA REPLICABILITE A PARTIR DES CHANTIERS PILOTES

Quatre solutions ont pu être mises en œuvre dans la démarche RESTORE à travers sept chantiers. La partie suivante s'attache à analyser la réplicabilité de ces solutions à travers les retours d'expérience des chantiers, issus à la fois des échanges avec les professionnels, les ménages, les concepteurs de solutions et les personnes du CSTB qui ont pu suivre ces chantiers.

Les solutions mises en œuvre dans les chantiers pilotes

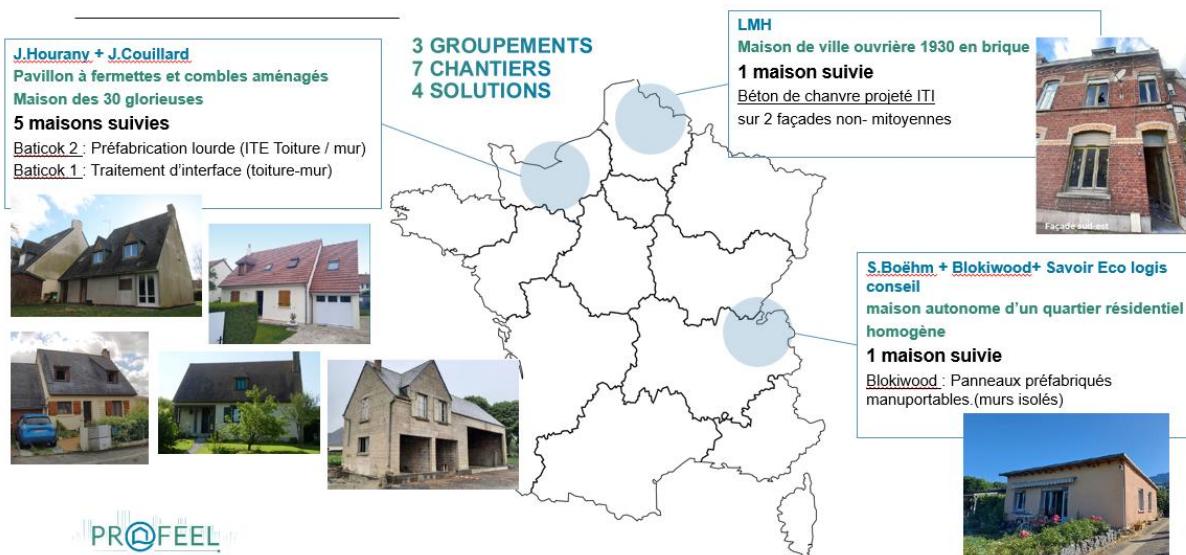
Pour plus de détail : <https://www.prreno.fr/documents/les-chantiers-restore>

La solution Baticok 1 est une technique de rénovation performante visant la reconstruction étanche et isolée du complexe toiture/mur. Elle s'est basée ici sur une découverte totale, un enrobage de l'isolant par écran HPV, et la continuité d'étanchéité avec la paroi verticale. Initialement conçue pour les maisons à fermettes industrielles, elle peut être adaptée aux charpentes traditionnelles pour corriger durablement les défauts d'isolation et d'étanchéité à l'air. En s'adaptant à des contextes différents, elle a été réalisée sur trois chantiers pilotes.

La solution Baticok 2 a été déployée sur deux chantiers du projet RESTORE : Agneaux et Mesnil-Patry. Cette solution de rénovation performante repose sur la mise en œuvre de murs et de toitures préfabriqués bois, assurant la reconstruction énergétique complète de l'enveloppe avec un haut niveau de performance thermique et d'étanchéité à l'air. Elle se distingue par une logique de préfabrication avec des grands pans, posés par grue, une rapidité d'exécution et une forte maîtrise des interfaces, tout en limitant les nuisances sur site.

La solution Blokiwood n'a été mise en œuvre que sur un seul chantier pilote à Chambéry. Ce chantier constituait une première nationale pour l'application de *BLOKWOOD* en rénovation. Jusqu'alors utilisée exclusivement en construction neuve, la solution consiste en la pose de caissons manuportables préfabriquées en bois remplis d'isolant.

La solution de béton de chanvre projeté consiste en une isolation par l'intérieure (ITI) des murs en béton de chanvre projeté sur ossature bois. Elle a été mise en œuvre sur un chantier d'un bailleur social à Tourcoing, cela a donc impliqué des conditions spécifiques sur la chaîne d'acteurs, les besoins du maître d'ouvrage et des usagers, le suivi du chantier.



2.1. Les messages principaux issus des chantiers

L'analyse des enseignements tirés des chantiers pilotes a été organisée sur quatre sujets :

- Ciblages des maisons
- Mobilisations des propriétaires
- Motivation des professionnels
- Chantier : organisation, suivi, mise en œuvre, livraison

Ciblage des maisons

Chaque solution trouve sa cohérence dans un contexte donné pour le ciblage des maisons :

- **Baticok 1** pour les maisons à toiture en pente (1980-2000) présentant des ponts thermiques et des enjeux d'infiltration d'air à la jonction mur / toiture ;
- **Baticok 2** pour les bâtiments à architecture simple nécessitant une isolation complète avec préfabrication permettant une pose rapide ;
- **Blokiwood** pour des façades planes et accessibles, où la préfabrication légère est possible ;
- **Béton de chanvre projeté** pour les bâtis anciens à murs pleins ou soumis à des contraintes patrimoniales (façades protégées, bâtiment à valeur patrimoniale).

La **faisabilité technique** repose sur trois piliers liés au contexte des maisons :

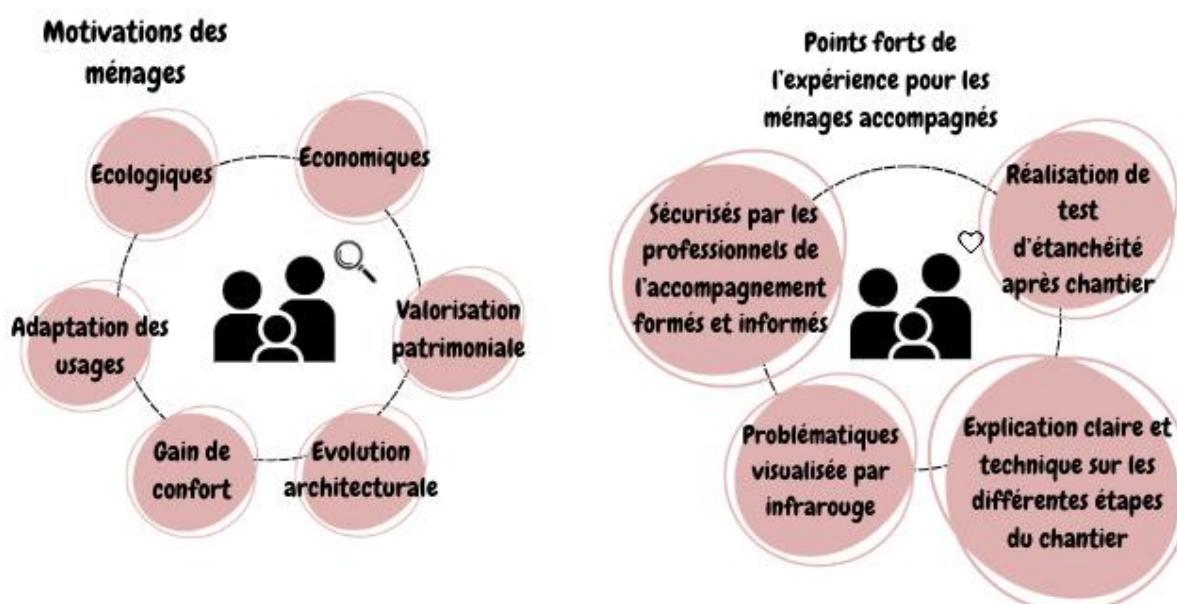
1. **continuité thermique et étanchéité** réalisables sans démolition lourde ;
2. **accessibilité logistique** (levage, découverte, stockage) ;
3. **compatibilité hygrothermique** entre la paroi existante et la solution.

L'approche typologique au cœur du projet RESTORE a permis d'aider ce ciblage.

Mobilisation des propriétaires

Sur le plan social, la **pertinence d'usage** est étroitement liée à la configuration des ménages :

- les ménages retraités privilient des solutions **peu intrusives** et **rapides** (Baticok 1, Baticok 2, Blokiwood) ;
- les projets familiaux ou patrimoniaux (Baticok 2, Chanvre) valorisent la **durabilité patrimoniale et la transmission intergénérationnelle**.



Les **leviers d'adoption communs** pour l'ensemble des acteurs sont :

- la **simplicité du message** (Pour Baticok 1, Baticok 2 et Blokiwood : "un geste extérieur, sans nuisance, qui résout vos déperditions") ;
- la **preuve par la démonstration** (thermographie, tests d'étanchéité, retours d'autres ménages ou d'autres chantiers) ;
- et la **garantie de performance mesurée** (étanchéité à l'air, confort thermique).

Les **verrous** liés à la **mobilisation des ménages** qui freinent encore le déploiement :

- les solutions Blokiwood et Baticok 2 nécessitent des investissements économiques importants pour les ménages
- l'aversion au risque : le caractère innovant des solutions RESTORE implique un besoin important de mise en confiance. Ce verrou est amené à se relâcher dans un contexte de répétition de ces solutions.

Motivations des professionnels/artisans

Engagement des professionnels :

- Les solutions innovantes ont répondu à la curiosité des artisans, architectes et autres MOE
- Vraie appétence à tester de nouvelles solutions et à adapter ces solutions pour les intégrer dans leurs pratiques et leur métier (très marquant dans Baticok1)
- Fierté de valoriser leur filière (B2 valorisation forte des métiers du bois) et de mettre en valeur le patrimoine
- Adaptation même si cela change leur positionnement dans la chaîne d'acteurs
 - o Blokiwood : les menuisiers-charpentiers sont devenus poseurs le temps d'un projet
 - o B2 : le charpentier devient « artisan-référent » pour coordonner les interfaces avec les autres

Familiarisation nécessaire pour certaines pratiques : étanchéité / chanvre :

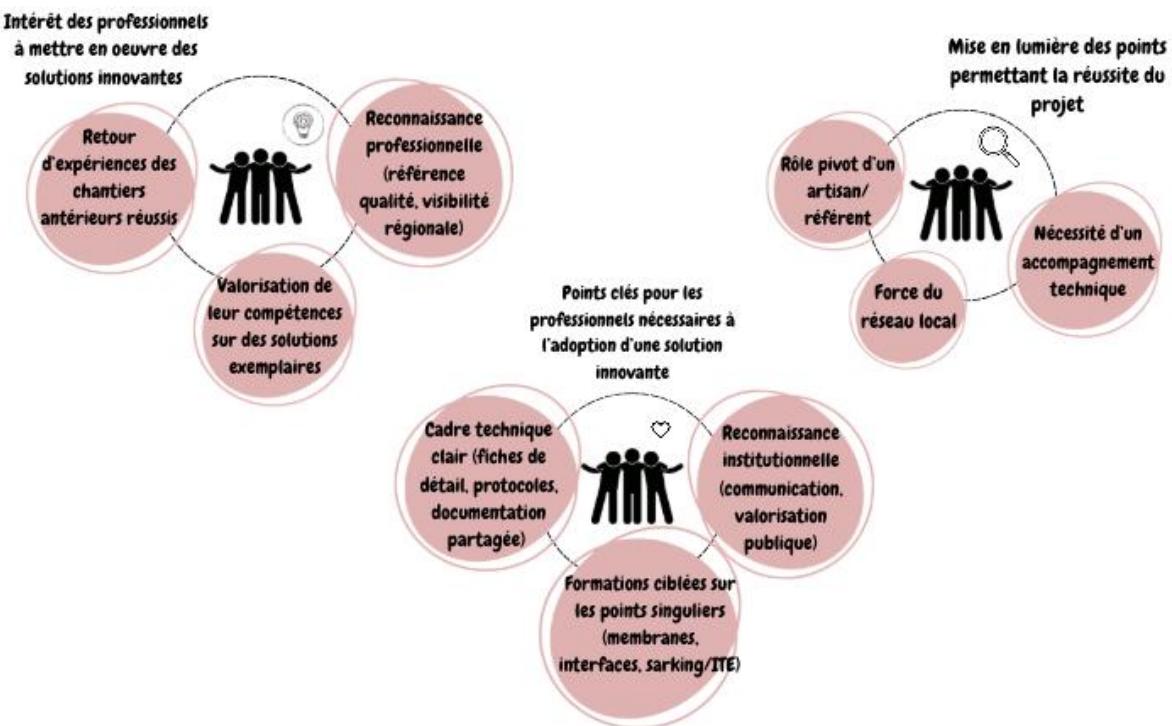
- **Opportunité de montée en compétence sur la gestion de l'étanchéité à l'air et des interfaces toiture/mur / matériaux biosourcés (Baticok 1/Baticok 2)**
- La **formation des artisans** à la projection et aux interfaces béton de chanvre / bois est indispensable. (Chanvre)

Avantages qui ont convaincu les professionnels (artisans/architectes/...) :

- Pratичité à travailler en atelier (B2) : chantier loin de l'artisan, protégés des aléas météo, maîtrise dans la fabrication
- La valeur ajoutée du matériau claire (solution de projection chanvre)
- Facilité de mise en œuvre (B1, chanvre)
- Solutions **incarnées, expliquées et mesurables** : importance des REX, supports explicatifs

Ces retours montrent que la **fidélisation d'artisans autour de solutions performantes** passe par trois leviers principaux :

1. un **cadre technique clair** (fiches de détail, protocoles, documentation partagée) ;
2. des **démonstrations courtes et ciblées** sur les points singuliers (membranes, interfaces, sarking/ITE) ;
3. une **reconnaissance institutionnelle** (communication, valorisation publique).



Chantiers

Les chantiers des 4 solutions testées nécessitent une **phase amont structurée et attentive**.

La préparation comprend systématiquement :

- une **analyse des interfaces critiques** (pied de toiture, lucarnes, pignons, soubassements) (Baticok 1, Baticok 2, Blokiwood) ;
- un **calepinage ou relevé numérique** pour les solutions préfabriquées (Baticok 2, Blokiwood) ;
- une **coordination logistique** spécifique (délai de fabrication, météo, levage, stockage).
- "Ces chantiers exigent plus de préparation, mais génèrent moins d'aléas."

La **formation à la pose des membranes et adhésifs** pour l'isolation, ainsi qu'au contrôle de finition (test d'infiltrométrie, inspection visuelle), ressort comme un **pré-requis indispensable** à la replicabilité des solutions Baticok 1 et Baticok 2. L'ensemble des acteurs souligne que la **phase d'apprentissage initiale** est rapidement compensée par une **maîtrise accrue des détails constructifs** et une réduction des reprises.

Certaines solutions ont eu des impacts forts sur les **plannings** travaux à prévoir :

- les solutions préfabrication Baticok 2 et Blokiwood demandent une réadaptation du planning car il faut prévoir la phase de préfabrication
- le chanvre projeté nécessite une période de séchage à prévoir

Des **suivis de chantiers spécifiques** ont été nécessaires :

- l'enjeu de l'étanchéité et de la performance globale demande une attention forte sur les points critiques tout au long du chantier (Baticok 1)
- la préfabrication nécessite mais aussi facilite le contrôle qualité car moins soumis aux aléas du chantier (Baticok 2, Blokiwood)
- contrôle du respect des Règles Professionnelles "Construire en Chanvre" (chanvre)
- une coordination fine entre lots était cruciale pour chacune des mises en œuvre des solutions (Chanvre : interférences pendant le séchage ; préfa demande d'anticiper toutes les percées dues aux autres lots)

Les travaux de mise en œuvre se sont déroulés globalement dans de bonnes conditions, démontrant la **faisabilité opérationnelle** des solutions RESTORE à l'échelle artisanale. Les **étapes clés** sont : le

traitement des interfaces, la pose des isolants, la gestion de l'étanchéité et le contrôle de la qualité finale.

Des **points critiques récurrents** aux solutions ont toutefois été identifiés :

- continuité des membranes d'étanchéité à l'air (toutes solutions confondues) ;
- jonctions entre toiture et murs (Baticok 1) ou entre panneaux préfabriqués (Baticok 2, Blokiwood) ;
- compatibilité hygrothermique et temps de séchage (chanvre projeté).

Résultat/Livraison

- La complémentarité forte des solutions avec des projets architecturaux ambitieux a permis des résultats qui ont largement satisfait les propriétaires.
 - o Baticok 2 a été adapté pour intégrer des extensions, lucarnes et nouveaux revêtements de façade
- Les performances mesurées sont à la hauteur des prévisions des audits et bureaux d'étude

2.2. Analyse de la réplicabilité des chantiers pilotes

Afin de tirer des enseignements sur la réplicabilité des solutions qui ont pu être mises en œuvre dans les chantiers pilotes de RESTORE, nous avons étudié celle-ci par thématiques : le ciblage des maisons et la mobilisation des propriétaires, les motivations des artisans à mettre en œuvre les solutions, le chantier.

2.2.1. Ciblage des maisons et mobilisation des propriétaires

Afin de tester les conceptions prévues pour chaque typologie de maison dans le cadre du projet RESTORE, des maisons avec des ménages propriétaires volontaires pour appliquer ces solutions innovantes de conceptions ont dû être recrutées. Ainsi pour chaque solution répondant à des problématiques données (étanchéité à l'air par exemple...), des maisons présentant ces problématiques ont été recherchées : c'est la phase de recrutement.

Le secteur de la maison individuelle étant diffus et les maîtres d'ouvrage étant souvent non-sachant, la phase de mobilisation des ménages est particulièrement difficile, et elle nécessite de la pédagogie par les professionnels et des conditions de confiance fortes.

Dans le cadre du projet RESTORE, un appel à candidature massif a été lancé afin de recruter des ménages souhaitant rénover énergétiquement leur maison individuelle dont la typologie était compatible avec celles sélectionnées dans le projet. Le recrutement des ménages s'est fait par le biais de relations de proximité : bureau d'études thermiques impliqué dans l'appel à candidature, réseaux d'artisans, maîtres d'œuvre ou connaissances directes. Le bureau d'études thermiques ou l'artisan a ainsi présenté aux ménages le projet RESTORE, sa raison d'être, la solution de conception innovante et en quoi cette solution innovante résolvait les problématiques énergétiques et thermiques identifiées lors de leur audit de la maison.

Il est à noter que le financement pour l'innovation RESTORE a aidé à convaincre les ménages mais ne doit pas être intégré dans l'analyse de réplicabilité, car cette aide était seulement pour les chantiers pilotes et donc ne pourra plus déclencher des mobilisations pour ces solutions par la suite.

BATICOK 1

Baticok 1 s'adresse à des maisons individuelles des années 1980-2000, souvent à fermettes industrielles ou charpentes traditionnelles, présentant des défauts d'infiltration d'air et des ponts thermiques à la jonction mur/toiture. Son intérêt principal réside dans le traitement simultané de la continuité thermique et de l'étanchéité à l'air, sans travaux intrusifs à l'intérieur du logement.

Les avantages mis en avant qui ont convaincu les propriétaires :

- Le **gain en confort thermique** annoncé a répondu à une préoccupation forte de tous les propriétaires des 3 chantiers pilotes de Baticok 1
 - o Concernant le ressenti de **froid en hiver**, la solution est présentée comme spécifique par la gestion du défaut d'étanchéité à l'air que peu d'autres solutions d'isolation adressent. L'auditeur fait un audit avec caméra infrarouge afin de **rendre visible et objectif le fort ressenti de froid des propriétaires** et leur permet ainsi de comprendre le traitement spécifique prévu en pied de toiture. Associée à une isolation des murs, la solution a aussi convaincu des propriétaires pour régler des remontées d'air froid par la porte d'entrée et les parois donnant sur le garage ;
 - o Concernant le confort thermique **en été**, un des ménages a aussi été convaincu par **la réduction de surchauffe** des pièces sous toiture annoncé par l'auditeur
- L'impact sur la performance thermique de la solution et la preuve par l'audit ont aussi permis aux propriétaires de 2 des chantiers de répondre à leur **besoin prégnant de réduire leur facture d'électricité** d'autant plus que les prix de l'énergie avaient beaucoup augmenté les années précédentes.
- Le fait que l'intervention se fasse par l'extérieur et **n'implique pas de travaux intérieurs** a de plus, beaucoup plu au ménage plus âgé qui ne voulait pas de travaux intérieurs
- Les propriétaires ont été suivis par des MAR (Mon Accompagnateur Renov) qui ont pu étudier l'audit et la solution proposée. Ces MAR ont été convaincus par la solution et ont donc participé à **la confiance en la technique** ressenti par les propriétaires.
- La solution se **combinait bien à d'autres travaux envisagés** par ailleurs par les ménages. Pour certains chantiers, la couverture tuile étant en mauvaise état ou amiantée, rendant la découverture totale pertinente. Pour un autre, le ménage avait le souhait de réaliser la réfection de la toiture, d'installer une VMC et un chauffe-eau thermodynamique.
- L'approche globale prévue avec la solution Baticok 1, avec des **professionnels clairs et sécurisants** (auditeur, maître d'œuvre, artisans) ont été aussi des motivations fortes pour les propriétaires.
- Un des ménages a aussi pu répondre à un souhait de léguer **un patrimoine revalorisé** car la maison a une meilleure performance énergétique et un confort nettement amélioré.
- La solution avec la rénovation globale a permis d'accéder à des aides nationales mais aussi des aides locales Normandes, dont le **Chèque Eco Energie qui est garant d'une certaine qualité** en particulier par l'atteinte d'un niveau BBC Rénovation et l'exigence de réaliser un test d'étanchéité après chantier.

Les désavantages perçus ont été :

- l'investissement et engagement nécessaire forts et stressants pour des ménages qui sont dans des situations plus difficiles (une personne a dû abandonner le projet faute de moyens suffisants et d'une aversion au risque d'emprunt)
- lien de confiance et pédagogie parfois trop lourd pour les professionnels qui n'arrivent pas à réservé assez de temps et d'énergie pour accompagner les plus angoissés

Pour deux des chantiers pilotes Baticok 1, les propriétaires avaient explorés d'autres solutions hors RESTORE mais ont été convaincus par ces avantages et le cadre du projet RESTORE.

Facteurs de répliquabilité pour le ciblage des maisons et la mobilisation des propriétaires

La solution Baticok 1 peut être répliquée à grande échelle, car :

1. Solution adaptée aux maisons qui correspondent à des **typologies** constructives susceptibles d'avoir un défaut d'étanchéité à l'air en pied de toiture (principalement fermettes industrielles) = plus de 5 millions de maisons en France. De plus la solution se combine avec un grand nombre d'autres travaux envisageables.
2. Des arguments qui répondent aux préoccupations des ménages : gain en **confort thermique** en hiver et en été, réduction de facture d'énergie, valorisation du patrimoine et la possibilité de rester dans le logement pendant les travaux
3. **Un discours clair et sécurisant** par des professionnels de l'accompagnement et de la rénovation bien formés et informés, une problématique qui peut être visualisée par infrarouge, un test d'étanchéité après chantier et une vision globale du bâti.

Enseignement commun

Cette solution s'est révélée parfaitement adaptée au profil des ménages engagés (souvent retraités, très investis, disposant d'un budget défini et d'une forte sensibilité au confort thermique). Les retours d'expérience montrent que la solution Baticok 1 est **robuste, adaptable et bien perçue**, à condition qu'elle s'inscrive dans un parcours accompagné et une vision d'ensemble du bâti. Elle représente donc une voie de rénovation répliquable pour traiter efficacement les zones critiques de jonction toiture/mur, souvent négligées dans les approches classiques.

BATICOK 2

Baticok 2 s'adresse soit à des pavillons des années 70 très simples d'architecture et peu isolés mais avec un chaînage béton qui peut facilement porter encore de la charge, soit à des bâtiments anciens ou dégradés, souvent mal isolés, présentant des discontinuités dans l'enveloppe ou des complexités structurelles qui rendent difficile une rénovation traditionnelle par l'extérieur, en préservant la structure existante grâce à des panneaux préfabriqués autoportants. La solution permet d'amener au goût du jour ces pavillons des années 70, et de remettre à niveau des constructions hétérogènes (anciennes granges, pavillons rénovés par étapes, extensions successives) et de viser un niveau BBC rénovation, voire supérieur, avec un chantier court et maîtrisé.

Les avantages mis en avant qui ont convaincu les propriétaires :

- Cette solution qui permet de refaire une enveloppe à la maison est très adaptée à des projets à **haute exigence thermique et énergétique** car elle permet contrôler les points difficiles : la gestion des interfaces, les ponts thermiques et l'étanchéité (sur un des chantiers, le niveau passif a presque été atteint).
 - o Le **gain en confort thermique** en hiver comme en été ont été des arguments cruciaux pour les propriétaires des 2 chantiers
 - o Le fait d'être **économique en énergie** était aussi très important. D'autant plus qu'un des ménages avait comme objectif d'être très sobre en énergie
- Cette solution d'isolation d'enveloppe **se combine** particulièrement bien avec d'autres gestes de rénovation. Sur un des chantiers, **l'ajout de panneaux photovoltaïques, solaires thermiques et de ventilation double flux** ont pu se faire en assurant toujours une bonne étanchéité globale.
- **L'approche intégrée** avec le charpentier qui coordonne le chantier afin **d'assurer la qualité et l'étanchéité globale du chantier** a beaucoup plu aux propriétaires. Coordonnant les différents corps d'état, ce positionnement est vu comme un **gage de confiance et de fluidité** dans le déroulement du chantier.
- L'utilisation de ressources biosourcées a aussi conforté la décision d'un des ménages.
- Le fait que le charpentier en maîtrise de la solution soit à proximité, connu ou recommandé par des connaissances.

- Le lien au dispositif régional des rénovateurs BBC Normandie et l'aide associée ont été aussi de bons leviers de décision.
- La confiance qu'ils ont pu avoir en des artisans de qualité pour **une rénovation rapide, propre et maîtrisée techniquement.**
- **Possibilité de redessiner la forme de la maison** au goût du ménage valorisant un bien situé au cœur d'un quartier résidentiel des années 1970.
- Opportunité de **redonner vie** à une maison ancienne (une ancienne grange de la Reconstruction) ou sous-occupée, tout en assurant son adaptation à l'âge et aux usages futurs.
- **Eviter une démolition-reconstruction**, en préservant la structure existante grâce à des panneaux préfabriqués autoportants.

Les désavantages perçus ont été :

- Le coût : les ménages avaient des projets mûrs et un budget réfléchi, et percevaient la rénovation non comme une contrainte mais comme une opportunité de transmission et de valorisation du patrimoine. Mais sans cette vision assez rare et des aides multiples, le coût aurait été bloquant.
- Dépendance forte à la compétence du charpentier : maîtrisant parfaitement la solution et connaissant les acteurs des autres corps d'état, le charpentier a réussi les chantiers. Mais il a été nécessaire d'attendre, pour un des chantiers, assez longtemps avant que le charpentier soit disponible car les acteurs capables, suffisamment impliqués et équipés pour faire cette solution sont rares.

Facteurs de réplicabilité pour le ciblage des maisons et la mobilisation des propriétaires

1. Une **performance énergétique et thermique** assurée par plusieurs points : la compétence du charpentier, la coordination pour maîtriser l'étanchéité globale et la gestion des interfaces, la qualité technique de la solution avec préfabrication contrôlée en atelier. Cette exigence peut constituer un frein à la réplicabilité de cette solution.
2. **Accompagnement pédagogique** : les ménages ont bénéficié d'explications claires sur les choix techniques et les étapes du chantier, renforçant leur confiance et leur implication.
3. Une **opportunité de renouveau** pour la maison : que ce soit pour redessiner la forme d'un pavillon des années 70 ou pour redonner vie à une grange en lui créant une couche porteuse autour.

Enseignement commun

La solution Baticok 2 a ainsi trouvé un terrain favorable auprès de ménages motivés par la **qualité constructive**, la **simplicité du parcours** (un interlocuteur principal, un chantier court, peu de nuisances), **l'exigence en performance thermique et énergétique**. Baticok 2 combine qualité technique, acceptabilité sociale et réplicabilité territoriale, à condition d'un pilotage coordonné et d'une filière locale outillée. Cette approche industrialisée et maîtrisée de la rénovation ouvre la voie à des chantiers reproductibles, durables et plus accessibles pour des bâtiments anciens ou peu performants.

BLOKIWOOD

La solution Blokiwood n'a été mise en œuvre que sur un seul chantier pilote à Chambéry pour lequel la solution a été testée sur une maison individuelle des années 1960, aux murs en maçonnerie pleine et sans isolation, présentant :

- une structure simple et plane facilitant la pose des caissons bois manuportables en particulier absence de points singuliers non traitables (sous-sol, appuis, toitures) ;
- possibilité d'accroche des panneaux sur maçonnerie porteuse sans reprise de fondations ;

- un bon état général du bâti (aucun désordre structurel majeur) ;
- une configuration de parcelle accessible pour le stockage et la manutention.

Le chantier de Chambéry se distingue par l'absence de ménage occupant au sens traditionnel du terme. La maison, propriété d'un particulier, a été mise à disposition dans le cadre d'une **expérimentation technique encadrée** entre l'industriel Dom'Innov, l'architecte Sidonie Boëhm et le CSTB. Le recrutement du site s'est donc appuyé sur une **opportunité locale**, identifiée par le réseau professionnel déjà impliqué dans la préfabrication bois et la rénovation performante. Le propriétaire, sensible aux enjeux environnementaux et à la valorisation de son bien, a accepté de participer à une **démonstration grandeur nature** de la solution Blokiwood, jusqu'alors réservée à la construction neuve. Sa motivation principale reposait sur la **qualité architecturale et technique** de la solution, la **rapidité du chantier** et la **limitation des nuisances** par la préfabrication.

Les motivations du propriétaire pour cette solution de préfabrication bois qui répondait parfaitement à ses attentes :

- chantier court (quelques jours de pose) ;
- amélioration du confort thermique et acoustique immédiate ;

Au-delà d'une logique individuelle, ce projet illustre une démarche **collective d'innovation et de validation technique**, mobilisant un écosystème d'acteurs (architecte, industriel, charpentier, BET, CSTB) unis autour d'un objectif commun : prouver la faisabilité et la performance d'une solution modulaire bois en rénovation réelle. Ainsi, l'engagement du propriétaire et des professionnels s'apparentent davantage à une **motivation de filière** qu'à une motivation d'usager, avec une finalité démonstrative et répliable.

Solution d'isolation intérieure des murs en béton de chanvre projeté sur ossature bois

Cette solution est particulièrement adaptée à du bâti ancien avec des contraintes empêchant l'isolation extérieure et avec des contraintes hygrothermiques particulières.

Le bâti typique des années 1930 (murs pleins en briques, faible largeur, façade patrimoniale classée) sur lequel la solution a été testée en chantier pilote regroupait ces caractéristiques. L'isolation par l'intérieur en béton de chanvre projeté s'est révélée parfaitement adaptée :

- compatibilité hygrothermique avec la brique poreuse ;
- respect du caractère patrimonial (aucune altération des façades sur rue) ;
- gain de confort d'été grâce à l'inertie du matériau.
- intérêt à vérifier l'état du gros œuvre via un curage complet

Dans le cas de ce chantier, la maison « 1930 » n'était pas occupée par un ménage, mais appartenait au **bailleur social Lille Métropole Habitat (LMH)**. Le projet a été initié dans le cadre d'une **démarche stratégique de rénovation exemplaire** du parc locatif ancien, en partenariat avec le CSTB et le programme RESTORE. Le recrutement du bâtiment s'inscrivait dans la volonté du bailleur d'**expérimenter des solutions biosourcées** adaptées aux contraintes patrimoniales et hygrothermiques des maisons en brique du Nord. LMH a identifié ce logement comme un **prototype représentatif** des pathologies récurrentes de son parc : absence d'isolation, forte inertie, contraintes ABF interdisant l'isolation par l'extérieur. La motivation institutionnelle du bailleur reposait donc sur la **démonstration de faisabilité** d'une isolation intérieure en béton de chanvre projeté, associant **performance énergétique, confort d'été et respect du bâti ancien**.

Cette opération s'inscrit dans une logique de **montée en compétence de la maîtrise d'ouvrage** et de **réplicabilité** : l'enjeu n'était pas en premier lieu d'améliorer le confort d'un ménage, mais d'**évaluer un modèle de rénovation biosourcée** transférable à d'autres logements sociaux du parc LMH. Le projet de Tourcoing illustre ainsi une **motivation collective et patrimoniale**, où le logement devient un **laboratoire de preuve** pour la diffusion de techniques sobres, locales et compatibles avec la conservation architecturale.

Le projet visait à prolonger la durée de vie d'un patrimoine locatif social, en assurant une performance énergétique (BBC rénovation) et une qualité d'usage comparable à celle d'un logement neuf.

L'opération répondait ainsi à un triple enjeu pour un maître d'ouvrage bailleur social :

- Environnemental : matériaux biosourcés, réduction de l'empreinte carbone ;
- Social : réduction des charges pour le futur locataire ;
- Patrimonial : préservation des façades historiques.

La solution combine donc pertinence technique, réglementaire et sociale, et peut servir de modèle pour la réhabilitation du parc LMH.

2.2.2. Motivations des artisans et adoption de la solution par la chaîne d'acteurs

BATICOK1

La solution Baticok1 a été mise en œuvre par trois profils d'entreprises différents, illustrant la diversité des approches et des motivations dans le secteur de la rénovation performante :

- un spécialiste de l'isolation (ABC Isolations à Bretteville),
- un contractant général / Rénovateur BBC (Vues d'Intérieur à Fleury),
- un charpentier-couvreur intégré à un réseau local d'artisans (Couillard à Pont-sur-Seulles).

Ces trois acteurs, aux pratiques et cultures professionnelles distinctes, ont convergé vers la solution Baticok1, chacun avec des motivations spécifiques et un niveau d'implication différent dans le projet RESTORE.

Des profils variés, du “chef de file” au “suiveur technique”

- À Pont-sur-Seulles, l'entreprise Couillard, issue d'un réseau d'artisans locaux coopérants, a réalisé la solution sur un chantier. Julien Couillard, avait participé à sa conception, l'avait déjà expérimentée avec succès (gain en confort confirmé par les habitants) sur d'autres chantiers et avait transmis la pratique aux artisans des autres chantiers.
- À Bretteville, l'entreprise ABC Isolations a abordé le chantier comme une opportunité d'innovation et d'apprentissage. Habituelle aux interventions en isolation par l'extérieur, elle a accepté d'expérimenter une technique non courante, en collaboration étroite avec le CSTB et le BET. Son implication a contribué à adapter la solution à une charpente traditionnelle, jouant un rôle de concepteur-exécutant dans la mise au point d'une variante reproductible.
- À Fleury-sur-Orne, le contractant général Vues d'Intérieur était déjà rompu à la logique de rénovation globale BBC. La solution Baticok1 a été intégrée dans un projet complet (isolation, ventilation, chauffage), sans être perçue comme une innovation majeure mais comme une étape maîtrisée du process de rénovation. Ici, l'entreprise a agi en chef de file, centralisant la maîtrise d'œuvre et la coordination entre artisans, dans une approche quasi “clé en main”.

Adoption de la solution

L'adoption de Baticok1 a été progressive mais consensuelle. Le concept a su convaincre à la fois les ménages (bénéfice concret) et les professionnels (logique technique et reproductible). Elle illustre une dynamique ascendante (ménage → accompagnateur → artisan), soutenue par un cadre technique clair et la démonstration de ses avantages en confort et en absence de nuisance intérieure.

Motivations communes

Malgré leurs profils contrastés, les trois artisans partagent plusieurs leviers de motivation :

- les entreprises ont souligné la valeur pédagogique du projet, permettant de **monter en compétence sur la gestion de l'étanchéité à l'air et des interfaces toiture/mur** — un savoir-faire souvent négligé dans la rénovation classique mais reconnu central par de nombreux artisans expérimentés pour **assurer la performance thermique** du bâtiment ;
- les retours d'expériences de **chantiers antérieurs réussis** ;
- la volonté de **valoriser leurs compétences techniques** sur un projet exemplaire et mettre en place une solution innovante ;
- la recherche d'une **reconnaissance professionnelle** (référence qualité, visibilité régionale).

Enseignements globaux

- Les entreprises peuvent rapidement devenir **acteurs de référence** de la solution, à condition d'un **accompagnement technique clair** et d'un partage de retours d'expérience structurés mais peu chronophage (quelques heures seulement)
- La solution Baticok 1 crée un **espace d'apprentissage collectif** : chaque artisan, selon sa position (chef de file, suiveur ou adaptateur), contribue à la consolidation d'un savoir-faire commun.
- Les chantiers montrent que la réussite dépend plus de **la capacité à coopérer et anticiper les interfaces** que du niveau initial de familiarité avec la solution.
- L'existence de **réseaux d'entreprises locales** interconnectées est un facteur clé de diffusion : les artisans se transmettent les chantiers selon leur charge et leur compétence, assurant ainsi la continuité opérationnelle.

EN RESUME, LA SOLUTION BATICOK 1 AGIT COMME UN LEVIER DE MONTEE EN COMPETENCE ET DE STRUCTURATION DE LA FILIERE ARTISANALE LOCALE, COMBINANT INNOVATION TECHNIQUE, TRAVAIL COLLABORATIF ET APPROPRIATION PROGRESSIVE DES PRINCIPES DE RENOVATION PERFORMANTE.

BATICOK 2

La mise en œuvre de la solution Baticok 2 a reposé sur l'implication d'un seul artisan charpentier-couvreur, l'entreprise Couillard, acteur central des deux chantiers pilotes. Son rôle a été déterminant, non seulement dans la réalisation technique, mais aussi dans la transmission et l'appropriation du concept au sein du réseau professionnel local.

L'appropriation de la solution par d'autres artisans n'a donc pas pu être testée dans le cadre du projet.

Un artisan concepteur et moteur dans la diffusion de la solution

Déjà expérimentée dans la préfabrication bois et sensible aux enjeux de performance énergétique, l'entreprise Couillard a vu dans la solution Baticok 2 une continuité naturelle de ses pratiques plutôt qu'une rupture. Sur un des chantiers, l'entreprise a pris en main l'ensemble du projet : la conception, la fabrication et la pose des panneaux bois isolés, en intégrant les contraintes d'étanchéité et de jonction avec les parois existantes. Pour l'autre chantier (Agneaux), la conception architecturale et les plans CVC avaient été pensés par un architecte. Ensuite le charpentier a été appelé à la demande du réseau de professionnels des BBC rénovateurs normands et a proposé d'adapter la solution Baticok 2 aux plans conçus. L'architecte étant du réseau, a eu pleinement confiance en la solution proposée par le charpentier. Ce second cas montre la capacité de l'artisan à agir comme "chef de file" dans un réseau où les entreprises se recommandent ou se relayent selon leur disponibilité, assurant ainsi la continuité des savoir-faire et la diffusion de la solution.

Adoption de la solution

L'adoption de Baticok 2 s'est faite par hybridation des rôles :

- à Agneaux, la solution s'est intégrée à une démarche architecturale existante ;
- à Mesnil-Patry, elle s'est substituée à l'architecte en devenant la réponse technique globale.

Dans les deux cas, la clé d'adoption a été la confiance dans les acteurs techniques et la valeur perçue de la préfabrication bois : propreté, rapidité, qualité, modernité. Cette pluralité des voies d'adoption confirme que la solution Baticok 2 peut être appropriée aussi bien dans des projets portés par des ménages que dans des démarches d'architecte ou de maîtrise d'œuvre.

Motivations et leviers d'engagement

Pour l'artisan, l'intérêt de la solution Baticok 2 réside dans :

- la cohérence technique entre préfabrication, performance et durabilité ;
- les retours d'expérience de chantiers antérieurs réussis ;
- la valorisation du savoir-faire bois dans un marché dominé par la rénovation lourde traditionnelle ;
- la lisibilité du process, plus industrialisé, plus maîtrisé et plus prévisible qu'une rénovation par étapes ;
- la complémentarité avec les études (audit ou conception architecturale) et du contrôle qualité (en atelier de préfabrication et au test d'étanchéité intermédiaire), qui sécurise la conception et limite les reprises ;
- la praticité à travailler en grande partie en atelier
 - o Pouvoir accepter un chantier loin de son secteur car le temps perdu à faire des allers retours au chantier est réduit à la phase de levage (quelques jours)
 - o Ne pas être soumis aux aléas météorologiques pendant toute la phase de préfabrication, pour lui et ses employés)
 - o Pouvoir, ainsi, avoir une plus grande maîtrise de la mise en œuvre des panneaux

La participation au projet RESTORE a également constitué une vitrine professionnelle, permettant de démontrer la faisabilité de rénovations globales performantes sur des bâtis hétérogènes tout en restant accessibles à des entreprises artisanales locales.

Enseignements globaux

L'expérience Baticok 2 met en lumière :

- le rôle pivot d'un **artisan-référent**, capable de conjuguer exécution et innovation ;
- la **force du réseau local**, où les professionnels s'entraident et se transmettent des chantiers selon leur charge ou leur domaine de compétence ;
- la nécessité d'un **accompagnement technique** pour maintenir la cohérence entre conception et mise en œuvre
- l'intérêt d'artisans de la rénovation de maison individuelle pour des concepts de solution permettant une **maîtrise de la mise en œuvre et un contrôle qualité accru**.

Cette dynamique montre qu'une **solution industrialisée comme Baticok 2** peut s'ancre durablement dans la pratique artisanale, à condition d'être **appropriée par un artisan moteur** jouant à la fois le rôle de **chef de file technique** et de **relais de diffusion locale**.

BLOKIWOOD

La solution **Blokewood** s'appuie sur une chaîne d'acteurs très complémentaires, associant **un industriel innovant, un charpentier-ossature bois** et **une architecte locale** rompue à la rénovation énergétique. Le chantier de Chambéry a ainsi servi de **prototype de mise en œuvre en rénovation** pour cette solution jusqu'alors utilisée uniquement en construction neuve.

Profils et dynamiques d'engagement

- **Dom'Innov (Joël Ménard)**, en tant que **concepteur et fabricant de la solution**, a joué un rôle moteur. L'entreprise voyait dans ce chantier l'occasion de **valider la faisabilité de la solution en rénovation** et d'évaluer la chaîne de préfabrication et de pose. Son implication allait au-delà de la fourniture : participation à la conception, au calepinage, à la logistique, et à la coordination technique avec l'architecte et le charpentier.
- **Coux Frères**, entreprise artisanale savoyarde RGE éco-artisan, a assuré la **pose des caissons préfabriqués** et la **réfection de la toiture**. Bien qu'expérimentée en ossature bois, l'entreprise a dû **s'approprier un nouveau mode de travail** : fixation par rails, assemblage modulaire,

gestion fine des interfaces mur/toiture. Leur motivation principale reposait sur la **volonté de monter en compétence** sur les procédés industrialisés et d'élargir leur offre vers la rénovation performante.

- **Sidonie Boëhm, architecte**, a joué un rôle pivot dans la coordination et la cohérence d'ensemble : elle a orchestré les relations entre industriel, artisans, et bureau d'études thermiques. Habituée à l'écoconstruction, elle a assuré la **traduction architecturale et réglementaire** d'une innovation technique dans un contexte urbain soumis à autorisation.

Adoption de la solution par les acteurs

- L'adoption de la solution Blokiwood à Chambéry résulte d'un **processus collectif et itératif**, où chaque acteur : ménage, architecte, industriel, artisans et BET, a joué un rôle déterminant à une étape différente du projet.
- Le principal frein réside dans le **coût initial élevé et la méconnaissance du procédé** par la majorité des entreprises locales, frein que la formation et la communication RESTORE visent à lever.
- La solution Blokiwood a été **adoptée par conviction technique des professionnels et acceptée par confiance des ménages** : un modèle de diffusion "par démonstration", typique des innovations constructives en phase d'émergence.

Motivations globales

Les motivations des artisans et de la maîtrise d'œuvre convergent autour de quatre leviers :

1. **Innovation technique locale** : participation à la première expérimentation nationale d'une ITE préfabriquée manuportable.
2. **Valorisation du savoir-faire bois** : opportunité de mettre en avant les compétences régionales en filière sèche.
3. **Amélioration des conditions de chantier** : réduction du temps d'intervention, moindre pénibilité, meilleure qualité de finition.
4. **Visibilité et reconnaissance** : projet vitrine RESTORE / PROFEEL avec communication nationale, perçue comme un gage de crédibilité.

Enseignements globaux

- Le chantier a confirmé que la **réussite d'une solution préfabriquée repose sur une alliance étroite entre industriel, architecte et charpentier**.
- La **formation et la coordination initiale** sont des étapes critiques : la préparation du relevé et du calepinage a conditionné la qualité finale.
- Les artisans impliqués ont exprimé une **motivation forte à poursuivre** ce type de démarche, mais soulignent la nécessité de **mieux anticiper les interfaces et d'adapter les outils de pose** pour les futures opérations.

EN SOMME, BLOKIWOOD A FEDERE DES ACTEURS CURIEUX ET ENGAGES, REVELANT UNE FILIERE BOIS LOCALE PRETE A S'APPROPRIER L'INNOVATION DES LORS QU'ELLE EST ACCOMPAGNEE TECHNIQUEMENT ET VALORISEE COLLECTIVEMENT.

Solution d'isolation intérieure des murs en béton de chanvre projeté sur ossature bois

Le projet de Tourcoing a réuni une **équipe d'artisans et de concepteurs régionaux** déjà impliqués dans la rénovation durable et l'expérimentation de matériaux biosourcés. La solution technique **d'isolation intérieure des murs en béton de chanvre projeté sur ossature bois** a suscité une forte adhésion, tout en demandant une **adaptation des pratiques**.

Profils et dynamiques d'engagement

- **Origin Rénovation**, entreprise spécialisée en matériaux biosourcés (chanvre, chaux, coton recyclé), a porté le **lot cloison/plâtrerie et béton de chanvre**. L'équipe était **motivée par l'innovation** et la possibilité de **partager son savoir-faire** sur un chantier démonstrateur.

- **Kontrast Architecture**, maître d'œuvre, a abordé le projet comme une **expérimentation constructive et architecturale** : revisiter une maison ouvrière tout en valorisant les matériaux naturels locaux.
- **LMH (Lille Métropole Habitat)**, bailleur social maître d'ouvrage, a vu dans cette rénovation une **opportunité de tester une solution répliable** sur son vaste parc de maisons « 1930 ».
- Les autres entreprises (Ecolopo, CK Concept, Vanmarcke, Duval Couvertures, Habiteck, TRH...) ont rejoint le projet **dans une logique de complémentarité de lots** et de **montée en compétence collective**.

Adoption de la solution par la chaîne d'acteurs

L'adoption a donné lieu à beaucoup de discussions et de réadaptation de la solution initiale aux contraintes de maître d'ouvrage mais finalement :

- le maître d'œuvre a trouvé un **équilibre entre patrimoine et innovation**,
- et les artisans ont reconnu la **facilité de projection** et la **valeur ajoutée du matériau**.

À Tourcoing, la solution n'a donc pas été imposée, mais **co-construite et appropriée par les acteurs** à partir du contexte social et patrimonial.

Motivations globales

- Valorisation du **patrimoine emblématique des Hauts-de-France**.
- **Engagement social** : rendre un logement ancien confortable pour un futur occupant du parc social.
- **Curiosité technique** et volonté de participer à un **chantier pilote RESTORE**.
- **Formation croisée** entre architecte, artisans et ingénieurs CSTB autour du béton de chanvre.

En somme, les artisans et concepteurs ont été recrutés pour leur expertise régionale, leur sensibilité aux matériaux naturels et leur motivation à contribuer à un **chantier vitrine**, conciliant patrimoine, performance et innovation.

2.2.3. Le chantier : Organisation, préparation, mise en œuvre et suivi qualité

BATICOK1

Les chantiers de Baticok 1 se sont déroulés sans incident majeur, avec des délais respectés et un haut niveau de satisfaction des occupants.

Les **principales étapes techniques** ont inclus :

1. Organisation et préparation fine du chantier
2. Mise en œuvre sur chantier
 1. Découverte totale ;
 2. Renfort ou extension de charpente en rive basse ;
 3. Pose du pare-vapeur et des panneaux isolants (fibre de bois + polyuréthane ou laine de bois croisée selon les variantes) ;
 4. Pose de l'écran HPV et reposé de la couverture ;
 5. Traitement soigné des lucarnes, pignons et raccords mur/toiture.
3. Tests et corrections si nécessaire pour vérifier l'étanchéité de l'enveloppe

La **phase de préparation de chantier** pour Baticok 1 est particulièrement technique et cruciale :

- vérification structurelle des fermettes ;
- anticipation des interfaces (lucarnes, pignons, pied de mur, conduit de cheminée) ;
- échanges préalables avec l'assureur sur la technique non courante et fourniture de croquis détaillés.

La coordination intégrale nécessaire pour la solution est primordiale dès la préparation de chantier afin de simplifier la logistique et renforcer la qualité d'exécution.

Les réunions de préparation permettent de planifier finement la découverture totale, étape sensible nécessitant :

- une fenêtre météo favorable ;
- un stockage organisé des tuiles déposées ;
- et la mise en sécurité du site occupé.

Ces attentions particulièrement importantes pour cette solution sont nécessaires à la qualité de la rénovation mais peuvent être contraignantes et donc un frein pour les acteurs de la rénovation.

Pour la phase de mise en œuvre, les artisans ont souligné plusieurs points clés :

- la grande variabilité possible de la solution pour l'intégrer à différentes pratiques professionnelles et cas de maison ;
- la nécessité de soigner les jonctions et le collage des membranes pour garantir la performance ainsi que la nécessité d'une formation à la pose des membranes d'étanchéité ;
- la préférence pour des matériaux légers (solution Baticok 1 variante) lorsqu'aucun renfort de charpente n'est pas prévu ;
- le besoin crucial du dialogue inter-métiers (sarking/ITE, couverture/VMC) ;
- l'importance d'un contrôle qualité en fin de pose (test d'infiltrométrie).

Focus – Variantes d'exécution de la solution Baticok 1 selon les artisans

L'un des enseignements majeurs de la solution Baticok 1 réside dans la **variabilité des pratiques de mise en œuvre**, observée sur les trois chantiers pilotes (Bretteville, Fleury-sur-Orne, Pont-sur-Seulles). Bien que la logique technique soit identique : découverture totale, enrobage de l'isolant par un écran HPV, continuité d'étanchéité avec la paroi verticale et pose d'un pare-vapeur en sous-face, les modalités de réalisation diffèrent sensiblement d'un artisan à l'autre.

Variante initiale RESTORE par le groupement du projet

La technique du sarking a été associée à une isolation par l'extérieur sur les quatre murs, assurant une continuité d'étanchéité complète. Cela en fait la référence-type de mise en œuvre standardisée pour la suite du projet. Le chantier de Pont-sur-Seulles, a permis de reproduire la solution avec un niveau de rigueur élevé sur la coordination ITE / toiture.

Variante “pour charpentier-couvreur et intégrée à une rénovation globale”

À Fleury, le contractant général a intégré la solution Baticok 1 dans une **rénovation globale coordonnée** (toiture, ITE, ventilation, PAC). La technique a été exécutée par un charpentier-couvreur selon un principe de surélévation de charpente et un sarking en fibre de bois croisée, complété par un pare-vapeur intérieur continu. La solution a été réalisée dans le cadre d'un chantier complet de rénovation BBC, démontrant la compatibilité de Baticok 1 avec un projet global sous maîtrise d'œuvre unique.

Variante “charpente traditionnelle et par une entreprise d'isolation”

Le chantier de Bretteville a mobilisé une entreprise d'isolation spécialisée, intervenant sur **une charpente traditionnelle et non à fermettes**, nécessitant une adaptation de la solution initiale. L'entreprise a conçu un système mixte bois et isolant en panneaux rigides, avec création d'une structure basse spécifique pour prolonger les chevrons et éviter un bandeau trop épais. Cette variante a permis de traiter efficacement les ponts thermiques en pied de toiture à charpente traditionnelle et de maintenir l'esthétique du bâti, sans la compétence d'un charpentier.

Enseignements globaux

- La **souplesse d'adaptation** de Baticok 1 constitue un atout pour sa diffusion, mais elle suppose de formaliser un cadre technique commun (fiches de détails, principes de jonction, matériaux compatibles).
- La qualité finale dépend étroitement de la **formation et des compétences des professionnels**. Quel que soit le profil de l'artisan : charpentier, couvreur ou contractant général, ces professionnels doivent avoir une connaissance fine de la **gestion de l'étanchéité en rénovation globale**, de la **préparation rigoureuse** d'un chantier Baticok 1 et doivent adhérer à un **dialogue inter-métiers** (sarking/ITE, couverture/VMC) permanent.

EN RESUME, BATICOK 1 N'EST PAS UNE SOLUTION UNIQUE FIGEE, MAIS UN SYSTEME CONSTRUCTIF ADAPTABLE, DONT LA PERFORMANCE REPOSE SUR LA QUALITE DU DETAIL ET LA MAITRISE DES INTERFACES.

BATICOK 2

Les chantiers de Baticok 2 se sont déroulés de même, sans incident majeur, avec des délais respectés et un haut niveau de satisfaction des occupants.

Les **principales étapes techniques** ont inclus :

1. Organisation et préparation fine du chantier
2. Relevé de l'existant pour calepinage et conception des panneaux préfabriquées
3. Mise en œuvre sur chantier
 1. Libération des parois ;
 2. Isolation des soubassements ;
 3. Levage et pose des grands pans ;
 4. Repose de la couverture et enduisage des pignons ;
 5. Ajouts de panneaux ENR
4. Tests et corrections si nécessaire pour vérifier l'étanchéité de l'enveloppe

Les chantiers Baticok 2 ont nécessité une préparation en amont particulièrement rigoureuse et longue, du fait du recours à la préfabrication en atelier. La **phase de conception** a inclus :

- la modélisation 3D des façades et de la toiture ;
- un calepinage numérique des panneaux, intégrant les ouvertures et les points de jonctions ;
- la coordination des interfaces entre panneaux et points singuliers (ouvertures, jonctions mur/toiture) ;
- et la validation de la chaîne logistique (transport, levage, calage).

Une fois cette phase aboutie, la mise en œuvre sur site s'est déroulée rapidement et de façon fluide, les panneaux étant posés en quelques jours. Pour les acteurs impliqués, le ressenti est que, hormis la préparation technique, le chantier s'est ensuite déroulé de manière assez classique, avec les mêmes exigences de sécurité, d'étanchéité et de finition.

La réalisation a confirmé la faisabilité opérationnelle d'un chantier Baticok 2 à l'échelle artisanale. Le montage des panneaux bois s'est effectué sans incident majeur, les délais ont été respectés, et la qualité finale conforme aux attentes des ménages et indications du BET.

Les entreprises impliquées ont souligné l'intérêt de ce type d'opération :
« Ce n'est pas plus complexe qu'un chantier classique, mais il faut tout anticiper. Une fois le panneau posé, tout s'emboîte. »

Les **enseignements principaux** de la phase chantier pour Baticok 2 portent sur :

- la nécessité d'une **formation spécifique** des équipes de pose à la gestion des membranes et des raccords d'étanchéité ;
- la nécessité d'une **équipe expérimentée et outillée pour la préfabrication de grands pans** et à toute l'organisation logistique que cela nécessite
- l'importance d'un **contrôle qualité systématique en fin de pose** (test d'étanchéité, repérage des fuites aux jonctions) ;
- la **pertinence d'un retour d'expérience formalisé** après chaque chantier pour capitaliser les ajustements techniques.

Les **principaux enjeux** pour sa réplicabilité restent de :

- **diffuser** cette pratique pour la rendre connue des professionnels et propriétaires
- **pérenniser** ces compétences par le renforcement du sujet « préfabrication en rénovation » dans les formations de charpentier actuelles et par la constitution d'un **réseau d'entreprises** référentes, capable de reproduire la méthode à plus grande échelle.

BLOKIWOOD

Concernant la solution Blokiwood et le chantier de Chambéry, la phase de réalisation s'est déroulée sur une période courte : environ **trois semaines** entre la pose des premiers caissons et la finition des enduits extérieurs.

Les **principales étapes techniques** ont inclus :

1. Organisation et préparation fine du chantier
2. Relevé de l'existant pour calepinage et conception des panneaux préfabriquées
3. Mise en œuvre sur chantier
 1. Mise en place des rails de fixation et calage sur soubassement.
 2. Pose successive des panneaux *BLOKIWOOD* (épaisseur 36 cm incluant isolant fibre de bois, pare-pluie, et parement intérieur OSB).
 3. Traitement des jonctions avec bandes à joints
 4. Habillement et enduit extérieur

Durant la phase de préparation, le chantier Blokiwood s'est distingué par une phase de conception approfondie, nécessaire à la précision de la préfabrication. Cette étape, co-pilotée par l'architecte et Dom'Innov, a comporté :

- un relevé 3D laser des façades ;
- un calepinage numérique des panneaux, intégrant les ouvertures et les points de jonction ;
- la coordination des interfaces entre caissons muraux, toiture, menuiseries et réseaux.

La préfabrication en atelier a permis d'anticiper plus de 80 % des assemblages, mais a nécessité une planification logistique rigoureuse : transport, stockage temporaire.

Organisation de chantier :

- La solution nécessite que l'entreprise pilote la pose, en lien direct avec Dom'Innov pour le contrôle qualité.
- L'architecte doit assurer la coordination quotidienne et la vérification des interfaces esthétiques.

Suivi et enseignements

Les retours des acteurs soulignent une expérience proche d'un chantier industriel :

“Une fois les panneaux livrés, tout s'est enchaîné sans aléas. C'est un autre rythme, plus précis, mais aussi plus exigeant en préparation.”

L'enseignement principal réside dans la nécessité d'un temps de conception plus long que pour une ITE classique, compensé par un temps de chantier réduit et une qualité finale maîtrisée.

Performance

Sur le chantier pilote, les tests d'étanchéité à l'air ont confirmé la **forte réduction des infiltrations** (gain > 50 % sur l'indicateur d'étanchéité n50). Le confort d'été s'est nettement amélioré grâce à la forte inertie du caisson bois isolé.

Enseignements techniques

- La pose des caissons a nécessité **une formation préalable** de l'équipe de pose (manutention, étanchéité, fixations).
- Les interfaces mur/toiture et soubassement demeurent les **points critiques** à standardiser pour la réplicabilité.
- Le chantier a validé la **robustesse du procédé** en conditions réelles : pas de désordre, tolérances respectées, finitions de qualité.

Le projet démontre qu'une solution industrialisée peut être maîtrisée par une PME locale, à condition d'un accompagnement initial par l'industriel et l'architecte.

SOLUTION D'ISOLATION INTERIEURE DES MURS EN BETON DE CHANVRE PROJETEE SUR OSSATURE BOIS

Voici les **différentes phases** d'un chantier avec la solution ITI en béton de chanvre projeté :

1. Avant-projet/conception (peut être très variable suivant qu'il y a une commande publique)
 1. Diagnostic complet du bâti (structure, humidité, mérule, réseaux).
 2. Études d'exécution détaillées et fiches techniques validées avant démarrage.
 3. Réunions de coordination hebdomadaires dirigées par l'architecte
 4. Planification du temps de séchage du béton de chanvre (10 semaines) pour anticiper les interfaces avec les autres corps d'état.
2. Préparation du chantier
 1. Si besoin, curage et dépose des extensions vétustes ;
 2. Réfection partielle de charpente (chevrons dégradés) ;
 3. Coulage d'une dalle sur isolant rigide pour reprise de charge du béton de chanvre ;
3. Projection du béton de chanvre sur ossature bois (26 cm d'épaisseur) ;
4. Travaux complémentaires
 1. Réalisation de l'extension en ossature bois isolée en fibre de bois ;
 2. Pose des menuiseries, finitions intérieures, VMC et chaudière gaz à condensation.

Suivi

Le suivi de chantier nécessite un contrôle du respect des Règles Professionnelles "Construire en Chanvre".

Enseignements techniques

- L'impact du séchage du béton de chanvre (10 semaines) est à prendre en compte dans le planning de chantier
- La **coordination entre lots** (plomberie, électricité, plâtrerie) est cruciale pour éviter les interférences pendant le séchage.
- La **formation des artisans** à la projection et aux interfaces béton de chanvre / bois est indispensable.



3. ANALYSE ECONOMIQUE DES SOLUTIONS RESTORE : COUTS, GAINS, FINANCEMENT ET POTENTIELS DE REDUCTION

L'analyse économique des solutions RESTORE examine les coûts des chantiers de rénovation de la conception à la réception des travaux mais elle tente aussi d'évaluer l'ensemble des gains associés à ces investissements en efficacité énergétique : la baisse de la facture d'énergie pour les ménages, la valorisation du patrimoine immobilier et l'ensemble des bénéfices induits qui ne se traduisent pas par une contrepartie financière mais peuvent apporter une valeur ajoutée qui renforce l'intérêt des solutions : la diminution des émissions de CO₂, la rapidité d'intervention sur chantier, des conditions de sécurité au travail renforcées, une baisse des nuisances associées au chantier (pollution sonore et environnementale).

Ces éléments sont ensuite replacés dans le contexte du financement de la rénovation énergétique qui est souvent considéré comme un point de blocage dès lors que les ménages n'ont pas accès à des subventions pour financer leur projet de rénovation.

L'analyse se focalise sur les aspects techniques de la solution et non les actions commerciales qui pourraient être développées en parallèle et pourraient renforcer l'attractivité de la solution. Par exemple, si les porteurs de projets proposent un accompagnement administratif du projet de rénovation en fournissant aux ménages des informations sur les démarches à accomplir pour bénéficier d'aides, un soutien au montage de dossiers de demandes de subventions, une mise en relation avec des organismes de financement, l'intérêt pour la solution sera renforcé. Néanmoins, le dispositif actuel d'aides à la rénovation énergétique, a institutionnalisé cet accompagnement. En effet, un projet de rénovation ne peut bénéficier d'un soutien financier national (notamment de MaPrimeRénov') que s'il s'inscrit dans un parcours sécurisé qui conduit à faire intervenir un interlocuteur de confiance qui accompagnera les ménages pour les aspects techniques, administratifs, financiers et sociaux liés à la rénovation.

3.1. Les coûts et les gains directs des projets

3.1.1. Les coûts directs

Les coûts directs se décomposent en quatre catégories :

- Les études (prise de côtes, études de conception, ...);
- Les équipements (ECS solaire, panneaux photovoltaïques, VMC, PAC, ...);
- Les travaux intérieurs induits par l'innovation (par exemple, la réalisation de faux-plafonds pour assurer le passage des gaines de ventilation, le renforcement des fondations et de la charpente, ...);
- Les travaux liés à l'enveloppe du bâtiment.

La répartition entre ces quatre postes pour les sept chantiers du projet RESTORE, est examinée dans le tableau 1.

Tableau 1 : La répartition des coûts de rénovation énergétiques des sept chantiers

Solutions	Chantiers	Etudes [€ HT]	Equipements [€ HT]	Travaux intérieurs induits [€ HT]	Enveloppe [€ HT]	Total [€ HT]
Baticok 1	Bretteville	1 500 (2%)	16 000 (20%)	500 (1%)	63 000 (77%)	81 000
Baticok 1	Fleury	1 000 (1%)	18 000 (14%)	-	82 000 (81%)	101 000

Baticok 1	Ponts sur Seulles	1 000 (1%)	15 000 (12%)	-	101 000 (87%)	117 000
Baticok 2	Agneaux	20 500 (10%)	32 000 (16%)	14 000 (7%)	135 000 (67%)	201 500
Baticok 2	Mesnil-Patry	8 000 (5%)	20 000 (11%)	12 000 (7%)	137 000 (77%)	177 000
Blokwiwo od	Chambéry	18 500 (15%)	18 500 (15%)	24 000 (19%)	63 500 (51%)	124 500
Béton de chanvre	Tourcoing	37 700 (27%)	10 200 (7%)	7 000 (5%)	84 500 (61%)	139 400

Coûts des études

Tous les chantiers associés à la solution Baticok 1 (Bretteville, Fleury et Ponts-sur-Seulle) enregistrent des coûts d'études affichés réduits qui se limitent le plus souvent à des tests d'étanchéité à l'air. Néanmoins, ces projets avaient aussi bénéficié d'audits énergétiques détaillés et de qualité qui ont permis de diminuer l'enveloppe consacrée à la conception. Le coût de ses audits restant très limité (autours de 1 000 euros à chaque reprise), ils n'auraient pas profondément modifié la répartition des coûts.

Ainsi, l'audit énergétique du projet de Fleury « *a défini un cap qui a permis à l'entreprise de construire petit à petit un programme et une proposition de travaux la plus optimale en termes de budget pour le ménage et de cohérence des travaux (en gérant toutes les interfaces concernées par les travaux entrepris).* » L'objectif de cet audit était de limiter les facteurs de risque et notamment de répondre aux attentes de l'assureur qui demandait des croquis d'exécution clairs afin de bien anticiper les interfaces complexes (jonctions toiture/mur, réhausse de cheminée, VMC) et de donner des informations sur l'état du support couverture. Les propositions émises dans l'audit ont permis de définir des propositions de travaux cohérentes dans leur ensemble.

Le fait que l'auditeur soit le même pour les trois projets (Bâtiderm ingénierie) amène aussi à une baisse des coûts d'études. Au-delà de son expertise liée à plus de quinze années d'expérience thermique du bâtiment, l'ingénieur en charge de ces études qui est aussi agréé « Mon Accompagnateur Renov », est intervenu sur les trois chantiers Baticok 1. Il avait donc acquis une parfaite connaissance de la solution technologique.

Ces faibles coûts de conception résultent aussi de la nature de l'intervention qui vise principalement à isoler la toiture. La solution proposée repose sur une intervention classique sur chantier qui ne requiert pas des analyses trop poussées en phase de conception. Ces travaux d'isolation entraînent ensuite une action sur le système de ventilation. D'autres actions sont possibles mais dépendent de l'état du bâti initial et probablement du budget des ménages. Par exemple, à Fleury, quelques menuiseries extérieures sont remplacées (porte d'entrée, fenêtre du salon et des lucarnes du toit) et une PAC air-eau est installée.

A l'inverse, la mise en œuvre des solutions préfabriquées (Baticok 2 et Blokiwood) nécessite des études amont beaucoup plus détaillées (scan 3D de l'existant et étude de conception détaillée) indispensables au travail en atelier et à une rapidité d'intervention sur chantier. Ces coûts sont incompressibles comme le rappellent la plupart des études menées sur le sujet.³ Dans ce domaine, c'est le projet de Tourcoing qui a requis un budget conséquent pour rémunérer l'équipe de maîtrise

³ Pour les façades préfabriquées hors site, « *un scan 3D de la maison est impératif afin d'obtenir les côtes réelles du bâti. Il est impossible d'utiliser les plans d'architecte. Cette première opération est relativement coûteuse puisqu'il faut compter entre 3 500 et 5 000 € pour le scan et la modélisation d'une maison. Au-delà des études thermiques et de migration de l'eau, l'étude structurelle est nécessaire. Le complexe doit être conçu pour limiter ses déformations pendant les phases de transport, de manutention et de pose. L'emploi d'un logiciel de CAO type AutoCAD est impératif. Si la masse rapportée est supérieure 70 kg/m², il conviendra de s'assurer que la structure du bâti est en mesure de supporter cet apport. En complément, des tests d'arrachement devront être réalisés pour valider le système de fixation. L'intervention d'un BE structure peut s'avérer nécessaire pour répondre aux attentes du contrôleur technique ou de l'ATex.* » (Gérard et al., 2025).

d'œuvre. Ceci s'explique là aussi par la nature du projet qui consiste à réhabiliter lourdement un bâtiment existant à l'aide de matériaux biosourcés. En outre, le maître d'œuvre n'avait jamais conçu de projet avec du béton de chanvre.

Coût des équipements

Le montant dédié aux équipements est variable mais de façon générale, il correspond à 15% - 20% de l'enveloppe globale. Les différences de montants résultent a priori des choix individuels des ménages.

Par exemple, à Agneaux, la rénovation conduit à intégrer de l'ECS solaire, des panneaux photovoltaïques, de la VMC double flux et un poêle à granulés (montants totaux de 32 000 €). Il s'agissait aussi sur ce projet de bénéficier d'une opportunité de chantier. Comme la toiture allait être découverte, la pose de panneaux en toiture pouvait être menée à moindre coût.

Ailleurs, les actions portent le plus souvent sur l'intégration d'une VMC (simple ou double flux à Bretteville, Chambéry, Fleury, Mesnil-Patry, Ponts-sur-Seulles), d'un chauffe-eau (Bretteville, Mesnil-Patry, Ponts-sur-Seulles).

L'intégration d'une VMC allait de pair avec les solutions d'innovation préconisées. L'objectif était d'assurer la bonne qualité de l'air intérieur des logements et d'éviter l'apparition de champignons que l'on constate fréquemment dans des logements anciens rénovés et mieux isolés mais mal ventilés. Des commandes groupées pourraient sans doute conduire à des baisses de prix pour ces équipements que l'on retrouve de façon récurrente dans tous les projets. Autant cela semble difficile à mettre en œuvre pour des éléments techniques liés à l'isolation des façades tant les projets sont dissemblables et requièrent du sur-mesure, autant sur les équipements, la standardisation des solutions ouvre davantage d'opportunités pour ces commandes groupées.

Ampleur des rénovations

Par un effet mécanique, les projets dont les études sont très limitées, ont une part dédiée aux travaux sur l'enveloppe plus conséquente. Néanmoins, en valeur absolue, ce sont les solutions préfabriquées les plus coûteuses. Ceci ne résulte pas tant du choix pour des solutions préfabriquées mais avant tout de l'ampleur des projets de rénovation.

Deux cas conduisent ainsi à une extension et une augmentation de la surface habitable (Agneaux et Mesnil-Patry)⁴. Les ménages (futurs propriétaires occupants) achètent une maison et profitent de cet instant qui suit la transaction immobilière pour mener une rénovation lourde du logement. Le moment est d'autant plus propice que le logement est vide. En outre, le coût des travaux est associé à celui de l'achat. Cette configuration se présente à Chambéry, Agneaux et Mesnil-Patry.

Les interventions plus conséquentes, impliquent davantage de corps d'Etat. Ceci renforce la complexité liée à la gestion des interfaces. Cela peut aussi générer des modalités d'action plus imposantes et notamment des temps d'études plus longs pour bien anticiper la préparation du chantier, l'installation d'un échafaudage et le recours à une grue pour poser les modules d'isolation préfabriqués en atelier.

3.1.2. Les gains directs de la rénovation : les économies d'énergie et la valorisation patrimoniale

La principale raison d'être de la rénovation énergétique, est d'abaisser les consommations d'énergie et d'améliorer le confort des usagers et notamment de sortir certains ménages d'une situation de précarité énergétique.

⁴ Cette augmentation de surface est associée à la même solution technique (Baticok 2). Même si d'autres approches techniques auraient permis d'aboutir à un résultat similaire, cela montre surtout que cette solution permet de mener à bien un projet d'extension qui offre des perspectives de plus-values immobilières ultérieures.

Cadre d'étude – consommation d'énergie

Les économies d'énergie réalisées ont été calculées sur une période de vingt ans à partir des audits énergétiques menés par les bureaux d'études (résultats donnés par URBANIS). C'est la méthode conventionnelle 3CL qui a été retenue pour l'avant et après travaux. Cette méthode permet de comparer des factures d'énergie dans les mêmes conditions d'occupations. Les factures théoriques initiales apparaissent parfois très élevées. Par exemple, au Mesnil-Patry, l'estimation avant travaux était de 892 euros mensuels soit une facture annuelle de 10 700 euros. Cela s'explique par le statut de passoires thermiques de ces logements équipés d'un chauffage électrique et non isolés.

Ces calculs théoriques peuvent s'écartier des consommations qui seront constatées en usage. Comme le calcul repose sur des hypothèses conventionnelles, il n'intègre pas les différences de mode de vie des ménages au sein des logements. En outre, pour éviter de s'acquitter des factures énergétiques trop élevées, les occupants peuvent adapter leurs usages (en ne chauffant que les pièces de vie, en abaissant les températures de consigne et en se couvrant).

Ecart consommation théorique/réel

Ces divergences de comportements des individus et ces modalités d'adaptation des individus au contexte, constituent les principales sources des écarts constatés et notamment d'économies d'énergie réelles inférieures aux prédictions. Deux effets sont régulièrement évoqués pour expliquer ces écarts :

- L'effet rebond traduit une situation où les ménages ont tendance à augmenter le niveau de leur température de confort car ils savent qu'après la rénovation leur logement est moins énergivore. Les consommations après travaux sont alors supérieures aux prévisions.
- L'effet « prébond » traduit un phénomène inverse. Comme les logements avant travaux sont déperditsifs, les ménages aux revenus les plus faibles, tendraient aussi à restreindre leur usage du chauffage. Les consommations réelles avant travaux sont alors inférieures aux prévisions des modèles.

Ces deux effets sont régulièrement évoqués dans la littérature économique. Par exemple, dans une étude menée sur 50 000 logements en Suisse⁵, la consommation d'énergie réelle des logements classés G est inférieure de 40% à la consommation théorique indiquée dans le DPE. A l'inverse, elle était de 12% supérieure pour les logements avec l'étiquette B.

Par ailleurs, les calculs des économies d'énergie supposent que les travaux ont été correctement exécutés. Or, en matière de travaux de rénovation, la qualité est souvent questionnée et les malfaçons sont régulièrement avancées pour expliquer les écarts constatés.⁶

Cadre d'étude – coût des énergies

Selon la CRE (Commission de Régulation de l'Energie), les prix de l'électricité ont augmenté de 55% en 13 ans entre 2012 et 2025 (en option base - [Historique tarifs CRE](#)), passant de 0,1256€ à 0,1952€ TTC par kilowattheure consommé. Ceci correspond à une hausse annuelle moyenne de 3,45%. Si la référence avait été le prix pratiqué fin 2024, la hausse annuelle moyenne aurait été de 5,49%. Deux hypothèses de hausse ont ainsi été retenues :

- Une plutôt conservatrice conduisant à une hausse annuelle moyenne de 3,45% sur vingt ans et ;

⁵ Cozza S., J. Chambers et M. K. Patel, 2020, "Measuring the thermal energy performance gap of labelled residential buildings in Switzerland", *Energy Policy*, 137.

⁶ Christensen et al. (2021) ont tenté de chiffrer ces trois effets en s'appuyant sur les données d'un programme de rénovation supporté par des agences de l'Illinois (USA). Les données exploitées couvraient 9 800 maisons qui avaient bénéficié du programme entre 2009 et 2016. Dans 51% des cas, les projections avant travaux correspondaient aux résultats. Les écarts constatés sur environ la moitié de l'échantillon résulteraient à 41% de problèmes de modélisation et donc de divergence entre les calculs théoriques avant travaux et les économies réelles. 43% proviendrait de la qualité des travaux et seulement 6% de l'effet rebond (le reste étant inexpliqué) - Christensen P., Francisco P., Myers E. et M. Souza, 2021, « Decomposing the wedge between projected and realized returns in energy efficiency programs », *E2e Working Paper 046*, 15 février 2021, University of California Berkeley, The University of Chicago, Massachusetts Institute of Technology.

- Une seconde supposant que les coûts de l'énergie vont davantage augmenter en France au cours des prochaines années, en raison des tensions internationales et des déréglementations en cours.⁷

Cas particulier

Les travaux de rénovation conduisent dans tous les cas à de substantielles économies d'énergie potentielles qui allègeraient le reste à charge mensuel des ménages⁸. Sur vingt ans⁹, l'économie se monte à 34 000 euros pour le projet le moins favorable avec le taux d'inflation le plus faible. Le projet du Mesnil-Patry se situe à l'autre extrémité du spectre avec une économie d'énergie cumulée évaluée à environ 261 000 euros. Cependant, ce cas est trop atypique pour pouvoir être comparé aux autres. Sa surface habitable avant travaux était de 37 m² et le projet de réhabilitation conduit le ménage à bénéficier d'une surface de 150 m² à l'issue des travaux. En outre, le bâtiment initial n'était absolument pas isolé.

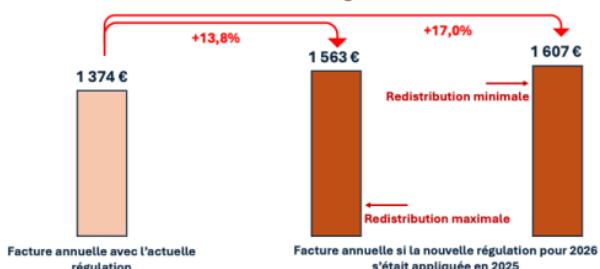
Vue globale

La fourchette de gains est souvent comprise entre 40 000 et 50 000 euros. Cette réduction est d'autant plus intéressante que les évolutions des prix de l'énergie semblent de plus en plus erratiques comme le montre l'historique des prix de la CRE (cf. supra). Réduire les consommations, c'est donc aussi réduire l'incertitude qui pèse à moyen et long terme sur le budget disponible des ménages.

Les économies d'énergie annuelles associées à la solution Baticok 1, apparaissent homogènes. Ceci s'explique par des projets relativement semblables : à savoir la mise en œuvre en milieu occupé d'une isolation de la toiture par découverture totale. Les autres projets qui consistent en des réhabilitations beaucoup plus lourdes dans des logements vides de leurs occupants, sont plus hétérogènes tant du point de vue des solutions mises en œuvre que de la qualité du bâti initial et des économies d'énergie générées.

⁷ Au 1^{er} janvier 2026, il sera mis fin au prix régulé de l'électricité. Jusqu'au 31 décembre 2025, le Tarif Régulé de Vente de l'énergie est calculé, pour sa composante énergie, du tarif régulé du nucléaire historique (ARENH - Accès Régulé à l'Électricité Nucléaire Historique) et du prix du marché de gros de l'électricité. Au-delà de cette date, ce TRV sera composé uniquement du prix du marché de gros, exposant ainsi le consommateur aux évolutions du prix du marché. Comme la part énergie représente un tiers environ de la facture (ce tiers est complété de la part des réseaux qui est soumise à un tarif administré puisque c'est un monopole naturel et la part réservée aux taxes et accises qui est fixée par les pouvoirs publics. Selon l'UFC Que Choisir (2025), cette réforme pourrait conduire à une hausse des factures comprise entre 14 et 17%.

Impact théorique de la nouvelle régulation prévue en 2026 sur la facture annuelle d'un ménage abonné au TRV en 2025



Source : Calculs et estimations UFC-Que Choisir, d'après données CRE. Le profil que nous retenons ici est celui d'un ménage consommant 6.000 kWh d'électricité par an avec un abonnement en base d'une puissance de 6 kVA.

⁸ L'usage du conditionnel s'explique par un calcul qui reste théorique et basé sur des hypothèses conventionnelles, comme cela a été indiqué précédemment.

⁹ La durée de vingt ans a été retenue car elle correspond à la durée maximale de remboursement pour l'Eco-PTZ. Les économies d'énergie, les gains CO₂ devraient être appréciés sur cette durée même s'ils peuvent aller au-delà.

Tableau 2 : Economies d'énergie potentielles sur vingt ans après travaux de rénovation - solution Baticok 1

Années	2025	2030	2035	2040	2044	Total (2025 à 2039)
Fleury Solution Baticok 1 – Coût des travaux de performance énergétique : 101 000 € HT						
Economie d'énergie (€) – hausse annuelle moyenne de 3,45%	1 425	1 688	2 000	2 370	2 715	40 092
Economie d'énergie (€) – hausse annuelle moyenne de 5,49%	1 425	1 862	2 432	3 177	3 934	49 634
Bretteville Solution Baticok 1 - Coût des travaux de performance énergétique : 81 000 € HT						
Economie d'énergie (€) – hausse annuelle moyenne de 3,45%	1 215	1 440	1 706	2 021	2 314	34 184
Economie d'énergie (€) – hausse annuelle moyenne de 5,49%	1 215	1 587	2 073	2 709	3 354	42 320
Ponts-sur-Seulles Solution Baticok 1 – Coût des travaux de performance énergétique : 117 000 € HT						
Economie d'énergie (€) – hausse annuelle moyenne de 3,45%	1 485	1 759	2 085	2 470	2 829	41 780
Economie d'énergie (€) – hausse annuelle moyenne de 5,49%	1 485	1 940	2 534	3 311	4 100	51 724

Tableau 3 : Economies d'énergie potentielles sur vingt ans après travaux de rénovation énergétique (autres solutions que Baticok 1)

Années	2025	2030	2035	2040	2044	Total (2025 à 2039)
Agneaux Solution Baticok 2 – Coût des travaux de performance énergétique : 201 500 € HT						
Economie d'énergie (€) – hausse annuelle moyenne de 3,45%	2 595	3 075	3 643	4 316	4 943	73 010
Economie d'énergie (€) – hausse annuelle moyenne de 5,49%	2 595	3 390	4 428	5 785	7 164	90 387
Mesnil-Patry Solution Baticok 2 – Coût des travaux de performance énergétique : 184 000 € HT						
Economie d'énergie (€) – hausse annuelle moyenne de 3,45%	9 280	10 995	13 027	15 435	17 678	261 091
Economie d'énergie (€) – hausse annuelle moyenne de 5,49%	9 280	12 123	15 837	20 688	25 619	323 233
Chambéry Solution Blokiwood - Coût des travaux de performance énergétique : 124 500 € HT						

Economie d'énergie (€) – hausse annuelle moyenne de 3,45%	1 785	2 115	2 506	2 969	3 400	50 221
Economie d'énergie (€) – hausse annuelle moyenne de 5,49%	1 785	2 332	3 046	3 979	4 928	62 174
Tourcoing ITI en béton de chanvre projeté – Coût des travaux de performance énergétique : 116 000 € HT						
Economie d'énergie (€) – hausse annuelle moyenne de 3,45%	3 580	4 242	5 026	5 954	6 820	100 723
Economie d'énergie (€) – hausse annuelle moyenne de 5,49%	3 580	4 677	6 109	7 981	9 883	124 696

Valeur verte

La baisse de la facture énergétique a un effet induit : l'augmentation de la valeur verte du logement.

Le gain de valeur verte repose sur les calculs effectués par URBANIS à partir des statistiques immobilières des notaires. L'analyse des Notaires de France indiquait notamment : « *L'impact de l'étiquette énergie sur les prix des logements anciens se renforce en 2023. Celui du passage à une étiquette très économique (classes A et B) a progressé en particulier pour les maisons : la plus-value engendrée par une étiquette A ou B, par rapport à une maison similaire de classe D, varie de +6% en grande couronne francilienne, à +18% en Occitanie. De même, pour le passage à une étiquette très énergivore (classes F et G), la moins-value continue de progresser et plus particulièrement pour les appartements.* »¹⁰

Selon le Baromètre Hellio 2025¹¹ relatif aux copropriétaires et aux travaux de rénovation énergétique, la valorisation du bien immobilier est la première raison évoquée pour lancer une rénovation énergétique devant la réduction des factures d'énergie (hiérarchie annoncée par 29,6% et 23,2% des sondés).

Dans le cas des projets examinés, le saut de classe énergétique se traduit par une plus-value immobilière potentielle souvent voisine des 20% (Tableau 4). Ce gain peut s'obtenir sur une courte période (cas des projets dont le bien immobilier a été acheté puis rénové immédiatement avant emménagement) ou une moyenne / longue période (cas des maisons dont les propriétaires se lancent dans un projet de rénovation, après l'avoir habitée plusieurs années).

Cette plus-value est encore plus élevée dès l'instant où la rénovation énergétique s'accompagne de travaux d'extension et d'une augmentation de la surface habitable (cas d'Agneaux et du Mesnil-Patry). Ces gains potentiels de valeur verte (les plus élevés parmi les sept projets) semblent le fruit de l'amélioration importante de la performance énergétique du bien et de la hausse de la surface habitable.

Cette plus-value a peu de chance de se matérialiser à court terme puisque la plupart des ménages qui rénovent, cherchent davantage à améliorer leur confort qu'à réaliser une plus-value immobilière immédiate. En outre, les ménages concernés, souvent retraités, se placent davantage dans le cadre d'une transmission de biens intergénérationnelle.

¹⁰ Notaires de France, 2024, *La valeur verte des logements en 2023 – France Métropolitaine*, Etudes statistiques immobilières, Analyse détaillée, Novembre 2024.

¹¹ Hellio, 2025, *Baromètre Hellio 2025 – Les copropriétaires et les travaux de rénovation énergétique*, Communiqué de presse du 5 novembre 2025.

Tout en étant hypothétique, cette plus-value participe à l'équilibre économique du projet. Elle constitue même une pièce centrale du montage financier d'un projet de rénovation (figure 1).

Tableau 44 : Economies d'énergies totales estimées et plus-value immobilière

Solution Restore	Nom du projet	Economie d'énergie estimée sur 20 ans (housse annuelle moyenne de 3,45%) [€]	Economie d'énergie estimée sur 20 ans (housse annuelle moyenne de 5,49%) [€]	Gain de surface habitable [m ²]	Gain de valeur verte potentiel [€]	Valorisation [%]
Baticok 1	Bretteville	34 184	42 320	0	50 600	22
Baticok 1	Fleury	40 092	49 634	0	39 198	16
Baticok 1	Ponts-sur-Seulles	41 780	51 724	0	48 740	22
Baticok 2	Agneaux	73 010	90 387	15	57 553	44
Baticok 2	Mesnil-Patry	261 091	323 233	113	73 030	28
Blokiwood	Chambéry	50 221	62 174	0	55 000	22
ITI Béton de chanvre	Tourcoing	100 723	124 696	0	54 257	24

Plan de financement

Les économies d'énergie et la valorisation immobilière constituent deux points essentiels dans le plan de financement élaboré par une banque ou une société de tiers-financement¹² (STF) qui accorderait un prêt pour des travaux d'efficacité énergétique. La notation d'un prêt repose en effet sur trois paramètres :

1. Le reste à vivre mensuel qui correspond au montant dont dispose le ménage après déduction de l'ensemble de ses dépenses fixes ;
2. Le ratio « loan to value » représente le rapport entre le montant de l'ensemble des prêts et la valeur immobilière du bien. Il permet d'apprecier la capacité d'un ménage à solder son prêt en cas de vente immobilière (événement occasionné par des difficultés financières associées à une période de chômage, un divorce, un accident,...). Le risque est moindre lorsque ce taux est inférieur à 80%. Un bien qui bénéficie d'une étiquette énergétique B ou C, se négociera mieux sur le marché qu'un bien F ou G. Ceci diminuera d'autant le ratio « loan to value » ;
3. Les économies post-travaux correspondent à la différence entre le montant des économies d'énergie obtenues à l'issue des travaux et le montant du prêt. Si ce solde est positif, le projet de rénovation a contribué à améliorer le budget disponible des ménages.

¹² L'article L381-1 du Code de la construction définit les activités de tiers-financement : « Le tiers-financement, dans le champ d'opérations de rénovation de bâtiments, est caractérisé par l'intégration d'une offre technique, portant notamment sur la réalisation des travaux dont la finalité principale est la diminution des consommations énergétiques, à un service comprenant le financement partiel ou total de ladite offre, en contrepartie de paiements échelonnés, réguliers et limités dans le temps. Est exclue du service de tiers-financement au sens du présent article la vente ou la revente d'énergies. » (...) « Est dit société de tiers-financement tout organisme susceptible d'offrir au maître de l'ouvrage un service de tiers-financement tel que défini à l'article L.381-1 » (Article L381-2).

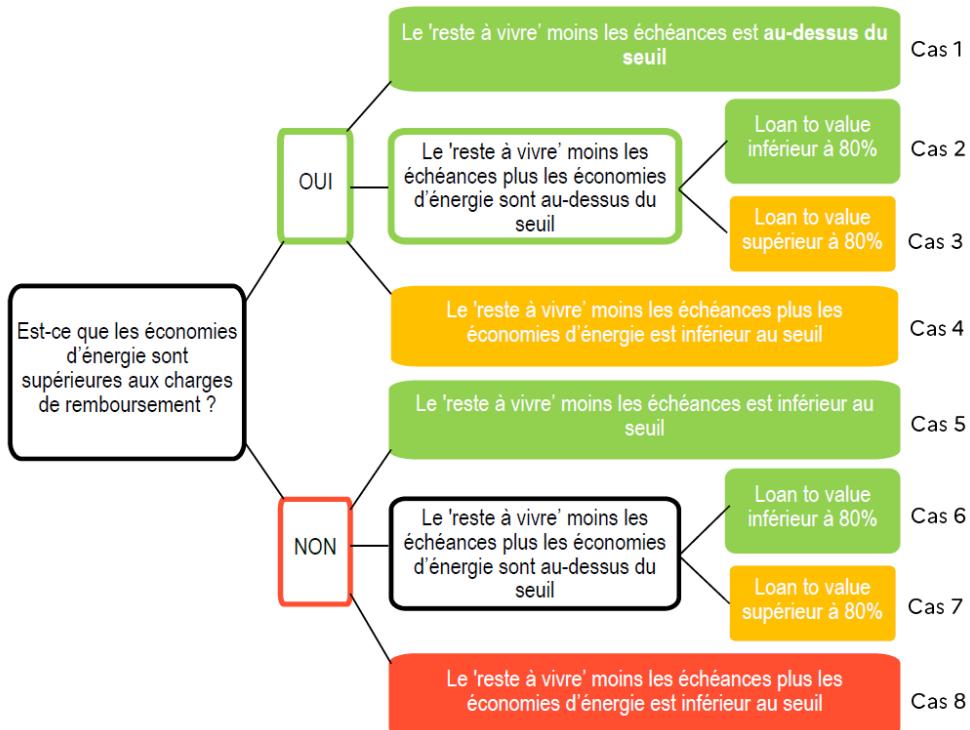


Figure 1 : Arbre de décision pour l'octroi de crédit des STF (Source : DHUP, 2023)

Ces trois critères permettent d'apprécier le risque de non-remboursement d'un prêt (Figure 1). Pour mener cette évaluation, les sociétés de tiers-financement s'appuient d'ailleurs sur les gains énergétiques réellement obtenus à l'issue des travaux puisque ces économies forment la pierre angulaire de l'équation financière¹³. En effet, si les économies d'énergie réelles ne correspondent pas aux objectifs annoncés avant les travaux, la capacité de remboursement des ménages s'en trouve affectée. En outre, cela menace la pérennité du modèle (la valeur verte du bien immobilier est diminuée).

Cette approche défendue par les STF permet souvent d'aller au-delà du taux d'endettement maximum de 35% auquel les banques sont astreintes.

¹³ Dans l'ensemble, les banques se satisfont à ce jour des informations apportées par le DPE. Néanmoins, cette situation est en train d'évoluer sous l'effet évolutions réglementaires européennes (Taxonomie Verte Européenne qui propose une classification des activités économiques selon leur impact environnemental, Green Asset Ratio qui permet d'apprécier la contribution des institutions financières aux objectifs environnementaux européens et « critère climat » nouvellement introduit par la Banque Centrale Européenne pour apprécier le degré d'exposition au risque climatique des actifs financiers des banques

3.2. Les externalités

Les coûts directs peuvent aussi être contrebalancés par des bénéfices induits souvent d'ordre qualitatifs qui ne sont pas directement chiffrables. Ces effets secondaires de l'activité de rénovation qui ne se traduisent pas par une contrepartie financière, sont généralement qualifiés d'externalités. Ces externalités peuvent être de nature environnementale ou non. Elles peuvent constituer un critère de décision notamment lorsqu'il convient d'arbitrer entre deux solutions.

Dans sa section relative aux critères d'attribution, le Code de la commande publique fait explicitement référence aux externalités environnementales comme l'un des critères pour déterminer l'offre économiquement la plus avantageuse à condition qu'elles puissent être monétisées. L'article R2152-9, définit ainsi le coût du cycle de vie :

1. *Les coûts supportés par l'acheteur ou par d'autres utilisateurs (...)*
2. *Les coûts imputés aux externalités environnementales et liés au produit, au service ou à l'ouvrage pendant son cycle de vie, à condition que leur valeur monétaire puisse être déterminée et vérifiée. Ces coûts peuvent inclure le coût des émissions de gaz à effet de serre et d'autres émissions polluantes ainsi que d'autres coûts d'atténuation du changement climatique. »*

Les solutions RESTORE se traduisent par un coût carbone lié aux travaux mais surtout par un gain résultant de la baisse des émissions de CO₂ associée à celle des consommations d'énergie. L'objectif des lignes qui suivent est de monétariser ce gain.

3.2.1. Les gains associés à la baisse des émissions de CO₂

Comme indiqué précédemment, la principale raison d'être de la rénovation énergétique est de réduire les consommations d'énergie du logement que supportent les ménages et d'améliorer le confort. Mais **la rénovation vise aussi à diminuer les émissions de CO₂ et l'impact carbone du bâtiment.**

L'Analyse en Cycle de Vie d'une rénovation vise à quantifier l'ensemble des impacts environnementaux du projet de rénovation tout au long de son cycle de vie établie (durée de vie fixée conventionnellement à 50 ans).

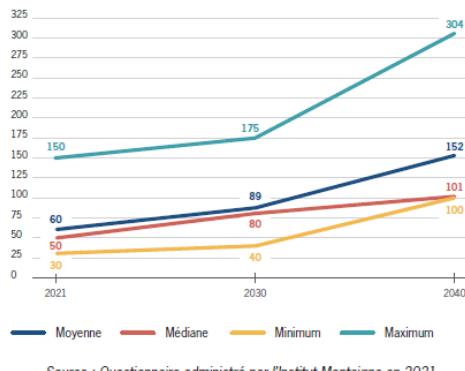
Un tel calcul a pu être réalisé sur quatre chantiers réalisés dans RESTORE, qui mettaient en œuvre quatre solutions différentes : Baticok 1, Baticok 2, Blokiwood et isolation intérieure des murs en béton de chanvre projeté sur ossature bois. Cela a permis de définir le **temps de retour carbone** (TRC = durée nécessaire pour que les économies d'émissions carbone liées aux économies d'énergie permises par la rénovation compensent les émissions liées aux travaux de rénovation). Au-delà, de cette durée, le projet de rénovation présente un bilan carbone positif. Ces calculs inscrivent les projets dans une dynamique de transition énergétique.

Les gains CO₂ issus des résultats de ces analyses ACV peuvent être traduits en unité monétaire. A priori tous les projets ont des **TCR assez courts, proches de cinq ans**. Ce gain carbone peut être considéré comme une **externalité positive** et il peut se monétariser en multipliant le gain carbone annuel par le prix de la tonne de carbone.

Valoriser les externalités permet d'appréhender l'ensemble de la contribution économique et sociale d'un projet / d'une entité économique. Le prix de la tonne sur le marché a subi de fortes évolutions au cours des dernières années. En février 2023, il avait ainsi atteint 98€/t. Mi-septembre, le prix était de 77€/t. Plus le prix augmentera, plus les investisseurs auront intérêt à privilégier des technologies favorisant la décarbonation et à promouvoir des projets de rénovation ambitieux.

A un horizon de vingt ans, comme il est impossible de prévoir l'évolution, deux scénarios sont proposés. Le premier s'appuie sur le prix interne du carbone ; le second sur la valeur de l'action pour le climat.

L'institut Montaigne a cherché à évaluer les prix internes du carbone à l'horizon 2040 (Figure 2)¹⁴.

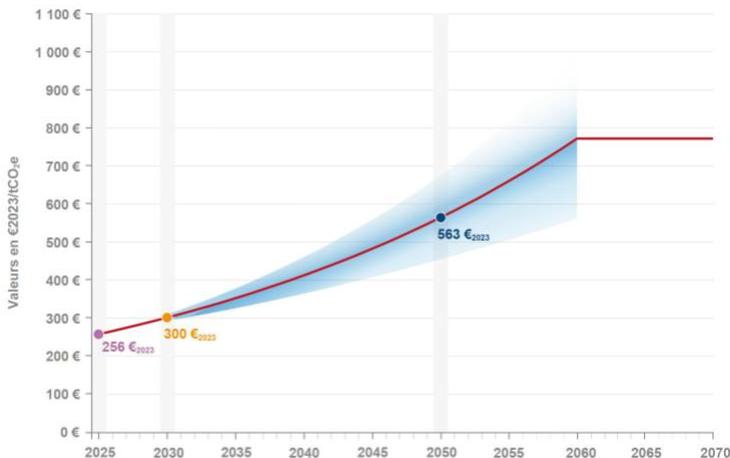


Source : Questionnaire administré par l'Institut Montaigne en 2021.

Figure 2 : Evolution des prix internes du carbone de 2021 à 2040 (en €/tCO₂e émise)

Ce prix interne est pour les entreprises « un outil de management du risque (ou de test de la résilience des investissements) qui vise à assurer la rentabilité et la pérennité de l'entreprise mais aussi à identifier des opportunités liées à la transition. » (ibid, p.15). Il doit conduire les entreprises à favoriser les investissements contribuant à la réduction des émissions de CO₂.

Sur la base de ces différents éléments, dans le cadre d'un premier scénario, un prix de 77€/t a été retenu pour la période allant de 2025 à 2029. Puis des prix de 120€/t et 152€ ont été retenus respectivement pour les périodes 2030 – 2039 (prix moyen de l'évolution moyenne entre 2030 et 2040 – selon le schéma ci-dessus) et 2040 – 2044.



Lecture : le « cône » encadrant la trajectoire traduit qualitativement les ajustements futurs possibles de la valeur de l'action pour le climat dans le temps, compte tenu de l'évolution des connaissances et des informations disponibles.

Figure 3 : Trajectoire de la valeur de l'action pour le climat retenue par la commission (en euros_{2023/tCO₂e}) – Source : Quinet, 2025

Le rapport QUINET¹⁵ propose une autre approche. L'objectif est d'évaluer la valeur de l'action pour le climat qui « constitue une mesure monétaire du chemin à parcourir pour atteindre les objectifs ambitieux de la Stratégie nationale bas carbone (SNBC) à moindre coût. (...) Si la valeur de l'action pour le climat est de 256 euros en 2025, cela signifie au premier ordre que toutes les actions

¹⁴ Institut Montaigne, 2021, *Prix interne du carbone : une solution qui tombe à PIC pour les entreprises ?*, Rapport Novembre 2021.

¹⁵ France Stratégie, 2025, *La valeur de l'action pour le climat – une référence pour évaluer et agir – Rapport de la commission présidée par Alain Quinet*, Mars 2025.

d'atténuation coûtant moins de 256 euros la tonne de CO₂e abattue méritent d'être engagées » (Quinet, 2025, p.10).

Selon la figure 3, la valeur du carbone en 2025 s'établit à 256€₂₀₂₃/tCO₂e. En 2030, elle atteint 300€₂₀₂₃/tCO₂e. En 2035 et 2040, elle est respectivement d'environ 350 et 400€₂₀₂₃/tCO₂e¹⁶.

Pour ce second scénario, la valeur de 256€ a été retenue pour la période 2025-2029 ; 300€ pour 2030-2034, 350€ pour 2035-2039 et 400€ pour la dernière période.

Dans le premier scénario (prix interne du carbone évalué par l'Institut Montaigne), la valorisation carbone obtenue au bout de vingt ans s'établit entre 8 579 euros (Solution Baticok 1) et 18 572 euros ((ITI murs en béton de chanvre projeté sur ossature bois)

Dans le second scénario (valeur action climat proposée par le rapport Quinet), la valorisation carbone obtenue au bout de vingt ans s'établit entre 23 065 euros (Solution Baticok 1) et 49 932 euros ((ITI murs en béton de chanvre projeté sur ossature bois).

Tableau 5 - Valorisation monétaire des gains carbone dans les projets d'Agneaux et de Fleury selon deux scénarios

Années	2025	2030	2035	2040	2044	Total (2025 à 2039)
Projet de Fleury – Solution Baticok 1 – Temps de Retour Carbone : 4,6 ans						
Gain carbone (kgCO ₂ e)	0	4 309	4 309	4 309	4 309	66 362
Valorisation carbone (Scénario Prix Interne - €)	0	517	517	655	655	8 579
Valorisation carbone (Scénario Valeur Action Climat - €)	0	1 293	1 508	1 724	1 724	23 065
Projet d'Agneaux – Solution Baticok 2 – Temps de Retour Carbone : 3,3 ans						
Gain carbone (kgCO ₂ e)	0	7 471	7 471	7 471	7 471	124 766
Valorisation carbone (Scénario Prix Interne - €)	0	897	897	1 136	1 136	15 621
Valorisation carbone (Scénario Valeur Action Climat - €)	0	2 241	2 615	2 998	2 998	42 474
Projet Chambéry – Solution Blokiwood – Temps de Retour Carbone : 5,6 ans						
Gain carbone (kgCO ₂ e)	0	3 343	8 357	8 357	8 357	120 347
Valorisation carbone (Scénario Prix Interne - €)	0	401	1 003	1 270	1 270	15 779
Valorisation carbone (Scénario Valeur Action Climat - €)	0	1 003	2 925	3 343	3 343	42 372

¹⁶ Selon de Perthuis (2021), les valeurs proposées sont trop élevées puisqu'elles n'anticipent pas les futures ruptures technologiques.

Projet Tourcoing – ITI à base de béton de chanvre – Temps de Retour Carbone : 4,6 ans						
Gain carbone (kgCO ₂ e)	0	9 329	9 329	9 329	9 329	143 664
Valorisation carbone (Scénario Prix Interne - €)	0	1 119	1 119	1 418	1 418	18 572
Valorisation carbone (Scénario Valeur Action Climat - €)	0	2 799	3 265	3 732	3 732	49 932

Le propriétaire du bien immobilier qui se lance dans des travaux de rénovation énergétique espère baisser sa facture annuelle d'énergie et valoriser son patrimoine. Ces gains potentiels sont d'ailleurs intégrés au plan de financement d'un projet. Mais ce gain va bien au-delà puisque les travaux se traduisent assez rapidement par un bilan carbone positif.

Pour les quatre projets considérés, **les temps de retour carbone sont compris entre 3,3 et 5,6 ans** et le **TRC moyen est de 4,5 ans**. Les écarts entre projets restent faibles et résultent davantage des conditions initiales du bâtiment, notamment leur degré de déperdition énergétique, que des solutions mise en œuvre.

Même si l'exercice reste théorique et que les gains calculés dépendent de nombreuses valeurs conventionnelles et de la qualité effective des travaux de rénovation, il permet d'ajouter une ligne comptable au bilan de l'opération.

Traduit en unité monétaire (euros), **ce gain est considérable sur une période de vingt ans** lorsque la valorisation carbone s'appuie sur la valeur de l'Action Climat. Elle dépasse 40 000 euros dans trois cas sur quatre. Ces gains calculés ne bénéficient pas aux ménages qui ont investi dans des solutions d'efficacité énergétique mais à la société. **A ce titre, ces gains peuvent justifier les aides publiques accordées aux projets de rénovation.**

3.2.2. Autres externalités

La plupart des autres externalités liées aux différentes solutions RESTORE, n'ont pas été examinées dans le détail, faute de données et d'une métrique établie et reconnue.

Ces externalités bénéficient soit aux ménages propriétaires, soit aux entreprises de travaux, soit à la société au sens large :

- Pour les **propriétaires**, les externalités potentielles portent sur :
 - o Le gain en **confort thermique** d'hiver et d'été ;
 - o L'amélioration du **confort acoustique** ;
 - o La possibilité **d'occuper son logement en phase de rénovation** : ce point a notamment concerné tous les projets basés sur la solution Baticok 1.
- Pour les **entreprises de travaux**, les externalités sont encore davantage associées à une typologie de solutions. Elles se limitent aux atouts annoncés des solutions **préfabriquées** (Baticok 2 et Blokiwood). Ces solutions développées en atelier contribuent à **améliorer les conditions de travail** : machine adaptée à l'individu et non nécessité de l'individu de s'adapter à l'environnement du chantier, intervention dans un atelier protégé des intempéries, diminution des trajets quotidiens vers le chantier.
Par exemple, dans le projet d'Agneaux, le charpentier qui réalise les solutions préfabriquées, a accepté de s'impliquer dans des travaux alors que le chantier était éloigné de son site de production puisque la préfabrication lui évitait de faire au quotidien des aller-retours vers le chantier et d'intervenir pour la livraison, le levage et la fixation des panneaux. Les panneaux, une fois conçus, ont été livrés et installés en deux jours.
- Pour la **société**, le gain majeur porte sur la **baisse des émissions de CO₂** (cf. supra). Les autres externalités sont dépendantes des solutions favorisées.

S2 : Le ménage bénéficie de l'Eco-PTZ (maxi 50 K€) et de MaPrimeRenov et/ou d'un financement via les Certificats d'Economie d'Energie (CEE).

S3 : Le ménage bénéficie de l'Eco-PTZ (maxi 50 K€) et d'un apport personnel de 30 K€.

S4 : Le ménage bénéficie du PTZ (maxi 50 K€), de MaPrimeRenov et/ou d'un financement via les CEE et d'un apport personnel de 30 K€.

Dans ces trois scénarios (S2 à S4), si nécessaire, l'emprunt bancaire complète le plan de financement.

S5 : Les calculs se basent sur toutes les aides reçues par le ménage pour son projet dans le cadre de RESTORE. Ce scénario intègre les financements PROFEEL qui visent à compenser le surcoût lié aux solutions innovantes RESTORE. En effet d'autres solutions techniques plus classiques et moins coûteuses avaient été initialement envisagées. Si ces financements ne suffisent pas pour boucler le budget, le complément est assuré par l'éco-PTZ (maxi 50 K€) puis par un recours à l'emprunt bancaire.

Ce scenario permet donc d'avoir un point de comparaison avec une solution classique/non-innovante mais qui permet de remplir les mêmes conditions aux aides nationales et locales.

Seuls les scénarios 1 et 3 permettent réellement une comparaison des projets entre eux puisque dans ces deux cas, les modalités de financement, hors prêts bancaires, sont rigoureusement identiques : dans le scénario 1, la seule aide extérieure est l'Eco-PTZ et il est égal à 50 K€ ; dans le scénario 3, les ménages bénéficient de cet Eco-PTZ et d'un apport personnel de 30 K€. Dans les deux cas, le complément est apporté par un prêt bancaire souscrit aux mêmes conditions dans chacun des six projets.

Le tableau d'amortissement du prêt est créé à partir de l'outil proposé par l'ANIL ([Simulation prêt immobilier - Calcul de l'échéancier de crédit | ANIL](#)). Les données liées au prêt sont issues d'une grande banque française

Le taux d'emprunt bancaire est de 3,10%. Les frais de dossier sont de 500 € (1% du montant emprunté avec un minimum de 500 €) et complétés de frais de tenue de compte de 459 euros. L'assurance décès invalidité est de 2,166 euros par mois pour 10 000 € de capital emprunté. Le coût de la garantie est de 1 015 €. La durée du prêt est de 20 ans comme celle du PTZ. Pour l'Eco-PTZ, le taux d'intérêt est de zéro mais le ménage doit souscrire à une assurance décès invalidité (2,166 euros par mois pour 10 000 € de capital emprunté) et une assurance emprunteur de 801 euros. ([Exemple Éco-prêt à taux zéro - SG](#))

Les économies d'énergie sont calculées sur la base des factures initiales et des solutions de rénovation mises en œuvre (selon la méthode 3CL – données URBANIS). Selon la CRE (Commission de Régulation de l'Energie), les prix de l'électricité ont augmenté de 55% en 13 ans entre 2012 et 2025 (en option base - [Historique tarifs CRE](#)), passant de 0,1256€ à 0,1952€ TTC par kilowattheure consommé. Ceci correspond à une hausse annuelle moyenne de 3,45% (si la référence avait été le prix pratiqué fin 2024, la hausse annuelle moyenne était de 5,49%). L'hypothèse d'une hausse de 3,45% sur vingt ans a été retenue même si elle peut paraître conservatrice.

3.3.2. Analyse des restes à charge de six chantiers pilotes

BATICOK 1

Les **enseignements** suivants sont retenus des tableaux de financement associés aux chantiers intégrant la solution Baticok 1 :

- Pour les trois projets, le **reste à charge** mensuel associé aux scénarios 1 et 3 (aides publiques minimales reposant uniquement sur l'Eco-PTZ), **reste relativement faible**. Il s'établit la première année dans une fourchette compris entre 321 et 526 euros et en fin de période entre 230 et 414 euros. Les gains croissants liés à une facture énergétique qui

subit l'inflation, explique ce différentiel entre fin et début de période alors que dans le même temps, les annuités de remboursement n'évoluent pas. Ce reste à charge semble supportable pour un ménage dont les deux membres principaux travaillent.

- Dans ces trois projets, au moins deux scénarios présentent au terme des vingt ans, **un bilan financier favorable**. Dans ces cas, les économies réalisées sur les factures d'énergie payées pendant vingt ans, compensent les investissements réalisés par le ménage.
- Le scénario 6 est systématiquement le plus favorable.
- Le cas réel (scénario 5) s'avère aussi globalement très favorable aux ménages qui soit n'ont rien à rembourser sur l'ensemble des vingt ans (cas de Bretteville et Fleury), soit doivent rembourser de modestes sommes (moins de 70 euros par mois à Ponts-sur-Seulles, la première année de remboursement des prêts).

Cette analyse met en lumière que la solution Baticok 1 reste abordable lorsqu'elle est intégrée à une rénovation de plusieurs lots permettant d'atteindre une performance globale forte et à un lissage de l'investissement ; et aussi que les aides impliquées seulement dans les scénarios 4 à 6 rendent la rénovation rentable très rapidement.

Tableau 6 - Reste à charge mensuel et annuel – Projet de Bretteville – Solution Baticok 1

Années	2025 [€]	2030 [€]	2035 [€]	2040 [€]	2044 [€]	Total (2025 à 2039) [€]
Reste à charge						
Annuel - Scénario 1	3 856	3 632	3 366	3 050	2 757	67 240
Mensuel - Scénario 1	321	303	280	254	230	
Annuel - Scénario 2	1 047	822	556	241	-53	11 051
Mensuel - Scénario 2	87	69	46	20	-4	
Annuel - Scénario 3	1 764	1 539	1 273	958	664	25 389
Mensuel - Scénario 3	147	128	106	80	55	
Annuel - Scénario 4	-531	-756	-1 022	-1 337	-1 631	-20 509
Mensuel - Scénario 4	-44	-63	-85	-111	-136	
Annuel - Scénario 5	-742	-966	-1 232	-1 548	-1 841	-24 718
Mensuel - Scénario 5	-62	-81	-103	-129	-153	
Annuel - Scénario 6	-1 215	-1 440	-1 706	-2 021	-2 314	-34 184
Mensuel - Scénario 6	-101	-120	-142	-168	-193	

Tableau 7 : Reste à charge mensuel et annuel – Projet de Fleury– Solution Baticok 1

Année	2025 [€]	2030 [€]	2035 [€]	2040 [€]	2044 [€]	Total (2025 à 2039) [€]
Reste à charge						
Annuel - Scénario 1	5 390	5 127	4 815	4 445	4 101	96 209
Mensuel - Scénario 1	449	427	401	370	342	
Annuel - Scénario 2	3 472	3 208	2 896	2 527	2 182	57 845
Mensuel - Scénario 2	289	267	241	211	182	
Annuel - Scénario 3	3 297	3 034	2 722	2 352	2 008	54 357
Mensuel - Scénario 3	275	253	227	196	167	

Annuel - Scénario 4	1 379	1 116	804	434	90	15 993
Mensuel - Scénario 4	115	93	67	36	7	
Annuel - Scénario 5	574	310	-2	-371	-716	-118
Mensuel - Scénario 5	48	26	0	-31	-60	
Annuel - Scénario 6	-1 004	-1 268	-1 580	-1 949	-2 294	-31 678
Mensuel - Scénario 6	-84	-106	-132	-162	-191	

Tableau 8 : Reste à charge mensuel et annuel – Projet de Ponts-sur-Seulles– Solution Baticok 1

Années Reste à charge	2025 [€]	2030 [€]	2035 [€]	2040 [€]	2044 [€]	Total (2025 à 2039) [€]
Annuel - Scénario 1	6 307	6 032	5 707	5 322	4 963	114 052
Mensuel - Scénario 1	526	503	476	443	414	
Annuel - Scénario 2	3 377	3 102	2 777	2 392	2 033	55 458
Mensuel - Scénario 2	281	259	231	199	169	
Annuel - Scénario 3	4 214	3 940	3 614	3 229	2 870	72 201
Mensuel - Scénario 3	351	328	301	269	239	
Annuel - Scénario 4	-1 485	-1 759	-2 085	-2 470	-2 829	-41 780
Mensuel - Scénario 4	-124	-147	-174	-206	-236	
Annuel - Scénario 5	829	555	230	-156	-515	4 506
Mensuel - Scénario 5	69	46	19	-13	-43	
Annuel - Scénario 6	-749	-1 023	-1 348	-1 734	-2 093	-27 054
Mensuel - Scénario 6	-62	-85	-112	-144	-174	

Baticok 2

Les **enseignements** suivants sont retenus des tableaux de financement associés aux chantiers intégrant la solution Baticok 2.

Les deux projets qui ont bénéficié de la solution Baticok 2, sont atypiques et **il semble difficile d'établir des conclusions définitives de ces deux cas**. Ces deux projets se situent à deux extrêmes :

- Le projet d'Agneaux est celui dont le reste à charge est toujours positif pour les ménages sur l'ensemble de la période. L'investissement réalisé n'est pas fondé sur un raisonnement économique structuré. En effet, la valeur d'achat est de 130 K€ et après travaux et agrandissement, la valeur estimée de la maison est de 187 K€ (soit une plus-value immobilière d'environ 57 K€). Quant aux coûts des travaux, ils atteignent 201 K€ HT (soit davantage que la valeur de la maison après travaux).
- Dans les quatre premiers scénarios d'Agneaux, le reste à charge mensuel est positif et relativement élevé au cours des vingt années prises en compte. Il est uniquement relativement modéré pour les scénarios 5 et 6.
- Les résultats financiers du projet de Mesnil-Patry se situent aux antipodes de celui d'Agneaux. Les gains obtenus sur la facture d'énergie à l'issue des travaux sont tels (supérieurs à 10 000 euros dès 2028) qu'ils couvrent dans cinq des six scénarios, les coûts de financement du projet de rénovation. Néanmoins, de tels gains restent purement théoriques et le fruit d'un bâtiment dont l'isolation est initialement inexisteante. La surface habitable correspondait aux deux

chambres dont le mur donne sur une grange. Comme le logement était très déperditif avant travaux, il y a de fortes chances que les ménages aient cherché à restreindre leur usage du chauffage avant travaux (effet prébond important). Les consommations réelles avant travaux seraient alors inférieures aux prévisions des modèles et les gains escomptés bien moindres.

Les chantiers mettant en œuvre Baticok 2 sont difficilement extrapolables. Dans le cas d'Agneaux, il peut être intéressant de voir que même avec une solution non-innovante (scénario 5) la rentabilité n'est pas perçue au bout de 20ans. L'impact des aides locales (scenario 6) est particulièrement important pour rendre cette solution innovante et décarbonée abordable pour à un ménage moyen.

Tableau 9 - Reste à charge mensuel et annuel – Projet d'Agneaux – Solution Baticok 2

Années Reste à charge	2025 €	2030 €	2035 €	2040 €	2044 €	Total (2025 à 2039) €
Annuel - Scénario 1	11 816	11 337	10 768	10 095	9 468	215 213
Mensuel - Scénario 1	985	945	897	841	789	
Annuel - Scénario 2	10 937	10 458	9 889	9 216	8 589	197 636
Mensuel - Scénario 2	911	871	824	768	716	
Annuel - Scénario 3	9 724	9 244	8 676	8 002	7 375	173 362
Mensuel - Scénario 3	810	770	723	667	615	
Annuel - Scénario 4	8 845	8 365	7 797	7 124	6 496	155 785
Mensuel - Scénario 4	737	697	650	594	541	
Annuel - Scénario 5	6 187	5 707	5 139	4 466	3 839	102 632
Mensuel - Scénario 5	516	476	428	372	320	
Annuel - Scénario 6	4 095	3 615	3 047	2 373	1 746	60 781
Mensuel - Scénario 6	341	301	254	198	146	

Tableau 10 - Reste à charge mensuel et annuel – Projet de Mesnil-Patry – Solution Baticok 2

Années Reste à charge	2025 [€]	2030 [€]	2035 [€]	2040 [€]	2044 [€]	Total (2025 à 2039) [€]
Annuel - Scénario 1	4 301	2 586	554	-1 854	-4 097	10 531
Mensuel - Scénario 1	358	215	46	-154	-341	
Annuel - Scénario 2	2 906	1 191	-841	-3 249	-5 492	-17 371
Mensuel - Scénario 2	242	99	-70	-271	-458	
Annuel - Scénario 3	2 209	493	-1 539	-3 946	-6 189	-31 320
Mensuel - Scénario 3	184	41	-128	-329	-516	
Annuel - Scénario 4	813	-902	-2 934	-5 342	-7 584	-59 222
Mensuel - Scénario 4	68	-75	-244	-445	-632	
Annuel - Scénario 5	-651	-2 367	-4 399	-6 806	-9 049	-88 519

Mensuel - Scénario 5	-54	-197	-367	-567	-754	
Annuel - Scénario 6	-2 744	-4 459	-6 491	-8 899	-11 142	-130 370
Mensuel - Scénario 6	-229	-372	-541	-742	-928	

BLOKIWOOD

Le dernier projet examiné, celui de Chambéry (solution Blokiwood), présente sur le plan financier, des similitudes avec les projets de la solution Baticok 1. Au moins deux scénarios (les 5 et 6) présentent au terme des vingt ans, un bilan financier favorable. Le scénario 6 est aussi le plus favorable. Même dans le scénario 1 (aides limitées à l'Eco-PTZ), le reste à charge mensuel reste raisonnable les premières années de remboursement.

Ce chantier fait pressentir que la solution Blokiwood peut être abordable si elle est intégrée à une rénovation de plusieurs lots afin d'atteindre une performance globale forte et à un liissage de l'investissement ; et que les aides impliquées seulement dans les scénarios 4 et 6 rendent la rénovation rentable très rapidement.

Tableau 11 - Reste à charge mensuel et annuel – Projet de Chambéry– Solution Blokiwood

Années	2025 [€]	2030 [€]	2035 [€]	2040 [€]	2044 [€]	Total (2025 à 2039) [€]
Reste à charge						
Annuel - Scénario 1	5 685	5 205	4 637	3 964	3 337	92 588
Mensuel - Scénario 1	474	434	386	330	278	
Annuel - Scénario 2	3 488	3 008	2 440	1 767	1 139	48 644
Mensuel - Scénario 2	291	251	203	147	95	
Annuel - Scénario 3	3 592	3 113	2 544	1 871	1 244	50 737
Mensuel - Scénario 3	299	259	212	156	104	
Annuel - Scénario 4	1 395	915	347	-326	-953	6 790
Mensuel - Scénario 4	116	76	29	-27	-79	
Annuel - Scénario 5	-744	-1 223	-1 791	-2 465	-3 092	-35 980
Mensuel - Scénario 5	-62	-102	-149	-205	-258	
Annuel - Scénario 6	-2 322	-2 801	-3 369	-4 043	-4 670	-67 540
Mensuel - Scénario 6	-193	-233	-281	-337	-389	

3.3.3. Les modèles économiques des autres solutions innovantes incubées

L'atteinte de la **viabilité économique** repose principalement sur la capacité à générer des **économies d'échelle**. Cela passe par un volume annuel suffisant de rénovations, permettant d'amortir les investissements dans les outils de production et d'abaisser progressivement les coûts unitaires. Par exemple pour la solution Element'R, un minimum de 100 logements rénovés par an est nécessaire pour atteindre cet objectif.

La **mutualisation des chantiers** constitue un levier essentiel. Lorsqu'elle s'organise à l'échelle d'un même quartier, elle permet de réduire certains coûts directs : approvisionnement des matériaux, locations de matériel et d'échafaudages, potentiel d'accès à des marchés groupés plus compétitifs, réalisation d'études et de diagnostics communs dans le cas de typologies similaires, coordination

logistique optimisée en intervenant sur plusieurs sites simultanément. Les gains peuvent être pour le ménage ou bien pour la collectivité (coût du diagnostic notamment) comme c'est le cas pour la solution MORICE (mise en place d'une dynamique de quartier pour de la rénovation groupée, accompagnée par la collectivité) qui permet jusqu'à 50% d'économie sur les coûts de diagnostics pour la collectivité grâce à la mutualisation des chantiers.

La **dynamique d'apprentissage** joue également un rôle clé. La montée en compétences des intervenants, la répétition des chantiers et la structuration progressive de filières spécialisées, notamment autour de l'utilisation de matériaux biosourcés, permettent d'envisager une baisse des coûts dans le temps comme l'identifie les porteurs de la solution ERN.

Plusieurs pistes de soutien extérieur sont aussi identifiées, en particulier **l'appui financier des collectivités** pour encourager l'usage de matériaux à faible impact environnemental et réduire le reste à charge des ménages. La solution CREALED table par exemple sur le soutien financier des collectivités pour l'utilisation de matériaux biosourcés. L'anticipation d'une hausse durable du coût des énergies comme le prend en compte le modèle économique de DOREMI Lab, renforce par ailleurs l'intérêt économique global de la rénovation, en améliorant la rentabilité à long terme pour les habitants.

Enfin, il est reconnu que certaines solutions restent aujourd'hui plus coûteuses que des techniques conventionnelles. Leur modèle économique met donc en avant d'autres formes de valeur : **qualité supérieure de mise en œuvre, durabilité accrue, meilleure performance énergétique sur la durée, et valorisation patrimoniale du bâti rénové.**

3.4. Enseignements et pistes de réduction des coûts

3.4.1. La coordination / implication des ménages dans les travaux

Les solutions Restore, Blokiwood, Baticok 1&2 sont des solutions de rénovation globale qui **nécessitent une bonne coordination** entre les différents acteurs du chantier, en particulier pour la **gestion de l'étanchéité des interfaces** (éléments préfabriqués/percée pour les systèmes, continuité de l'étanchéité entre murs et toiture).

Pour réduire l'enveloppe budgétaire consacrée à la rénovation, les ménages s'impliquent parfois dans les travaux de rénovation. Comme cela n'était pas complètement anticipé ou encadré, cela a pu compliquer la mission des autres intervenants. Par exemple, à Chambéry chantier Blokiwood, l'action des ménages a complexifié la gestion des interfaces notamment la relation avec les entreprises en charge des systèmes techniques. L'architecte missionnée pour le suivi des lots énergétiques, ne l'était pas pour les travaux intérieurs alors qu'ils sont en interface avec ces lots.

La rénovation globale appelle une gestion optimale des interfaces entre corps de métiers. Dans les chantiers de la solution Baticok 1, à Bretteville, Fleury et Ponts-sur-Seulles, la coordination rigoureuse des artisans a pu être assurée par un seul acteur : une agence de maîtrise d'œuvre à Fleury et le charpentier dans les deux autres cas. Ceci facilite la qualité des travaux

A Agneaux chantier Baticok 2, les actions des ménages se sont limitées à la préparation du chantier (creuser une tranchée, découvrir la toiture). Elles s'inscrivaient dans les actions antérieures à la pose des panneaux préfabriqués. Mais elles ont été bien anticipées et encadrées par le charpentier. Le ménage étant compétent, les interventions étaient justifiées et elles n'ont pas perturbé l'ensemble du chantier de rénovation.

L'auto-construction partielle doit donc être sérieusement encadrée et menée avec parcimonie sur des chantiers de rénovation globale qui font intervenir de nombreux artisans. Sinon le risque est de générer des alea et des coûts supplémentaires. Cette précaution est d'autant plus cruciale dans les

chantiers de type RESTORE qui reposent sur la mise en œuvre de solutions exigeant une coordination parfaite entre les acteurs du chantier.

3.4.2. Appropriabilité de la solution / Gain en apprentissage

Certaines solutions proposées s'inscrivaient davantage que d'autres, en rupture avec les pratiques du chantier.

La solution Baticok 1 a été facilement appropriée par les intervenants. Il est d'ailleurs notable que les entreprises ont suivi des modalités de mise en œuvre différentes d'un chantier à l'autre. Ceci prouve le grand degré de flexibilité de la solution et son adaptabilité à des contextes relativement différents.

- Le chantier de Bretteville a mobilisé une entreprise d'isolation spécialisée intervenant sur une charpente traditionnelle et non à fermettes, nécessitant une adaptation de la solution initiale. L'entreprise a donc introduit une variante pour traiter les ponts thermiques en pied de toiture et maintenir l'esthétique du bâti (via la conception d'un système mixte bois-isolant et la création d'une structure basse spécifique pour prolonger les chevrons et éviter un bandeau trop épais) ;
- À Fleury, le contractant général a coordonné la rénovation globale (toiture, ITE, ventilation, PAC). C'est un charpentier-couvreur qui a mis en œuvre la solution selon un principe de surélévation de charpente et un sarking en fibre de bois croisée, complété par un pare-vapeur intérieur continu ;
- Le chantier de Pont-sur-Seulles s'est davantage déroulé selon l'approche initialement envisagée par le concepteur de la solution, en particulier car le charpentier du chantier était à l'origine de la solution. La technique du sarking a été associée à une isolation par l'extérieur sur les quatre murs, assurant une continuité d'étanchéité complète.

Dans ces trois cas, les artisans qui mettaient en œuvre la solution, ont bénéficié des recommandations orales de l'artisan concepteur, forts de leurs expériences personnelles, ils ont rapidement proposé une variante qui s'intégrait bien dans leurs pratiques. Leurs propositions ont été validées par le concepteur. Cette possibilité de s'appuyer sur une transmission rapide et informelle de la connaissance constitue un facteur très favorable à la diffusion de la solution Baticok 1. Cela réduit d'autant les coûts d'apprentissage. Des gains supplémentaires semblent encore envisageables puisqu'au cours des trois chantiers, les artisans ont amélioré leur pratique en partageant leurs expériences. Malgré tout, ces perspectives de baisse des coûts resteront limitées par rapport aux coûts liés à une rénovation globale.

La solution Blokiwood a en revanche **nécessité de former le poseur**. En effet, dans cette solution, le fabricant de panneaux et les poseurs sont des acteurs dissociés. Dans le chantier réalisé à Chambéry le fournisseur, concepteur de la solution, a formé les poseurs. Sur le chantier, des ajustements ont été nécessaires. Ceci démontre que l'organisation optimale associée à cette solution technologique n'a pas encore été trouvée. Des formations plus adaptées, des temps de conception/préparation supérieurs pourraient conduire à une meilleure coordination. Des gains d'apprentissage en phase de mise en œuvre de la solution, semblent donc possibles.

Deux chantiers ont été réalisés par le charpentier concepteur de la solution Baticok 2. Cette approche n'a pas permis d'évaluer la qualité de la formation et le potentiel de montée en compétence. Néanmoins, des chantiers antérieurs avaient déjà été réalisés avec la solution. Par exemple, la variante avec enduit a pu être explorée avec le chantier Agneaux, ce qui a pu faire acquérir plus d'option pour l'équipe qui pourra maintenant s'appuyer sur ce chantier pour répéter l'expérience sans avoir à refaire toute la démarche de « test/analyse » qui a pu prendre du temps sur ce chantier. Une optimisation est aussi à chercher lors du transfert des informations issues du scan 3D au charpentier. Une meilleure qualité des données, un processus plus rôdé, des logiciels mieux maîtrisés par les équipes du chantier constituent autant de pistes d'optimisation du process (réduction des temps de chantier, voire des coûts de la solution).

Néanmoins, de tels gains reposent sur une diffusion de la solution alors que de nombreux freins persistent comme le rappelle l'étude d'Emenda et Frameworks¹⁷ : l'absence de filière structurée, les contraintes logistiques, les coûts de production élevés, la méconnaissance des solutions innovantes par les architectes.

3.4.3. Rénovations groupées / économies d'échelle

Pour la solution Baticok 1, les interventions se déroulent sur chantier. La pratique reste donc très manuelle. Cette approche limite d'emblée des gains associés à des chantiers multiples. Cela ouvrirait la porte à une mutualisation pour le lancement des études et l'installation des échafaudages, mais cette optimisation n'est pas spécifique à la solution et pourrait être prévue dans des rénovations plus classiques.

Pour les solutions Blokiwood et Baticok 2, la préfabrication en atelier et la nécessité de faire des scans 3D laissent espérer des gains associés à des chantiers multiples qui permettraient de mutualiser certaines tâches.

En outre, comme les caissons sont préfabriqués, des commandes plus importantes pourraient conduire à une baisse des coûts unitaires des éléments préfabriqués voire à l'industrialisation de la fabrication des caissons manuportables d'isolation de murs. Cette piste a été explorée par un autre groupement qui envisage une préfabrication standardisée pour la solution Element'R.

Afin de faciliter l'émergence de ces rénovations groupées, la solution organisationnelle MORICE de RESTORE prévoit toute une procédure impliquant les collectivités et des groupes de propriétaires de maisons d'un même territoire. www.prreno.fr/documents/restore-fiche-solution-morice

3.4.4. Un modèle de financement lié à une amélioration réelle de la performance énergétique des maisons

Les travaux de rénovation menés dans le cadre du projet RESTORE visent en premier lieu à réduire les consommations d'énergie des bâtiments et les émissions de gaz à effet de serre. Cette baisse est centrale dans la mesure où elle constitue aussi le socle du modèle de financement de la rénovation énergétique. En effet, la baisse du reste à charge pour les ménages résulte des économies d'énergie réelles. Ces économies compensent tout ou partie des mensualités liées au remboursement des prêts. Si ces économies projetées ne sont pas au rendez-vous, le reste à vivre mensuel (montant dont dispose le ménage après déduction de l'ensemble de ses dépenses fixes) est moindre.

De même, en cas de revente, la valeur immobilière du bien risque d'être moindre qu'escomptée si l'acheteur constate au terme d'un audit que la classification DPE retenue après les travaux de rénovation n'est pas justifiée en raison de malfaçons patentées.

Enfin, la réduction des émissions de gaz à effet de serre ne sera pas effective si les travaux ne conduisent pas à une baisse réelle des consommations d'énergie. La valorisation carbone potentielle n'aura alors pas lieu d'être.

Les retours d'expérience tirés de multiples projets européens, indiquent que les calculs menés avant travaux reposent sur des hypothèses conventionnelles qui n'intègrent pas le mode de vie réel des ménages au sein de leur logement. Par conséquent, les résultats des calculs correspondent rarement aux consommations constatées en usage. Par exemple, pour éviter de s'acquitter de factures énergétiques trop élevées, les occupants d'une maison adaptent fréquemment leurs usages (en ne chauffant que les pièces de vie, en abaissant les températures de consigne et en se couvrant). De ce fait, les tableaux de financement établis avant toute rénovation, s'avèrent partiellement erronés puisque le potentiel de gains obtenus grâce à des économies d'énergie, est surestimée. Ce point est toujours ennuyeux mais il est acceptable. Ce qui l'est moins en revanche, c'est lorsque le

¹⁷ Gérard R., M. Legout et T. Zuckmeyer, 2025, *La préfabrication pour la rénovation des maisons individuelles en France – Etat des lieux, potentiel et perspectives pour la filière artisanale*, Restore, Programme PROFEEL, Septembre 2025.

bâtiment rénové consomme davantage qu'escompté en raison d'une mise en œuvre défectueuse. L'unique moyen de contrecarrer ce risque est de procéder à des contrôles à réception de l'ouvrage. Ce point est essentiel puisque si les bâtiments rénovés n'atteignent pas la performance énergétique annoncée, l'ensemble du modèle de financement s'écroule : le reste à charge des ménages augmente, la plus-value immobilière et le gain carbone sont moindres, et le financement public perd une de ses raisons d'être. Dédier une faible partie des aides à une vérification de la performance énergétique obtenue à l'issue des travaux, consoliderait le modèle de la rénovation énergétique.

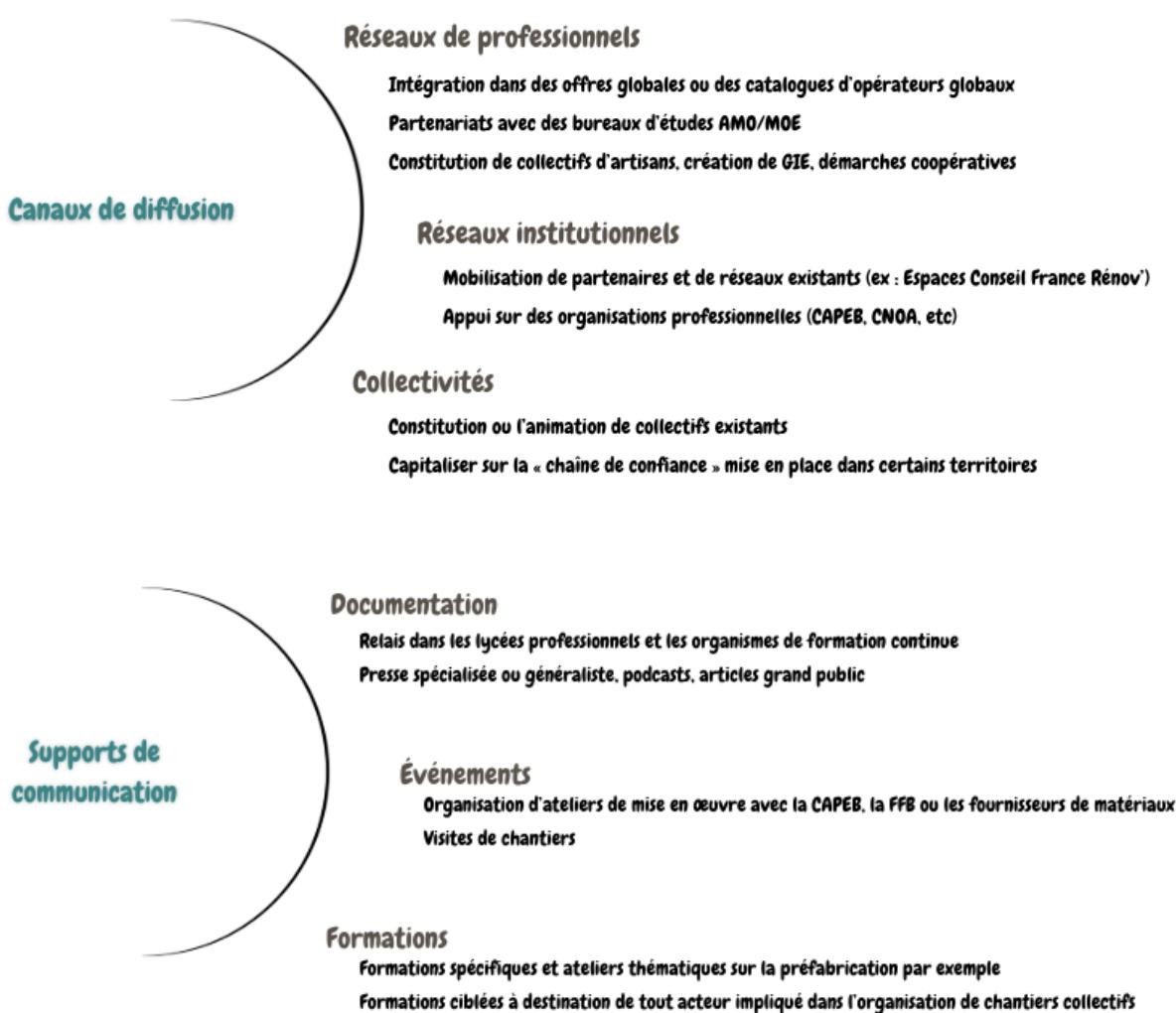


4. PERSPECTIVES DE DEPLOIEMENT DES SOLUTIONS ACCOMPAGNEES

Restore a pour objectif d'accompagner des solutions innovantes destinées à être diffusées et déployées sur le territoire. Ainsi, les groupements concepteurs des solutions ont été amenés à mettre en place des stratégies et plans d'action pour cette phase d'essaimage.

Chaque groupement a pensé à des réseaux qui lui était connu et qui paraissait pertinent. Ils ont aussi réfléchi à comment se faire connaître et communiquer sur leur solution. Ils ont ainsi prévu différents canaux de diffusion et supports de communication afin de permettre une pénétration de ces solutions dans les réseaux, veilles et pratiques des professionnels de la rénovation de maisons individuelles.

Comme une des solutions avait la particularité d'être une solution purement organisationnelle (méthode MORICE pour créer un regroupement de propriétaires et une mutualisation des travaux), les perspectives de cette solution ont été mises en avant à part.



Le déploiement des solutions techniques repose sur leur intégration progressive dans les réseaux existants de la rénovation énergétique. Plusieurs porteurs de solutions s'inscrivent dans cette logique, à l'image d'Element'R qui souhaite intégrer son offre dans les catalogues d'opérateurs globaux de la rénovation (sociétés de courtage en travaux, ensembliers) et nouer des partenariats avec des bureaux d'études AMO/MOE. Cette stratégie permet de toucher un public large de propriétaires et de faciliter l'adoption des solutions. Certaines collectivités et organismes territoriaux jouent également un rôle clé, notamment en apportant un accompagnement financier et en ingénierie, comme cela est déjà observé dans plusieurs territoires soutenant ces démarches.

La diffusion de la connaissance technique constitue un autre pilier important. Elle s'appuie sur la production de documentation relative aux procédés de fabrication et de pose, destinée à être relayée dans les lycées professionnels et les organismes de formation continue (AFPA, GRETA, CFA). CREALED, par exemple, mise sur la mobilisation de partenaires et de réseaux existants tels que les Espaces Conseil France Rénov', ainsi que sur l'organisation d'ateliers de mise en œuvre avec la CAPEB, la FFB et les fournisseurs de matériaux. Des visites de chantier, susceptibles d'être organisées avec l'appui des Chambres de Métiers ou des fédérations professionnelles, permettent de présenter des offres intégrées aux artisans et de renforcer la confiance dans leur faisabilité.

L'appui sur les réseaux institutionnels existants constitue également un levier de sensibilisation important. Des acteurs organisent déjà des événements dédiés aux matériaux biosourcés ou au confort d'été, sur lesquels il est possible de s'appuyer pour valoriser des retours d'expérience. Ces événements, complétés par des stratégies de communication plus larges (presse spécialisée ou généraliste, podcasts, articles grand public), sont notamment mobilisés par DOREMI, qui bénéficie par ailleurs d'un réseau structuré et ancien dans le secteur de la rénovation performante.

Enfin, le développement de formations spécifiques et d'ateliers thématiques, par exemple autour de la préfabrication, est envisagé par plusieurs acteurs, dont CREALED et Element'R, afin de renforcer la reconnaissance et l'appropriation des solutions par les professionnels. L'idée de créer une marque commune, portée collectivement par plusieurs entrepreneurs, participe également de cette logique de structuration et de lisibilité de l'offre.

Perspectives de déploiement des solutions organisationnelles

Pour les solutions relevant de l'organisation collective, fondées sur le groupement de ménages ou la coordination renforcée d'artisans, la diffusion repose sur la constitution ou l'animation de collectifs existants ou à créer. MORICE illustre cette approche en s'appuyant sur différents formats de coopération : constitution de collectifs d'artisans, création de GIE, démarches coopératives ou intégration dans des offres globales. Ces dispositifs nécessitent un accompagnement spécifique afin de renforcer la capacité des artisans à travailler ensemble et à coordonner leurs interventions sur des chantiers complexes.

La montée en compétence des acteurs constitue un levier central de ces démarches. MORICE prévoit ainsi des formations ciblées à destination des chefs de projet, AMO, agents territoriaux et autres professionnels impliqués dans l'organisation de chantiers collectifs, afin d'outiller les structures locales et de favoriser la réplicabilité des modèles.

Enfin, la diffusion de ces solutions organisationnelles s'appuie sur des réseaux déjà structurés dans certains territoires. ERN, par exemple, capitalise sur la « chaîne de confiance » mise en place en Normandie entre auditeurs, rénovateurs BBC et entreprises, qui a permis la réalisation de projets exemplaires. S'appuyer sur ces dynamiques territoriales éprouvées permet d'accélérer l'adoption des solutions et de sécuriser leur mise en œuvre opérationnelle.



CONCLUSION

Cette analyse des solutions RESTORE met en avant la place cruciale de l'atteinte et la maintenance de la qualité pour le déploiement d'une solution innovante de rénovation :

- Qualité globale des rénovations : la vision holistique du bâti et des attentes des propriétaires est indispensable pour éviter des contreperformances ou pathologies qui entacherait la fiabilité de ses solutions. Cette vue holistique a été mise en avant grâce à l'approche typologique du parc mais aussi par des suivis et mesures importantes des solutions (étude hygrothermique, accompagnement par des experts multi-physique, mesure de Qualité de l'Environnement Intérieur). Cela est d'autant plus important que certains matériaux ou bâtis peuvent être sensibles et donc qu'il faut sécuriser les professionnels et les ménages avant de mettre en œuvre les solutions
- Qualité en termes de performance énergétique : en effet la viabilité économique des solutions tient très largement à l'atteinte d'une performance énergétique pour compenser l'investissement par des économies sur factures.
C'est pour cela que les solutions RESTORE avaient pour cible d'atteindre, intégré à une rénovation globale, le niveau BBC rénovation.
- Cette qualité de résultat nécessite une qualité de mise en œuvre et de coordination multi-lot : des professionnels ayant suffisamment de ressources sur la solution, ayant été formés et accompagnés. Mais aussi des méthodes de mesure pour s'assurer de celle-ci comme des tests SEREINE ou d'étanchéité à l'air en cours de chantier. Le projet a donc été le terrain pour tester et mesurer en conditions réelles (sur chantier) ces solutions, par des protocoles variés et a permis de créer de nombreuses ressources pour aider les professionnels à s'approprier les solutions.
- La réduction de consommation d'énergie a aussi un fort impact sociétal que l'étude économique a quantifié. Ainsi, aider à la rénovation avec confiance dans la performance atteinte permet à la société de valoriser les choix pour des solutions plus chères mais aux impacts environnementaux plus positifs.
- L'aspect innovant des solutions accompagnées par RESTORE permet d'attirer l'enthousiasme des professionnels curieux ainsi que les propriétaires explorateurs, mais cela nécessite une fiabilisation importante. En effet certains matériaux ou bâtis anciens peuvent être sensibles aux désordres et il faut donc les professionnels (artisans, architectes, assureurs) et les ménages avant de mettre en œuvre les solutions. La mise en place de chantiers pilotes observés est donc incontournable.

Au-delà de ces aspects techniques, la phase d'essaimage de professionnels à professionnels est cruciale pour la réplicabilité des solutions. Les équipes de conceptions ont donc comme perspectives de suivre leur plan de déploiement à travers différents canaux de diffusion via de multiples réseaux et vecteurs de communication. RESTORE a été pour eux une première étape : accompagnement technique, organisationnel, chantier pilote, mise en visibilité, outillage. La suite reste donc à construire !