

CONTACT

// TOUTE L'ACTUALITÉ DE LA RECHERCHE DU CSTB

La lettre trimestrielle du CSTB dédiée aux grands enjeux du secteur de la construction et de l'aménagement, dans une approche globale et pluridisciplinaire.

CSTB
le futur en construction

N°7 // MAI 2024



// RÉNOVATION DES BÂTIMENTS

**COMMENT RÉNOVER NOTRE
PARC DE BÂTIMENTS POUR
RÉPONDRE AUX ENJEUX
DE DÉCARBONATION
ET D'ADAPTATION AU
CHANGEMENT CLIMATIQUE ?**



Une ambition : Bâtiments et quartiers pour bien vivre ensemble




Un impératif : Bâtiments et villes face au changement climatique



Des chantiers : Rénovation, fiabilisation de l'acte de construire, innovation



Des moyens : Économie circulaire et ressources pour le bâtiment



«
Pour les acteurs de la construction, le défi majeur est aujourd’hui de réduire drastiquement les émissions de gaz à effet de serre du secteur. Chacun y contribue à son niveau et à sa manière, mais mieux fédérer les énergies pour optimiser les synergies est primordial.
»

SOMMAIRE

ENJEUX _____ 4

par Julien Hans, directeur de la Recherche et de l'Innovation

FOCUS _____ 5

par Nicolas Naville,
directeur de Domaine d'Action Stratégique Recherche

À LA UNE _____ 6-7

**L'approche multicritère des projets
de réhabilitation**

PROJET DE RECHERCHE _____ 8

RESTORE

PROJET DE RECHERCHE _____ 9

RENOPTIM

ACTUALITÉS RECHERCHE _____ 10

QUOI DE NEUF DOCTORANT(E)? _____ 11

LES COULISSES DE LA RECHERCHE _____ 11

ENJEUX

Le bâtiment est essentiel à notre vie quotidienne. Il est donc au cœur des enjeux sociétaux. Cependant, la complexité de ses usages et de ses interactions aux différentes échelles – du bâtiment à l'urbain –, qu'elles soient socio-économiques ou techniques, reste difficile à appréhender dans sa globalité.

La lettre CONTACT a justement vocation à éclairer la compréhension de celle-ci et des problématiques scientifiques associées, afin de rendre plus accessibles à tout un chacun les questions posées à la recherche et les résultats opérationnels que celle-ci apporte au secteur du bâtiment et de l'urbain.

Pour répondre à ces questions, nous avons articulé la recherche du CSTB autour de quatre domaines d'actions stratégiques qui déclinent une ambition – des « Bâtiments et des quartiers pour bien vivre ensemble » ; un impératif – des « Bâtiments et des villes face au changement climatique » ; des moyens qui évoluent – « Économie circulaire et ressources pour le bâtiment » ; et des chantiers – « Rénovation, fiabilisation de l'acte de construire, innovation ». Pour les acteurs de la construction, le défi majeur est aujourd'hui de réduire drastiquement les émissions de gaz à effet de serre du secteur (soit passer de 153 millions à 96 millions de tonnes en 2030, puis à 16 millions de tonnes en 2050). Chacun y contribue à son niveau et à sa manière, mais mieux fédérer les énergies pour optimiser les synergies est primordial, tant sont vertigineux les progrès à accomplir pour atteindre cet objectif.

Dans ce contexte, massifier la rénovation reste l'un des principaux leviers à activer. La réussite de l'atténuation du changement climatique en dépend.

Pour cela, la connaissance du parc bâti existant, avec l'apport de la Base de données nationale des bâtiments (BDNB) développée par le CSTB, est indispensable, de même que la mise à disposition d'outils favorisant de façon concomitante l'élaboration de trajectoires carbone et de trajectoires de rénovation à destination des collectivités et des gestionnaires de parcs de toute nature.



Par Julien Hans,
directeur de la Recherche
et de l'Innovation

Il s'agit de rénover massivement, mais aussi de rénover bas carbone, les émissions liées à l'activité s'élevant encore aujourd'hui à 20 millions de tonnes pour seulement 70 000 rénovations globales et 500 000 gestes isolés.

Pour obtenir des résultats significatifs, multiplier par au moins cinq le nombre de rénovations globales est essentiel, mais des freins persistent. Il faut ainsi (re)donner envie et (re)mettre en confiance pour dépasser les déficits chroniques et les non-qualités historiques ou structurelles liés à la construction.

Étape finale du cycle de rénovation, la qualification des performances du bâtiment en exploitation doit devenir systématique. Il s'agit, d'une part, de développer des méthodes et des outils d'évaluation pour mesurer les performances réelles et, d'autre part, de les éprouver sur le terrain et d'en faciliter le déploiement opérationnel. C'est un changement de culture majeur pour le secteur de la construction.

Cela passe par une approche pluridisciplinaire et multicritère (dimensions thermique, olfactive, acoustique, lumineuse, sanitaire...) permettant d'assurer le bien-être des occupants, en intégrant la notion de confort d'été. En 2022, nous avons identifié des rénovations récentes qui ont abouti à des bâtiments déjà inadaptés à nos étés caniculaires. Le lancement des groupes de travail de CAP 2030 (Plan bâtiment durable), qui couvrent toutes ces thématiques, est un formidable levier pour mutualiser un maximum de travaux de recherche, et de terrain, afin de concevoir des méthodologies applicables et déployables à grande échelle, permettant de relever du mieux possible ces défis sans précédent.

FOCUS

Par **Nicolas Naville**,
directeur de Domaine d'Action
Stratégique Recherche



Décarboner le parc de bâtiments en moins de trente ans en l'adaptant au changement climatique et à l'évolution des besoins, tout en tenant compte de la diversité des typologies constructives et de la multiplicité des acteurs décisionnaires impliqués, avec des ressources financières, naturelles et humaines contraintes, et dans un contexte d'incertitudes et d'asymétries informationnelles : tel est le défi collectif que nous devons relever et auquel la recherche du CSTB entend contribuer.

Celle-ci doit en effet permettre d'éclairer les stratégies à mettre en œuvre, et accompagner l'émergence de solutions techniques et de réponses adaptées.

Un premier axe de recherche concerne la **connaissance du parc**. La Base de données nationale des bâtiments (BDNB), développée dans le cadre du programme PROFEEL* et publiée en open data depuis 2022, a vocation à constituer un socle commun d'informations pour éclairer les décisions des acteurs. En lien avec l'Agence nationale de l'habitat (Anah) et le ministère de la Transition Écologique, nous travaillons notamment à améliorer le suivi des progrès réalisés, en exploitant les données relatives au financement des projets de rénovation.

Cette connaissance sert de base aux travaux sur les stratégies de rénovation à l'échelle du parc, conduits avec des gestionnaires de parcs, tels que les bailleurs sociaux, et avec les pouvoirs publics, et qui reposent sur le développement d'outils de modélisation prospective.

Les collectivités sont notamment amenées à jouer un rôle central pour la déclinaison territoriale des politiques : dispositifs de financement, démarche « d'aller vers » et opérations territorialisées pour susciter le passage à l'acte, développement de filières

locales de la rénovation, etc. La recherche explore également la nécessaire articulation entre la rénovation et les autres enjeux du développement territorial : réponse aux besoins en logements, sobriété immobilière et foncière, renouvellement de l'attractivité des quartiers et lutte contre la vacance. Une recherche partenariale a été engagée avec l'Agence nationale pour la rénovation urbaine (Anru) pour objectiver le choix entre rénovation et déconstruction-reconstruction, en fonction de différents critères liés au bâtiment et à son contexte urbain.

Nos travaux portent également sur le **projet de réhabilitation** lui-même et visent à développer, aux côtés des acteurs, les méthodes et les solutions pour conjuguer qualité des

financé dans le cadre du programme PROFEEL, s'intéresse à la rénovation globale et performante de la maison individuelle, en s'appuyant sur la notion de typologies pour faciliter la répliquabilité des solutions.

Le sujet de la **performance réelle des bâtiments** constitue un axe de travail prioritaire. Le premier enjeu est de s'assurer que les rénovations mises en œuvre permettent les gains escomptés. Le partage des retours d'expérience est également indispensable pour créer la confiance des maîtres d'ouvrage. La méthode SEREINE, codéveloppée avec d'autres acteurs, est centrée sur la mesure physique de la performance. D'autres approches sont mobilisées, comme l'analyse des consommations avant et après projet. La déclinaison contractuelle de ces enjeux est également abordée, avec des projets sur les dispositifs de tiers financement.

D'autres travaux de recherche ciblent les enjeux à **l'échelle de la filière** : accompagner la transition du secteur vers la rénovation, connaître les déterminants du coût des projets et les leviers d'optimisation, s'assurer du développement des compétences requises... L'objectif est de fournir aux acteurs publics les clés pour accompagner le développement sur leur territoire d'une offre de rénovation adaptée aux besoins identifiés.

Enfin, nos travaux de recherche sur **l'évaluation des produits et procédés de construction** visent à favoriser l'émergence et le déploiement des innovations nécessaires aux différents défis du secteur, dont celui de la rénovation. On peut citer, à ce titre, les travaux de recherche sur la performance des isolants biosourcés, la mise en place d'un nouveau laboratoire dédié au vecteur air pour mieux objectiver la performance des pompes à chaleur ou encore l'accompagnement des réflexions sur la préfabrication.

« Le sujet de la performance réelle des bâtiments constitue un axe de travail prioritaire. »

rénovations et massification. Les méthodologies multicritères explorées, par exemple, avec le département du Var pour la réhabilitation de ses collèges visent à embarquer efficacement les différentes dimensions à traiter, parmi lesquelles la nécessaire adaptation au changement climatique. Le projet RESTORE,

* Le programme PROFEEL, financé dans le cadre du dispositif des certificats d'économie d'énergie (CEE), est mené depuis 2018 par 16 organisations professionnelles du bâtiment, pour contribuer collectivement à l'accélération et à la fiabilisation des rénovations énergétiques. Les programmes PROFEEL 1 et PROFEEL 2 dénombrent 17 projets qui produisent une collection d'outils pour l'amélioration des pratiques professionnelles sur le marché de la rénovation énergétique, et le déclenchement d'opérations performantes. L'Agence qualité construction (AQC) en assure la coordination globale et le secrétariat. <https://programmeprofeel.fr>



À LA UNE

L'approche multicritère des projets de réhabilitation



Laure Wipf, architecte, cheffe de projet
Recherche et Expertise, **Camille Moreau**,
ingénieure Recherche et Expertise, **Cécile Deloffre**,
cheffe de projet Recherche et Expertise à la direction
Énergie-Environnement, CSTB

Quels sont aujourd'hui les enjeux des bâtiments existants ?

L.W. 80% des bâtiments qui existeront en 2050 existent déjà aujourd'hui. Ce bâti existant, autrefois conçu par une main-d'œuvre adaptée aux techniques constructives, avec des matériaux plus ou moins locaux en fonction de l'époque, sous un climat et avec des usages liés aux critères de confort de l'époque, doit désormais répondre aux normes et usages actuels, ainsi qu'aux enjeux de demain, à savoir l'adaptation face au changement climatique.

Il est donc nécessaire de travailler à la fois sur les aspects énergétique et environnemental, et sur le confort thermique en toute saison. Il faut aussi, et surtout, effectuer la remise aux normes des différents composants et espaces des bâtiments. Nous parlons ainsi de « réhabilitation » énergétique pour mettre l'accent sur l'effort technique à entreprendre pour que ces espaces et bâtiments soient conformes aux normes actuelles.

Pour favoriser ces projets de réhabilitation, le CSTB a élaboré une méthode d'analyse multicritère. À quelle problématique répond-elle ?

La sobriété énergétique des bâtiments est l'un des principaux leviers d'action dans la lutte contre le changement climatique. La Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC) vise, en ce sens, à diminuer la consommation de tous les bâtiments d'ici à 2050, y compris celle des bâtiments existants. Mais la performance

énergétique ne peut pas être le seul déterminant des projets : 5,6 millions de ménages sont aujourd'hui en précarité énergétique, et un tiers d'entre eux occupe un logement présentant un ou plusieurs défauts graves de confort (fenêtres laissant anormalement passer l'air, infiltrations d'eau par les murs, le toit, le sol ou les ouvertures, façades dégradées, manque d'aération, signes d'humidité, installation électrique dégradée, plomberie défectueuse, fuites, etc.). Quelque 600 000 logements sont considérés comme indignes, et 900 000 à 1 300 000 personnes vivent dans des conditions difficiles à très difficiles – sans parler des effondrements d'immeubles enregistrés ces dernières années –, menaçant leur santé et leur sécurité. Tout projet de réhabilitation doit donc répondre à des exigences fondamentales comme la solidité, la sécurité et la fonctionnalité. La réglementation thermique des bâtiments existants (RTex) impose essentiellement un niveau de performance avec un seuil de consommation énergétique à ne pas dépasser et un certain niveau de confort à respecter. La RE2020 impose un niveau de performance aux constructions neuves tant sur les consommations énergétiques que sur les émissions de gaz à effet de serre et les impacts environnementaux. Les projets de réhabilitation du bâti existant devraient être soumis aux mêmes exigences (exemple : effectuer un bilan carbone de l'opération).

Pour réhabiliter dans les Règles de l'Art, il faut un triptyque de connaissances et d'expertise

adaptées à la typologie du bâti existant : structure et architecture, énergie et environnement, habitabilité et usage. Ce triptyque peut rarement être porté par une seule personne. Une équipe pluridisciplinaire est essentielle afin de prendre des décisions éclairées, objectivées et réalistes. Elle doit être guidée par un chef d'orchestre qui accompagne le décideur dans toutes les phases du projet, le plus tôt possible, c'est-à-dire dès la phase de programmation. Le principe de l'analyse multicritère est de mettre sur la table tous les enjeux de la réhabilitation (pathologies et potentiels), et de mettre en lumière les besoins, les interdépendances et les co-bénéfices d'une intervention sur le bâti.

Sur quoi cette méthode multicritère est-elle fondée ?

La performance énergétique trouve toute sa pertinence à condition qu'elle ne se fasse pas au détriment d'un autre aspect, que ce soit la sécurité, le confort thermique, la Qualité de l'Air Intérieur (QAI), la santé et l'hygiène. Autrement dit, l'excellence dans un domaine ne peut justifier que l'on s'affranchisse d'un bon niveau de performance dans les autres. Une approche multidisciplinaire, donc multicritère, offre l'opportunité de trouver des solutions mutualisées. La démarche et la philosophie adoptées dans une approche globale sont un tremplin pour les autres disciplines techniques, dans la perspective d'identifier leurs interactions et de concevoir un projet de réhabilitation frugal. Le résultat post-travaux attendu est un

bâtiment équilibré, adapté à son contexte environnemental et climatique. Le but de la démarche est de faire en sorte que l'intervention sur l'existant offre au bâtiment la possibilité de s'adapter à un contexte en évolution constante et de répondre aux besoins des occupants aujourd'hui et demain.

Pour le CSTB, une réhabilitation multicritère performante et raisonnée d'un bâtiment existant doit répondre à 24 critères clés regroupés en cinq grandes familles :

- l'économie de ressources ;
- la qualité de vie des espaces, avec anticipation du climat futur ;
- l'optimisation des usages ;
- la maîtrise des risques ;
- la transition numérique.

Comment la méthode se décline-t-elle concrètement pour les acteurs impliqués dans les projets de réhabilitation ?

Elle les invite à réfléchir de manière transversale, sachant que les 24 critères ciblés interagissent, ce qui se traduit par autant de convergences que d'antagonismes potentiels. La démarche les incite également à considérer le bâti sur son site d'implantation, là aussi multicritère, ce qui permet d'identifier, en amont, les contraintes et les opportunités bioclimatiques du site (apports gratuits du soleil, masque et potentiel solaire, nuisances sonores, potentiel de végétalisation, vents dominants pour le rafraîchissement passif, orientation des façades en fonction des usages et des saisons, etc.) et sert de base à la hiérarchisation des cibles à atteindre post-réhabilitation.

La méthode et les outils sont pensés pour accompagner un maître d'ouvrage en phase amont selon sa politique environnementale, sa stratégie patrimoniale et les modalités de financement des projets de réhabilitation. Ils couvrent le champ de l'aide à la décision et de l'aide à l'optimisation sous contrainte.

La méthode a-t-elle déjà été déployée sur le terrain ?

C.D. Absolument. Sollicité par le conseil départemental du Var, le CSTB l'a expérimenté avec sept collèges du département, qui souhaitaient répondre aux exigences de réduction des consommations énergétiques liées au décret tertiaire, tout en garantissant le confort d'été. L'approche multicritère a permis d'identifier les travaux à bénéfices multiples, notamment en termes de confort acoustique, de ventilation et d'adaptation au climat futur. Cette méthode a été réfléchie pour la réhabilitation de l'existant, mais l'idée est aussi de la tester sur la reconversion et le changement d'usage en pondérant des critères d'analyse différents.

Plusieurs leviers de diffusion sont envisagés. La méthode alimentera en premier lieu la future charte de rénovation énergétique des bâtiments scolaires, en cours d'élaboration dans le cadre du programme Eduréno porté par la Banque des Territoires et à laquelle le CSTB contribue



« La sobriété énergétique des bâtiments est l'un des principaux leviers d'action dans la lutte contre le changement climatique. »

de manière active. Une déclinaison dans des labels est également envisagée, par exemple ceux portés par la filiale du CSTB, CERTIVEA, ou les labels régionaux. De façon plus générale, l'enjeu est que cette méthode puisse à terme infuser dans les outils et approches employés par les acteurs sur le terrain : maîtres d'ouvrage, AMO, architectes et bureaux d'études.

Dans certains cas, la démolition-reconstruction est privilégiée par rapport à la rénovation. Quels sont les facteurs déterminants et à quel moment l'approche multicritère entre-t-elle en jeu ?

C.M. La prise de décision en faveur d'une conservation de l'existant, avec une réhabilitation-reconversion, ou d'une démolition-reconstruction est complexe.

Elle repose en effet sur la prise en compte et le croisement de multiples critères : techniques, économiques, sociaux, juridiques ou de résilience. Les acteurs évoquent régulièrement une approche au cas par cas, les critères retenus dépendant autant de l'opération elle-même que du projet urbain et du contexte territorial. Si les enjeux environnementaux et sociétaux ont tendance à ouvrir le champ de la réflexion, certains critères ressortent aujourd'hui comme prépondérants, voire déterminants. Le caractère patrimonial, la viabilité économique d'un scénario et le potentiel d'hybridation, de mutualisation et d'intensification des usages sont cités par les acteurs comme trois facteurs clés dans la décision.

Chaque opération ayant ses spécificités propres, il n'existe pas de réponse unique. Pour ces raisons, le CSTB propose, via une approche multicritère, la construction et la mise à disposition d'une méthodologie pour l'identification et la priorisation des facteurs décisionnels, l'examen et la collecte des informations nécessaires à la décision, et, in fine, l'évaluation des différents scénarios. L'étude du meilleur choix entre une rénovation ou une démolition-reconstruction a été engagée avec le ministère chargé du logement à la suite des réflexions qui ont émergé lors de l'élaboration de la feuille de route de décarbonation du secteur du bâtiment. La poursuite de cette étude et son enrichissement seront menés avec des parties prenantes décisionnaires variées (institutionnels, maîtres d'ouvrage, etc.).

PROJET DE RECHERCHE RESTORE

EN SAVOIR PLUS



Olivier Greslou, responsable
Stratégie et Recherche de la
division Rénovation,
et **Miguel d'Arcangues**,
responsable du pôle Opérations de
la division Rénovation, direction
Énergie-Environnement, CSTB

Solutions intégrées et innovantes pour la rénovation performante des maisons individuelles

En quoi le projet RESTORE, suite du projet RénoStandard, œuvre-t-il en faveur de la massification de la rénovation ?

O. G. RESTORE, issu du programme PROFEEL, concerne la rénovation des maisons individuelles, qui représentent la part majoritaire des consommations d'énergie des logements en France. Cette partie du parc de bâtiments est particulièrement difficile à traiter en termes de rénovation globale et performante. Rénover une maison coûte cher et demande une logistique qui peut être compliquée à gérer pour les particuliers, d'autant plus lorsque la maison est occupée. Il est donc difficile de créer une dynamique.

L'histoire de la construction nous enseigne que plusieurs techniques constructives et courants architecturaux ont coexisté au XX^e siècle. Un grand nombre de maisons sont donc de construction semblable. La classification des maisons individuelles en vue de définir les différentes typologies présentes sur le territoire aux échelles régionale et nationale est au cœur de notre démarche. Il s'agit ensuite de déterminer quels types de maisons représentent le plus important gisement d'économies d'énergie et d'amélioration de la qualité du logement, mais aussi d'évaluer le potentiel de massification des approches de rénovation globale sur les typologies les plus répandues.

À quels acteurs de la filière RESTORE s'adresse-t-il ?

M. A. Une rénovation performante nécessite la coordination de plusieurs entreprises expertes dans leurs corps d'état respectifs. L'idée est de parvenir à faire travailler ensemble ces TPE-PME du bâtiment pour proposer des projets globaux de rénovation aux particuliers. Les artisans, les entreprises de travaux, les maîtres d'œuvre (architectes, bureaux d'études), les concepteurs d'innovations ou fabricants de solutions techniques, les professionnels de la coordination et les professionnels de l'accompagnement sont ainsi nos cibles principales. Le but de RESTORE est d'outiller ces différents intervenants en phases programmation, conception et chantier, du diagnostic initial à la mesure de la

performance en passant par la conception et la mise en œuvre. Nous les aidons à consolider une vision globale d'une rénovation efficace, performante et pérenne de la maison, et les poussons à s'inspirer de projets préconçus pour des constructions similaires, qu'ils vont pouvoir adapter aux besoins, contraintes et envies des ménages.

Quelles sont les principales évolutions de RESTORE ?

Avec RénoStandard, nous avons travaillé sur quelques types de maisons répandus et contrastés, proposés par des groupements de professionnels, sans chercher à les prioriser à l'échelle nationale. Avec RESTORE, nous avons consolidé une classification typologique nationale de référence et testons certaines solutions théoriques sur le terrain. En parallèle, nous accompagnons de nouveaux groupements concepteurs qui vont travailler sur des typologies de maisons très répandues en France, mais aussi sur plusieurs variantes de projets de rénovation et solutions techniques, choisis en fonction des caractéristiques techniques et variantes architecturales de la maison type, du budget et des besoins des ménages. Cela permet d'obtenir une gamme de solutions techniques plus conséquente pour enrichir l'offre technique au service de la massification.

Dans le cadre de RESTORE, nous demandons désormais aux groupements que nous conventionnons de simuler leurs projets de rénovation globale en prenant en compte la dimension confort d'été à moyen et long termes. La circularité et l'impact carbone font également partie des aspects auxquels nous prêtons attention dans les projets. Nous nous intéressons à l'emploi de matériaux recyclés, mais aussi locaux et biosourcés. Les projets de rénovation s'appuient davantage sur une approche multicritère qui permet d'améliorer grandement la performance et la qualité globales des bâtiments, et donc le confort des occupants.

La recherche et l'innovation sont au cœur de RESTORE. Comment s'articulent-elles ?

O. G. Restore est couplé au programme de recherche du CSTB dédié à la « Réhabilitation multicritère des bâtiments » qui mobilise de nombreuses expertises complémentaires au service de la massification de la rénovation performante. Projet transverse, pluridisciplinaire et intégrateur, RESTORE fait intervenir neuf directions opérationnelles du CSTB et vient mettre en musique des protocoles développés dans d'autres projets PROFEEL (mesure de la

performance thermique avant et après rénovation avec la méthode SEREINE, mesure des consommations d'énergie, de la qualité de l'air intérieur et du confort des bâtiments après rénovation via les protocoles issus du projet QSE). Cette dimension expérimentale, qui s'apparente finalement à de la recherche appliquée, se retrouve sur le terrain avec, sur les 11 projets de référence issus de RénoStandard, huit chantiers déployés sur trois territoires (Normandie, métropole de Lille et agglomération du Grand Chambéry). Projet à deux échelles, RESTORE fait intervenir à la fois des solutions techniques traditionnelles et, sur certains lots, des innovations techniques dont nous accompagnons la conception. Celles-ci concernent notamment l'isolation thermique de la toiture et des murs, à l'aide de solutions hors site et du recours aux isolants biosourcés, et le traitement des interfaces entre lots. L'enjeu sera, demain, de faciliter leur assurabilité.

L'instrumentation des chantiers nous permet de suivre les étapes de mise en œuvre par les groupements et de tester ces différentes solutions techniques en alertant sur les points de vigilance et en fournissant des pistes d'optimisation. Dans le même temps, nous développons des outils pour déterminer leur potentiel de répliquabilité (sur d'autres typologies, sur les aspects logistique et commercial...) et conduisons également une analyse des filières locales et nationales pour évaluer le potentiel de massification de ces solutions. À titre d'illustration, nous réalisons en 2024 une étude sur les opportunités de développement de la filière préfabrication pour les TPE-PME du bâtiment. La prochaine étape sera de finaliser notre approche basée sur la connaissance typologique du bâti et de ses éléments en travaillant sur deux axes, en cours de développement : un module d'identification des typologies dans la BDNB, et un diagnostic technique et architectural rapide des maisons sur le terrain, pour évaluer la compatibilité technique de solutions de rénovation avec les caractéristiques et l'état du bâti. Nous travaillons également sur un protocole global d'évaluation d'un chantier, avant, pendant et après la rénovation, à partir des protocoles séparés que nous expérimentons.

Nous chercherons également à dynamiser les filières locales et régionales en faisant connaître nos solutions aux professionnels via un ensemble de contenus adaptés dans des formats complémentaires. La diffusion est travaillée avec de multiples relais locaux et régionaux (collectivités, associations, réseaux professionnels, centres de ressources, etc.) et via l'organisation d'événements sur plusieurs territoires cibles.

PROJET DE RECHERCHE RENOPTIM

EN SAVOIR PLUS



Rénover pour améliorer le confort d'été dans les logements collectifs

En matière de rénovation et de confort d'été, quelle réponse apporte le projet RENOPTIM ?

C.P. RENOPTIM vise, en France métropolitaine, à améliorer et à maintenir le confort des logements collectifs du parc privé ou social en période de forte chaleur, tout en réduisant les consommations énergétiques des occupants. Issu du programme PROFEEL, ce projet, d'une durée de quatre ans, a démarré en 2022. Il est copiloté par le CSTB et l'Union Sociale pour l'Habitat (USH). Il recouvre plusieurs actions, dont la mise à disposition des bailleurs d'informations sur les solutions technologiques performantes à mettre en œuvre lors d'une rénovation. Celles-ci concernent les modes constructifs, des équipements de ventilation ou de climatisation (brise-soleil, persiennes, ventilateurs de plafond, systèmes de rafraîchissement) ou des solutions végétalisées. Elles ont notamment vocation à éviter le recours aux climatisations mobiles, peu efficaces et énergivores, mais très fréquentes dans les logements collectifs, davantage exposés aux îlots de chaleur urbains et aux nuisances sonores, limitant le recours à la ventilation naturelle. Des industriels porteurs de solutions ont été sollicités pour cette action et, dans le cadre d'une expérimentation, trois ont été retenus pour tester leurs solutions in situ (gestion optimisée et automatisée de volets roulants, rafraîchissement adiabatique indirect, mur végétalisé). Ces dispositifs ont été mis en œuvre dans des appartements témoins afin de comparer leurs performances avec celles de logements identiques non équipés.

En parallèle, nous développons des applicatifs numériques d'aide au calcul du confort thermique et de la performance énergétique, et des outils d'aide à la décision pour les bailleurs afin qu'ils puissent opter pour une solution technique ou un bouquet de solutions adapté à la typologie et aux caractéristiques spécifiques de leurs bâtiments. Par l'intermédiaire de RENOPTIM, nous allons aussi diffuser différents types de livrables (fiches de solutions technologiques et vidéos pédagogiques sur les écogestes) destinés aux gestionnaires de parcs et, par extension, aux occupants des logements. Des informations et des conseils sur les écogestes à adopter en



Charles Pelé, adjoint au
chef de la division Simulation
et Accompagnement pour
l'atténuation et l'adaptation au
changement climatique, direction
Énergie-Environnement, et
Stéphanie Derouineau,
directrice Énergie-Environnement,
CSTB

cas de canicule, la ventilation naturelle, les bons réflexes pour évacuer la chaleur de son logement, la gestion des solutions techniques pour maîtriser au mieux le confort intérieur et les consommations d'énergie, incluant le respect de la température de consigne (26 °C) d'une climatisation, y seront notamment communiqués.

Un volet expérimental à forte dimension psycho-sociologique complète ce dispositif...

S.D. Absolument. Son ampleur est d'ailleurs inédite, puisqu'il concerne 76 logements situés dans trois régions différentes (parisienne, bordelaise, Marseille-Alès). Historiquement, la notion de confort d'été est liée à la température intérieure, et seule la mesure physique était prise en compte pour définir les zones de confort. Or, nous n'avons pas tous la même tolérance en matière de confort thermique ni la même capacité d'adaptation aux fortes chaleurs. C'est là qu'intervient la notion de ressenti qui s'appuie sur le profil physiologique de chacun. Innovant, le projet RENOPTIM repose ainsi sur trois types de mesures :

- **les mesures physiques** – température, humidité, luminosité, ventilation et consommation d'énergie – effectuées *via* des capteurs installés dans les logements et sur les compteurs électriques ;
- **les mesures physiologiques** – température

cutanée et rythme cardiaque – enregistrées via des thermo-boutons collés sur la peau des occupants et une montre connectée (méthode PULSE développée par le CSTB) ;

• **la mesure du ressenti**, effectuée par le biais d'un questionnaire auquel les locataires répondent trois fois par jour pendant quatre mois via une box connectée.

Cette phrase expérimentale du projet s'est déroulée durant l'été 2023. En cours, l'analyse combinée de ses résultats devrait conduire au développement d'un indicateur de confort et renforcer celui introduit dans la Base de données nationale des bâtiments (BDNB). Ces travaux rejoignent également ceux d'Icare, un projet partenarial entre le CSTB et EDF. Basé sur une approche plus statistique et prospective, celui-ci a pour objectif de caractériser le confort thermique à l'intérieur des bâtiments à horizon 2030 et 2050, et d'évaluer les différentes solutions, passives et actives, au regard des niveaux de confort atteints.

Quels bénéfices RENOPTIM apporte-t-il aux bailleurs ?

Les résultats de cette expérimentation nous permettront d'améliorer les outils de calcul et d'aide à la décision à destination des bailleurs, qui seront non seulement basés sur les descriptions techniques des bâtiments et les caractéristiques des logements, mais aussi sur le ressenti des occupants. La compréhension de ce ressenti et la connaissance des habitudes des résidents pour s'adapter à la canicule sont essentielles pour apporter les solutions techniques adéquates et, ainsi, faire diminuer la consommation d'électricité. Les bailleurs sont parties prenantes de ce projet, car ils doivent garantir des conditions de confort à leurs locataires, d'autant que des dépenses d'énergie trop importantes augmentent les risques de loyer impayé. Ils sont sollicités aux différentes étapes et fortement impliqués dans l'élaboration des outils. Améliorer le confort d'été par la rénovation, c'est aussi valoriser un patrimoine immobilier et répondre aux objectifs de décarbonation de la filière bâtiment. Un autre projet de recherche en cours vise d'ailleurs une approche intégrée permettant de coupler rénovation, trajectoire carbone et adaptation au changement climatique à l'échelle du parc.



ACTUALITÉS RECHERCHE

Le CSTB et EDF renouvellent leur collaboration R&D

Le CSTB et EDF ont reconduit leur partenariat de R&D afin de poursuivre les travaux communs engagés sur la performance du bâtiment. Il vise la promotion d'une évaluation multicritère des différentes solutions techniques, organisationnelles ou architecturales, et la consolidation des indicateurs de performance environnementale, d'évaluation du confort et des aspects sanitaires du bâtiment. Les méthodes et les outils permettant de réaliser le calcul, la mesure et la diffusion de ces indicateurs ont vocation à être mis à la

disposition des acteurs de la filière bâtiment pour des conceptions et des réhabilitations pensées dans des trajectoires d'atténuation et d'adaptation au changement climatique. À l'échelle du parc, l'objectif est d'accélérer la dynamique de rénovation énergétique. Les chercheurs partageront ainsi leur expertise et leur savoir-faire dans le domaine de la simulation énergétique, des démarches prospectives et outils associés, des solutions numériques au service de la connaissance du bâti et des approches économiques de la rénovation.



Projet SEIFBois : développer les bâtiments multi-étagés en bois

Le projet SEIFBois (Sécurité Incendie Feu Bois), porté par l'Institut technologique FCBA, Efectis, Egis, l'association IBC et le CSTB, est lauréat de l'appel à projets « Soutien à l'innovation dans la construction matériaux bois, biosourcés et géosourcés » France 2030 de l'ADEME « Soutien à l'innovation dans la construction matériaux bois, biosourcés et géosourcés de France 2030 ». Également soutenu par la filière au travers d'une aide du CODIFAB et de France Bois Forêt, son principal objectif est la création et le partage de connaissances techniques et scientifiques sur les principales problématiques de sécurité des constructions bois en situation d'incendie, afin de lever les freins à la massification des bâtiments multi-étagés construits dans ce matériau.

Si la RE2020 constitue un levier pour le développement de la construction bois, la révision en cours de la réglementation en matière de sécurité incendie doit être alimentée par des éléments scientifiques robustes, afin de fixer un niveau d'exigence permettant de garantir une maîtrise du risque sans accroître inutilement les contraintes et les coûts, tant sur le plan financier que sur celui de l'impact carbone. L'enjeu est de permettre à la filière d'apporter

les solutions techniques nécessaires à l'essor de ce matériau.

La filière bois travaille depuis plusieurs années sur l'élaboration de solutions constructives évaluées au regard de la sécurité incendie. Le projet SEIFBois est ainsi en parfaite cohérence et continuité avec ces actions antérieures. Il complète notamment les travaux effectués pour rationaliser l'évaluation des risques associés au développement du feu dans des locaux présentant du bois apparent, ainsi qu'à la propagation le long des façades.

Il s'articule autour de cinq thèmes : bois apparent, résistance au feu, propagation intérieure, feu façade, retours d'expérience. Ces cinq thèmes sont déclinés en une vingtaine de problématiques techniques ciblées, destinées à apporter des réponses aux interrogations actuelles, pour fluidifier la prescription, au stade de la conception, des ouvrages en structure bois.

Près de 4 millions d'euros seront alloués aux activités d'études et aux essais, qui se dérouleront sur trois ans. La contractualisation avec l'ADEME et les différents partenaires a démarré fin avril 2024.



PNTerre

Projet National Terre : favoriser l'emploi de la terre crue

Mis en place en 2021 par le service de la recherche et de l'innovation du ministère de la Transition Écologique après quatre ans de travail préparatoire, le Projet National Terre vise le déploiement, à grande échelle, de la construction en terre crue.

Dans ce cadre, et à la suite des appels à projets lancés par l'ADEME et l'Agence nationale de la recherche (ANR), le CSTB est fortement impliqué dans trois projets de recherche dont les objectifs sont d'étudier des techniques de mise en œuvre de la terre crue, de mieux comprendre son comportement face à différents types de contraintes et d'étudier la durabilité des ouvrages. Chaque projet, dont la durée varie entre deux et quatre ans, implique plusieurs partenaires académiques et industriels.

Le 20 mars 2024, une assemblée générale a été organisée par l'axe « Confort et efficacité énergétique » du Projet National Terre en partenariat avec le CSTB.

Au programme : échanges sur les défis liés à l'évaluation du confort des constructions en terre crue ; retours d'expérience des praticiens, bureaux d'études et architectes sur les problématiques de conception (acoustique et hygrothermie) ; présentation du potentiel d'expérimentation des méthodes du CSTB en matière de caractérisation des performances énergétiques des bâtiments et d'évaluation de la qualité sanitaire pour des applications sur des bâtiments en terre (méthodes Sereine, QSE et PULSE) ; analyse des progrès réalisés dans le projet CarAc'Terre (LASA, CSTB, CEREMA, Université Gustave Eiffel, Confédération de la construction en terre crue), dédié à la caractérisation des performances acoustiques des systèmes constructifs en terre crue, et financé par l'État dans le cadre du plan France 2030 et par l'Union européenne dans le cadre de NextGenerationEU.

Webinaire de la Recherche : le replay

Le replay du webinaire de la Recherche consacré à la rénovation du parc est disponible sur la chaîne YouTube du CSTB.

RETROUVEZ LE REPLAY
EN VIDÉO



QUOI DE NEUF DOCTORANT(E) ?

Thèse : Vers la mesure de performance de l'enveloppe
d'un bâtiment en occupation



Anaïs Pacquaut,
Université Savoie Mont Blanc

PORTRAIT

DOCTORANT

THÈSE

« Cette thèse, dédiée à la garantie de performance des bâtiments en occupation, s'inscrit au cœur d'une préoccupation majeure, tant pour l'université Savoie Mont Blanc que pour le CSTB et le CEA. Le développement des connaissances sur le sujet au cours de ces trois années de travaux permet d'envisager, à terme, une méthode d'évaluation de la performance opérationnelle qui aurait un réel impact environnemental pour les opérations de réhabilitation. »

RETROUVEZ L'INTERVIEW
EN VIDÉO



LES COULISSES DE LA RECHERCHE



BDNB : le défi des données manquantes

La BDNB est une avancée majeure dans la démocratisation de l'accès aux données sur les bâtiments français, mais beaucoup d'informations restent encore indisponibles, ce qui représente un obstacle à l'estimation de l'état global du parc et donc à l'élaboration de stratégies de décarbonation. Pour relever ce défi, le CSTB a adopté trois méthodes complémentaires : l'amélioration des données réelles produites par les acteurs du bâtiment, l'intelligence artificielle et la simulation numérique physique.

<https://bdnb.io/>

RETROUVEZ L'INTERVIEW
EN VIDÉO





CONTACT

CSTB
le futur en construction

// TOUTE L'ACTUALITÉ DE LA RECHERCHE DU CSTB

Suivez toute l'actualité du CSTB sur :

www.cstb.fr



INSCRIVEZ-VOUS
pour recevoir le prochain numéro



Et découvrez notre site :

CSTB **lab**
accélérateur de start-up

Directeur de la publication : Étienne Crépon •
Directrice de la rédaction : Géraldine Squenel •
Rédaction & contribution : Miguel d'Arcangues,
Lionel Bertrand, Antoine Breitwiller, Cécile Deloffre,
Stéphanie Derouineau, Céline Dourlet, Olivier
Greslou, Julien Hans, Régis Haubourg, Alexandra
Lebert, Isabelle Marcelly, Camille Moreau, Nicolas
Naville, Anaïs Pacquaut, Charles Pelé, Duc Toan
Pham, Pascal Schetelat, Laure Wipf • **Coordination :**
Charline Schwartz • **Crédits photos :** Claire Lise
Havet, Nicolas Richez, LECLERCQ Olivier/hemis.fr,
GUIZIOU Franck/hemis.fr, Filip Olejowski/
Shutterstock.com, Franck Boston/Shutterstock.com •
Vidéos : Agence Quatrevingtdouze • **Conception :**
www.thalamus-ic.fr