

SYNTHESE TRANSVERSALE



Dans le cadre du
projet Perf in Mind 2

RAPPORT FINAL

Août 2025



EXPERTISES

REMERCIEMENTS

Soutiens du projet et Comité de Pilotage :

ADEME : Jonathan LOUIS - DGEC, ANAH – CLER - AREC Occitanie, Envirobat Occitanie - Région Normandie, Région Bourgogne-Franche-Comté, Région Centre-Val de Loire - Dorémi

Participation au Comité technique :

ADEME - CSTB, CEREMA – AQC – Karibati - EDF R&D, Uwe BRANKAMP

CITATION DE CE RAPPORT

SCOP Enertech : Nicolas ANDREAU, Thierry RIESER, Julien SPILEMONT, Mickaël GUERNEVEL, Yoann BAUDOUIN, Roman Nicolas, Damien JANNOT, Jean-Paul ZIMMERMANN, Victor CAMBON, Stéphane MOTEAU, Thérèse DEVIGON, Edwina PEDLEY, Muriel DUPRET, Effinergie : Sébastien LEFEUVRE, Laura BRUNO, Khedidja MAMOU, REcto : Grégory HERFRAY, Verso : Marion SIE, Arcanne : Samuel OURGEY, François GROSDÉMOUGE, Étienne SAMIN. 2025. SYNTHÈSE TRANSVERSALE. 8 pages.

Cet ouvrage est disponible en ligne <https://librairie.ademe.fr/>

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Cette publication, réalisée à l'initiative de son/ses auteur(s), a reçu un soutien financier de l'ADEME, mais n'engage pas l'ADEME. Son contenu (ou les données qu'elle contient) n'engage que la seule responsabilité de son/ses auteur(s) et ne représente pas la position de l'ADEME.

ADEME

20, avenue du Grésillé

BP 90 406 | 49004 Angers Cedex 01

Numéro de contrat : 2204D0021

Étude réalisée par SCOP Enertech, Muriel DUPRET, Effinergie, REcto, Verso, Arcanne, Khedidja MAMOU pour ce projet cofinancé par l'ADEME

Projet de recherche coordonné par : Jonathan LOUIS

Appel à projet de recherche : Vers des bâtiments responsables

Coordination technique - ADEME : Jonathan LOUIS

Direction/Service : DVTD/SB

Ce document est la **synthèse transversale** co-rédigée par l'équipe du projet.

Tous les livrables du projet seront disponibles sur <https://www.effinergie.org/>
Et sur la librairie ADEME <https://librairie.ademe.fr/>

Des fiches opérations de certaines maisons suivies dans le cadre de Perf in Mind et Perf in Mind 2 sont également disponibles sur l'Observatoire BBC d'Effinergie :
<https://www.observatoirebbc.org/perfinmind>.

Perf in Mind 2 : la poursuite de l'analyse des rénovations énergétiques en maison individuelles

Le projet [Perf in Mind 1](#), publié en 2022, avait pour objectif de documenter la performance énergétique de 106 maisons individuelles rénovées à un niveau Basse Consommation (BBC) ou équivalent. Il avait permis de confirmer l'efficacité de la rénovation complète et performante des maisons individuelles lorsqu'elle est réalisée dans le cadre de dispositifs d'accompagnement de qualité.

Dans sa continuité, le projet *Perf in Mind 2*, réalisé entre juillet 2022 et juin 2025, avait pour objectifs :

- **D'approfondir les résultats de Perf in Mind 1 sur de nouvelles dimensions** : évaluation du confort d'été (mesuré, vécu et perçu par les habitants), analyse en cycle de vie, en coût global, et étude des risques associés à l'usage d'isolants biosourcés lors d'une isolation par l'intérieur.
- **D'élargir l'analyse au-delà des rénovations BBC en une fois**, en allant instrumenter également des rénovations effectuées dans le cadre de financements CEE de type Coup de pouce « Renovation globale » ou de BBC par étapes telles qu'ils étaient en vigueur au moment de la rénovation de ces logements¹.

1. Rénovations BBC en une fois : une efficacité confirmée

Les trois types de rénovation étudiées (BBC Rénovation, BBC par étapes et Coup de Pouce) conduisent toutes à des résultats significatifs en termes de baisse de consommation d'énergie. La campagne de mesures a en effet mis en évidence des gains énergétiques importants entre l'avant et l'après rénovation.

Cependant, **les meilleurs résultats sont atteints pour les maisons ayant visé le niveau BBC rénovation**. *Perf in Mind 2* confirme sur ce point les résultats de *Perf in Mind 1* sur la performance énergétique des maisons ayant fait l'objet d'une rénovation BBC réalisée en une seule fois. Par ailleurs, l'étude documente de nouveaux bénéfices. En effet, ces rénovations permettent une **réduction très importante de la consommation d'énergie**, atteignant systématiquement les classes A ou B du nouveau DPE. Le critère de consommations 5 usages en énergie primaire qui était visé a été atteint pour chacune des maisons.

Ces résultats confirment qu'avec un dispositif adapté il est parfaitement possible aujourd'hui de réaliser des rénovations complètes et performantes, correspondant aux enjeux sociaux, énergétiques et climatiques du secteur du Bâtiment.

¹ Les projets étudiés ayant été rénovés avant 2023, la notion de rénovation « BBC par étapes », utilisée dans *Perf in Mind II* fait écho à des exigences définies par des collectivités territoriales et antérieures à celles présentes dans l'arrêté du 3 octobre 2023 définissant le nouveau label « BBC rénovation résidentiel 2024 » et « BBC rénovation résidentiel 2024 – Première étape ». Par ailleurs, Les projets « Coup de pouce » sont définis par l'ancienne BAR-TH 164 « rénovation globale », et non l'actuelle « rénovation d'ampleur ». Enfin, ces rénovations ont été réalisées dans le cadre de dispositifs d'accompagnement publics ou privés plus ou moins ambitieux mais qui excluaient systématiquement les rénovations par « geste ».

2. Rénovations par étapes et Coups de Pouce « rénovation globale » : des risques de non atteinte de la performance énergétique

À l'inverse, les rénovations moins ambitieuses (telles que les « Coups de Pouce » ou « BBC par étapes ») présentent des risques de non atteinte de la performance si elles ne sont pas suffisamment encadrées, pour les raisons suivantes :

- **Les bouquets de travaux se révèlent souvent incomplets, sans travaux sur des postes clés** comme l'isolation des planchers bas (souvent par impossibilité technique) ou l'installation d'un système de ventilation. Les maisons « BBC par étapes » présentent des bouquets de travaux bien moins complets.
- **Des défauts de mise en œuvre sont plus fréquents** dans l'échantillon étudié, notamment sur le traitement des ponts thermiques, l'étanchéité à l'air et l'installation des systèmes techniques.

Au final :

- **La performance énergétique atteinte par les rénovations par étape est moins bonne que pour les rénovations en une fois.** Ces maisons atteignent toutes au moins la classe C du nouveau DPE, soit un des objectifs visés dans l'arrêté du 3 octobre 2023 définissant le bâtiment basse consommation énergétique rénovation résidentiel - première étape ; malheureusement le risque est majeur de ne jamais aller au bout des travaux pour atteindre un niveau de rénovation complète et performante.
- **Les performances mesurées des maisons « Coup de pouce » varient fortement d'un projet à l'autre.** Si certaines atteignent parfois une performance de type BBC (notamment en zone H3 et avec un AMO), d'autres en revanche restent en classe C voire D. L'objectif de -55% entre avant et après rénovation est atteint en énergie finale notamment grâce à la mise en œuvre de pompes à chaleur (PAC), mais pas en énergie primaire. Des écarts parfois très importants sont relevés entre le calcul initial de consommations et les factures de consommations réelles avant travaux.

Les politiques publiques ont depuis intégré certains garde-fous dans les nouveaux dispositifs :

- **Les retours d'expériences de *Perf in Mind 2* ont contribué à la définition réglementaire du label « BBC rénovation résidentiel – première étape » dans l'arrêté du 23 octobre 2023.** Ce dernier intègre désormais des performances minimales sur les résistances des parois, sur les menuiseries, la perméabilité à l'air et, point crucial, la présence systématique d'un système de ventilation, répondant ainsi directement aux constats de l'étude.
- L'évolution du dispositif Coup de pouce « rénovation globale » (BAR-TH-164) vers le parcours accompagné « rénovation d'ampleur » de MaPrimeRénov' impose désormais deux postes de travaux sur l'enveloppe et relève le niveau des exigences techniques unitaires au-delà des aides aux gestes. Cependant, elle n'impose pas systématiquement un traitement du système de ventilation.

Quelques évolutions pourraient encore permettre d'améliorer la qualité des rénovations énergétiques :

- L'alignement du « parcours accompagné » des aides MPR délivrées par l'ANAH sur le label BBC avec une première étape qui intégrerait systématiquement des travaux sur la ventilation, un test d'étanchéité à l'air et l'atteinte de la classe C.
- La mise en œuvre d'un système d'aide incitatif permettant d'accompagner les ménages dans la poursuite de leur programme de travaux afin de ne pas s'arrêter aux premières étapes uniquement. En effet, le risque majeur demeure que les travaux ne soient jamais finalisés pour atteindre le niveau d'une rénovation complète et performante.

3. La rénovation énergétique ne génère pas d'effet rebond en hiver

En termes de confort d'hiver, quelle que soit la modalité de rénovation étudiée (BBC en une fois, 1^{er} étape, Coup de pouce) :

- Le confort d'hiver est jugé satisfaisant par les ménages.
- **Aucun effet rebond n'a été observé sur la consigne de chauffage** : la température moyenne mesurée en période de chauffe est de 19,9°C, similaire à celle mesurée dans *Perf in Mind 1*.

4. La rénovation énergétique améliore le confort estival

Dans le cadre du projet *Perf In Mind 2*, une attention particulière a été portée à la question du confort estival, avec l'objectif de mieux comprendre les pratiques, ressentis et perceptions des ménages. Pour cela, une approche croisée et pluridisciplinaire a été déployée durant l'été 2023 — le quatrième plus chaud depuis le début du XXe siècle — combinant mesures physiques et enquêtes sociologiques.

Cette démarche a reposé sur un double dispositif :

- D'une part, des mesures instrumentées (température et hygrométrie dans le séjour, température dans la chambre la plus occupée) ont été réalisées dans les 40 maisons de l'échantillon.
- D'autre part, une enquête qualitative et quantitative a été menée auprès des habitants : questionnaire sur le ressenti global avant/après travaux, carnet de suivi en temps réel dans 23 logements, et entretiens semi-directifs avec 10 personnes.

La rénovation contribue donc, de manière significative, à la qualité de vie des occupants en période estivale. En effet, **les ménages se déclarent globalement satisfaits du confort d'été après rénovation** quelle que soit la modalité de rénovation de la maison (BBC en une étape, BBC 1^{er} étape, Coup de pouce). **Toutefois, les situations d'inconfort persistent lors de vagues de chaleur prolongées**, en particulier la nuit et dans les chambres, lorsque les températures dépassent les 25 à 26 °C.

Le confort thermique ne peut être réduit à des paramètres physiques : il s'inscrit dans un ensemble plus large de ressentis, influencés par les usages, les habitudes et les attentes des occupants. Par exemple, certains ménages ne signalent pas d'inconfort malgré des températures supérieures à 28 °C, tandis que d'autres expriment un malaise dès des seuils plus bas. Ces **écarts de perception** peuvent exister au sein d'une même zone climatique, voire d'un même logement. Par ailleurs, **la capacité des habitants à agir sur leur environnement** (gestion des protections solaires, ventilation nocturne, adaptation des usages) **joue un rôle central dans l'amélioration du confort perçu**.

Ces constats appellent plusieurs recommandations :

- Les outils de conception du confort d'été doivent évoluer. Par exemple, le diagramme de Givoni, qui identifie les zones de confort thermique en fonction de la température, de l'humidité et de la vitesse de l'air, gagnerait à être décliné en versions locales, mieux adaptées aux microclimats.
- La conception et l'évaluation des rénovations doit mieux prendre en compte cette « capacité à agir » des occupants.

5. L'accompagnement des ménages : une nécessité confirmée

Perf in Mind 2 confirme les résultats de *Perf in Mind 1*, à savoir que la qualité de la mise en œuvre et la présence d'un accompagnement de qualité sont les clés de voûte de la réussite d'une rénovation.

L'accompagnement par un Assistant à Maîtrise d'Ouvrage (AMO) joue un rôle central : **les rénovations accompagnées obtiennent de meilleurs résultats, tant en performance qu'en satisfaction des ménages**. Certaines rénovations "Coup de pouce" réalisées avec AMO atteignent par exemple le niveau BBC. A

contrario, des défauts d'exécution ont été relevés dans plusieurs projets non accompagnés, en particulier sur les systèmes de ventilation et de chauffage. Ce point est particulièrement marqué dans les projets « Coup de Pouce », où deux tiers des ménages ont eu le sentiment de suivre leur chantier seuls.

L'accompagnement technique et financier est également essentiel pour contrôler les coûts et éviter les devis hors normes.

En réponse à ces constats, des ressources pédagogiques (guides, check-lists) ont été publiées pour aider la filière.

Ces constats conduisent à recommander **l'intégration plus systématique d'un accompagnement en phase chantier (MOE) des rénovations énergétiques**, notamment dans le cadre du « parcours accompagné » des aides MPR délivrées par l'ANAH. Le coût de cet accompagnement est aujourd'hui éligible aux aides pour les modestes et très modestes, mais il serait nécessaire de faire mieux connaître ce dispositif afin qu'il soit plus utilisé tant les ménages peuvent être parfois démunis durant la phase chantier.

6. L'impact carbone positif des rénovations

74 % des rénovations étudiées affichent un Temps de Retour Carbone (TRC) inférieur à 5 ans. Ce résultat est particulièrement marqué lorsque les travaux permettent une réduction significative des besoins énergétiques, combinée à l'usage d'énergies décarbonées pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire.

L'analyse révèle cependant une forte variabilité de l'impact carbone des produits de construction et équipements (PCE), représentant entre 8 % et 71 % de l'empreinte carbone totale selon les projets. Cette variabilité résulte notamment du vecteur énergétique (décarboné ou non) avant travaux.

Sur un horizon de 30 ans, les maisons rénovées avec des systèmes de chauffage au bois ou des pompes à chaleur air-eau présentent des émissions inférieures à 600 kg CO₂e/m²shab. En revanche, les logements ayant conservé le gaz comme vecteur énergétique dépassent ce seuil, soulignant l'importance du choix des équipements dans la performance environnementale à long terme.

7. Une forte dispersion des coûts de rénovation qui pèse sur le coût global du projet pour les ménages

L'analyse en coût global (ACG) met en évidence une forte disparité dans la part que représentent les coûts de travaux par rapport au coût total sur 30 ans, allant de 5 % à 81 %. Trois paramètres principaux influencent cette variabilité :

- L'état initial des consommations énergétiques du logement.
- Le coût des travaux, fortement dépendant des techniques employées et des devis obtenus.
- Le niveau de gain énergétique constaté à l'usage.

À cela s'ajoutent des facteurs déterminants pour le déclenchement des travaux par les ménages : le niveau des aides disponibles (subventions, prêts bonifiés) et la complexité administrative pour y accéder².

² Limites méthodologiques de cette étude :

1. **Collecte de données** : Le faible nombre de cas analysés (26 maisons individuelles contre 60 à 80 prévues) limite la robustesse statistique des résultats. L'échantillon présente une hétérogénéité des ambitions énergétiques, un déséquilibre dans les équipements initiaux, et une sur-représentation de solutions techniques coûteuses. Certains projets incluent des expérimentations non reproductibles et des incohérences dans les métrés (ex. : isolation thermique extérieure allant de 90 €/m² à 750 €/m²).

8. Isolants biosourcés : des risques pathologiques limités en isolation par l'intérieur

Le recours aux isolants biosourcés constitue l'une des voies les plus pertinentes pour améliorer le bilan carbone des rénovations sur l'ensemble de leur cycle de vie. Leur mise en œuvre en isolation par l'intérieur (ITI), cependant, soulève régulièrement des interrogations quant à leur sensibilité à l'humidité. Les retours d'expérience et les textes normatifs sur ce sujet sont parfois contradictoires, ce qui freine leur adoption. Une refonte du cadre réglementaire et normatif semble souhaitable de même qu'une amélioration des outils de simulation hygrothermique HAM, tels que WUFI® ou DELPHIN® pour mieux refléter le comportement réel des isolants biosourcés en situation.

Perf in Mind 2 a analysé la question à travers plusieurs axes complémentaires qui valident la pertinence des isolants biosourcés et lève certains doutes quant à leur sensibilité à l'humidité :

- **Une revue de la littérature scientifique réakusée au niveau européen qui montre que les isolants biosourcés utilisés en ITI ne génèrent pas de sinistralité particulière.** Bien au contraire, leurs propriétés hygroscopiques et capillaires leur permettent de fixer l'eau sans dommage et de sécher plus facilement que les matériaux conventionnels. Ils permettent également plus d'aide à l'assèchement des matériaux contigus.
- L'analyse du cadre normatif français. Celui-ci apparaît aujourd'hui sévère, voire en contradiction avec les règles de l'art. De nombreux indicateurs de risque (par exemple « < 23% m », « < 30% m », « HR < 98% ») ainsi que les conditions de test ne correspondent pas aux réalités observées dans des bâtiments correctement conçus et entretenus. De plus, les Avis Techniques (ATec), s'appuyant sur des e-cahiers du CSTB, imposent l'usage de membranes fermées à la vapeur, ce qui va à l'encontre du besoin de séchage naturel des isolants biosourcés — un point pourtant documenté dans le dossier « Humidité – 12 enseignements à connaître » de l'AQC.
- Des mesures in situ portant sur la température et l'hygrométrie dans des complexes d'isolants biosourcés en ITI. Les résultats montrent une absence de pathologie, y compris dans des projets situés en altitude, parfois mal ventilés ou insuffisamment protégés de la pluie, et ne respectant pas les exigences des ATec. Seuls deux cas instrumentés ne respectent pas les critères du rapport SimHuBat, mais ils présentent des conditions très particulières qui nécessitent des investigations complémentaires pour déterminer s'il y a eu une réelle dégradation du matériau.
- Des simulations dynamiques de transfert de vapeur, en 2D à base du logiciel WUFI. Les conclusions montrent que les simulations, pour l'ensemble des cas comparés, aboutissent à des résultats de plus à beaucoup plus défavorables sur les teneurs en humidité que la mesure in situ. Le document SimHubat est d'une bonne utilité pour les concepteurs mais il ne suffit pas à aborder assez finement tous les sujets influant les résultats de simulation. En plus des avantages des caractères hygroscopique et capillaire, sous-estimés, le choix du climat intérieur, par exemple, est déterminant mais pas toujours facile et pas toujours représentatif de la réalité.

-
2. **Projection à long terme** : Les hypothèses retenues pour les coûts de l'énergie et la valorisation verte du bien immobilier influencent fortement les conclusions. Selon qu'elles soient favorables ou défavorables, le Temps de Retour sur Investissement (TRI) peut varier de plus de 30 ans à moins de 10 ans, ce qui souligne la sensibilité de l'analyse aux paramètres économiques futurs.

L'ADEME EN BREF

Au cœur des missions qui lui sont confiées par le ministère de la Transition écologique, le ministère en charge de l'Energie et le ministère en charge de la Recherche, l'ADEME - l'Agence de la transition écologique - partage ses expertises, coordonne le financement et la mise en œuvre de projets de transformation dans plusieurs domaines : énergie, économie circulaire, décarbonation, industrie, mobilité, alimentation, adaptation et sols.

Elle mobilise les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, et leur donne les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse. Résolument engagée dans la lutte contre le changement climatique et la dégradation des ressources, l'ADEME conseille, facilite et aide au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions. Elle met ses capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un Établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC).

LES COLLECTIONS DE L'ADEME



FAITS ET CHIFFRES

L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.



CLÉS POUR AGIR

L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.



ILS L'ONT FAIT

L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.



EXPERTISES

L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard.



HORIZONS

L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.



EXPERTISES

SYNTHESE TRANSVERSALE

Perf in Mind 2 confirme l'efficacité de la **rénovation BBC en une seule fois**, qui atteint systématiquement les objectifs de consommation et classe les logements en A ou B. Inversement, les projets partiels présentent des résultats incertains en raison de **travaux incomplets** (notamment l'absence de ventilation) et de **défauts d'exécution** fréquents.

Le confort d'hiver est validé, mais l'étude alerte sur le confort estival : l'inconfort ressenti est fortement lié au **"pouvoir d'agir"** de l'habitant sur son environnement, nécessitant une évolution des outils de conception.

Enfin, l'impact carbone est jugé positif (TRC < 5 ans pour 74% des projets).

L'étude réaffirme que l'**accompagnement (AMO)** est la clé de la réussite, garantissant de meilleurs résultats et une satisfaction accrue. Les défauts sont plus fréquents dans les projets non encadrés. Il est recommandé d'intégrer plus systématiquement un **accompagnement en phase chantier (MOE)**.

L'étude confirme le succès des rénovations BBC en une fois, et pose les limites de certaines approches partielles sources de résultats incertains. La clé pour sécuriser la performance énergétique, le confort d'été, réside dans l'Accompagnement et la capacité du ménage à agir.