RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

conseil national de l'industrie

CSF Industries pour la Construction
Feuille de route R&D et Innovation

Mars 2025

Sommaire

	Mots d'introduction du président	5
	Les contributeurs	6
	Le secteur se mobilise	7
	Le secteur contribue aux objectifs nationaux	9
	Conditions de réussite	13
	Des actions priorisées agissant sur tous les maillons de la chaîne de valeur	15
	Qualification des impacts des orientations de travail	16
Ambition 01	**Développer une industrie de la construction décarbonée à coûts maîtrisés**	**18**
Levier 1	**Imaginer les produits de demain et repenser les procédés de fabrication**	**20**
Orientation de Travail 1	Accélérer la recherche et l'innovation pour développer les produits et systèmes décarbonés de demain	21
OT 2	Se saisir des nouvelles technologies numériques et de l'intelligence artificielle pour optimiser les procédés de fabrication, les rendre plus robustes aux variations d'intrants et aptes à intégrer des nouveaux composants	23
Levier 2	**Accroître la productivité sur toute la chaîne de valeur de la construction**	**25**
OT 3	Identifier et développer les modèles de construction industrialisés à fort potentiel de gain de productivité et de bénéfices environnementaux	26
OT 4	Déployer des espaces de données numériques qui facilitent la conception, la construction, la maintenance, la gestion et la rénovation des ouvrages	28
Levier 3	**Assurer la qualité des produits et des ouvrages à moindre coût**	**30**
OT 5	Accélérer l'évaluation des performances des nouveaux matériaux, produits et systèmes constructifs innovants par le développement de la modélisation	31
OT 6	Optimiser la conception : repenser les coefficients de sécurité afin d'éviter le surdimensionnement	33
OT 7	Réduire la non-qualité de mise en œuvre sur chantier, développer la métrologie et avoir des solutions « error proof »	35

Ambition 02 — Améliorer la performance énergétique et la résilience des bâtiments 36

Levier 1 — Rendre le bâtiment producteur d'énergie et adapté aux changements climatiques 38

OT 8 — Concevoir et réhabiliter les bâtiments pour qu'ils soient contributeurs à la flexibilité énergétique 39

OT 9 — Développer et systématiser l'usage des énergies renouvelables, notamment le solaire et la géothermie 40

OT 10 — Développer des enveloppes qui contribuent à l'adaptation au changement climatique 41

Levier 2 — Rendre accessibles les travaux de rénovation et garantir la performance 42

OT 11 — Créer une méthodologie de priorisation des stratégies de rénovation pour accélérer la massification 43

OT 12 — Concevoir des systèmes et modes de construction hors-site et robotisés pour l'isolation thermique par l'extérieur et par l'intérieur en rénovation 44

OT 13 — Harmoniser, tester et diffuser des outils de mesure qui garantissent l'atteinte des performances 46

OT 14 — Inventer le modèle économico-financier de la rénovation du bâtiment 47

Ambition 03 — Réduire l'empreinte matière avec une conception frugale et en intégrant l'économie circulaire 48

Levier 1 — Exploiter la durabilité des produits et des systèmes constructifs 50

OT 15 — Développer des produits, équipements, ouvrages réparables et/ou démontables 51

OT 16 — Concevoir des programmes et modes constructifs facilitant l'évolutivité des bâtiments sur leur cycle de vie 53

Levier 2 — Créer des modes de preuves qui assurent la traçabilité des produits pour permettre l'économie circulaire 54

OT 17 — Développer de nouvelles méthodes de caractérisation pour assurer la traçabilité et le réemploi des matériaux 55

OT 18 — Mettre en place des critères et indicateurs qui favorisent la recyclabilité, la réparabilité et le réemploi 56

OT 19 — Créer un passeport numérique qui trace les produits et les ouvrages tout au long des cycles de vie pour des décisions éclairées en termes de durabilité et de coûts 57

Levier 3 — Déployer des modèles circulaires rentables et structurer l'écosystème 58

OT 20 — Concevoir les nouveaux modèles circulaires à l'échelle des territoires et par famille de produits de construction 59

OT 21 — Expérimenter et tester les modèles de suivi des matières de bout en bout 60

OT 22 — Muter progressivement vers une méthodologie de comptabilité multi capitaux afin de rendre économiquement viable l'économie circulaire 61

Mot d'introduction du président

Les industries pour la construction ont plus que jamais besoin d'investir dans la recherche-développement et l'innovation pour atteindre leurs objectifs de croissance et pour contribuer de manière décisive aux transformations écologiques que le pays attend du secteur de la construction.

Ces activités de recherche-développement ne produiront tous leurs bénéfices que si elles donnent lieu à des échanges et collaborations étroites entre les industriels et les autres acteurs de la filière. C'est pourquoi, il m'a semblé essentiel que le Comité Stratégique de Filière (CSF) « Industries pour la Construction » élabore cette feuille de route en réunissant un grand nombre de ces acteurs du monde économique et de la recherche.

Je tiens à remercier personnellement l'ensemble des personnes qui ont contribué par leur expertise à la sélection et à la description des ambitions, leviers et orientations de travail inclus dans cette feuille de route. Ces thématiques sont certainement celles qui feront le plus avancer notre filière dans ses défis.

Je forme maintenant le voeu que ces orientations de travail se mutent en véritables projets d'innovation individuels et collectifs et que l'État accompagne ces projets dans un partenariat efficace et durable pour leur plus grand succès.

Pierre-Etienne BINDSCHEDLER

Président du CSF Industries pour la Construction

Les contributeurs

Alessio Loffredo
ANMA Architecture

Alexis Guilhaumaud
ANMA Architecture

André de Chefdebien
Rector

Armelle Langlois
VINCI Construction

Arnaud Littner
IPC

Aurore Furlanetto
Dassault Systèmes

Benoit Senior
ADNConstruction

Bernadette Charleux
Saint-Gobain

Christian de Nacquard
Bouygues Bâtiment International

Claudia Hunziker Keller
NOBATEK/INEF4

Étienne Wurtz
CEA

Florent Dubois
Nexity

François Demeure Dit Latte
Ecominéro

Frédéric Henry
FCBA

Gilles Dennler
IPC

Guillaume Lafont
Vizcab

Guillaume Malochet
VINCI Construction

Héloïse Arnissolle
Valobat

Isabelle Dorgeret
Fédération française
des tuiles et briques / CTMNC

Jean-Christophe Barbant
CSF IPC/AIMCC

Jean-François Caron
Navier/ENPC

Jean-Luc Sadorge
CSF IPC

Jean-Yves Marié
BIM-Y

Jérôme Lopez
NOBATEK/INEF4

Johan Tulmets
Bouygues Construction

Jonathan Chemouil
Demathieu Bard

Julien Bagnard
Myral

Julien Duval
Soprema

Julien Szabla
NOBATEK/INEF4

Juliette Gruau
Impulse Partners

Karam Sab
ENPC

Laure Hélard
France Ciment

Laurent Bedel
Soprema

Lorraine De Talhouet
Saint-Gobain

Marc Baudry
Université Paris Nanterre

Marie Gracia
Effinergie

Mathieu Chazelle
Enia architectes

Mathieu Hiblot
Ecominéro

Mélanie Shink
Heidelberg Materials

Mouloud Behloul
Lafarge Ciment France

Olivier Dupont
CTMNC

Olivier Weymann
Soprema

Pascal Eveillard
Saint-Gobain

Philippe Boussemart
Sto

Philippe Hostalery
CTICM

Rémi Dornier
Dassault Systèmes

Rémi Lannoy
CERIB

Rémi Perrin
Soprema

Romain Bonnet
Bouygues Construction

Romain Duballet
XtreeE / École des Ponts
et Chaussées

Romain Mege
ESTP

Romain Mesnil
ENPC

Sébastien Pinon
Spie Batignolles

Stéphane Le Guirriec
Agyre

Stéphanie Bigeon-Bienvenu
Impulse Partners

Stéphanie Jouanne
Bouygues Bâtiment
Ile-de-France

Sylvain Laurenceau
CSTB

Thomas Hassenforder
EQIOM

Thomas Le Diouron
Impulse Partners

Véronique Velez
Union Sociale pour l'Habitat
(organisation professionnelle)

Vianney Fullhardt
EIFFAGE Construction

Xavier Jaffray
ExpertOffSite

Yann Jaubert
Alfi Technologies

Le secteur se mobilise

Présentation de la feuille de route R&D et Innovation

Face aux défis environnementaux, économiques et technologiques actuels, le Comité Stratégique de Filière (CSF) Industries pour la Construction, labellisé par le Conseil National de l'Industrie, a lancé la rédaction de cette feuille de route R&D et Innovation. L'objectif de cette initiative est de créer un cadre structuré et concerté pour la transition de la filière, avec la mobilisation conjointe de l'État et des acteurs privés, afin de répondre aux enjeux de compétitivité, de souveraineté et de durabilité de la construction en France et de son industrie.

Le CSF est porté juridiquement par l'Association des Industries françaises des Matériaux et Composants de Construction (AIMCC), qui regroupe une trentaine d'organisations professionnelles dont les adhérents sont les industriels de tous les matériaux, produits et équipements entrant dans la construction : acier, bois, ciment, verre, terre cuite, terre crue, béton, pierres naturelles, plâtres, plastiques, peintures et chimie du bâtiment, isolants minéraux et biosourcés, produits d'étanchéité, mais aussi produits et équipements électriques, équipements de chauffage/climatisation et ventilation, les fenêtres, etc.

Ces industries sont constituées d'environ 7 000 entreprises ancrées dans les territoires, employant 500 000 collaborateurs et réalisant 60 milliards d'euros de chiffre d'affaires annuel sur le marché français.

Le CSF, en instaurant un dialogue direct et régulier entre les acteurs de la filière, entend ainsi renforcer la reconquête industrielle de la France dans le secteur de la construction. Cette feuille de route s'inscrit dans une dynamique de coopération entre les pouvoirs publics et les acteurs privés, à travers des projets d'innovation structurants qui répondent à des priorités nationales.

LES GRANDS OBJECTIFS DE CETTE FEUILLE DE ROUTE SONT LES SUIVANTS :

- **Définir des priorités d'innovation pour la filière**, en alignant les axes de recherche et d'innovation avec les objectifs stratégiques de la France. Ces priorités alimenteront également les futurs Contrats Stratégiques de Filière.
- **Mobiliser l'ensemble des acteurs de la chaîne de valeur de la construction**, y compris les entreprises de construction, les architectes et les centres de recherche, afin de stimuler la création de projets collaboratifs et individuels.
- **Mobiliser les pouvoirs publics** pour accompagner ces projets par le biais de dispositifs tels que des Appels à Projets (AAP) dédiés en collaboration étroite avec la filière, et des soutiens à des projets structurants de la filière.

Cette feuille de route donnera aussi lieu à des collaborations avec d'autres CSF. Certains projets structurants du CSF IPC sont déjà menés par exemple avec les CSF Solutions Industries du Futur, le CSF Chimie et la filière céréalière.

Présentation de la méthode de rédaction

L'élaboration de cette feuille de route s'est appuyée sur un processus de co-construction, impliquant une large représentation des acteurs de la filière (+50 acteurs mobilisés), allant des producteurs de matériaux aux entreprises de construction, ainsi que des centres de recherche et des économistes. Cette approche a permis de garantir une vision partagée des priorités d'innovation et de recherche à intégrer dans la stratégie nationale.

Les travaux de rédaction ont commencé au printemps 2024 et se sont organisés autour de quatre groupes de travail thématiques : construction bas-carbone et durable,

rénovation énergétique des bâtiments et adaptation aux changements climatiques, gestion des ressources et économie circulaire, compétitivité et transition numérique. Chaque groupe de travail a été constitué pour traiter de manière spécifique des enjeux clés auxquels le secteur de la construction fait face. Les ateliers de travail organisés ont permis à chaque groupe de définir les thématiques majeures d'innovation, ainsi que les leviers et orientations de travail associés, dans le but de répondre aux grands défis de la transition écologique, de la compétitivité industrielle et de l'adaptation aux évolutions numériques.

Ces travaux se sont aussi appuyés sur les contenus d'autres travaux de référence récents de la filière, comme la feuille de route de décarbonation art. 301 de la loi du 22 août 2021 portant sur la lutte contre le dérèglement, réalisée sous l'égide du CSTB et du Plan Bâtiment Durable.

Cette méthode de co-construction a permis de converger vers la définition de trois ambitions stratégiques, accompagnées de huit leviers et vingt-deux orientations de travail spécifiques à chaque levier. Chaque orientation de travail représente un chantier prioritaire pour la filière, sur lequel l'engagement des professionnels et de l'État est crucial pour mener à bien la transition du secteur.

Le secteur contribue aux objectifs nationaux

Cette feuille de route propose des orientations concrètes de recherche dans les domaines des matériaux, des équipements pour la construction, ainsi que des solutions pour la rénovation des bâtiments et la gestion des infrastructures, y compris les routes.

Elle se donne ainsi un premier objectif : celui d'élever l'intensité de recherche-développement pour accroître la performance des procédés et des produits du secteur. Mais les actions de R&D des industries de la construction contribuent à des objectifs nationaux beaucoup plus larges, en amenant le bâtiment et les travaux publics à diminuer fortement leurs consommations énergétiques et leurs émissions de gaz à effet de serre (GES), et à contribuer plus encore au confort des habitants et à la prospérité économique du pays.

À travers cette feuille de route, le CSF Industries pour la Construction, soutenu par l'État et les acteurs privés, vise à mobiliser des leviers d'innovation qui auront des impacts économiques, écologiques et sociaux forts.

Viser des impacts forts, au service d'ambitions nationales

Impacts économiques

L'innovation technologique est la première source de compétitivité et de progrès de l'industrie en général et des industries pour la construction en particulier. Les développements de nouveaux matériaux et systèmes de construction permettent d'ajouter de la valeur aux actifs bâtis et de diminuer leur empreinte environnementale. Les technologies de numérisation et de robotisation permettent de réduire les coûts de production des matériaux mais aussi d'améliorer la productivité de toute la chaîne de valeur de la construction, avec le développement du BIM à toutes les étapes du cycle de vie des constructions, des jumeaux numériques, de la préfabrication et de la construction hors site. L'usage de ces technologies enrichit l'emploi industriel de nouvelles qualifications dans les métiers du numérique et impose un accompagnement des métiers de la conception et de la mise en œuvre des ouvrages.

Impacts environnementaux

Le secteur de la construction est responsable d'environ 25 % des émissions de CO_2 en France.[1] Pour répondre à la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC-3), l'industrie de la construction doit impérativement moderniser ses procédés pour produire des matériaux et des technologies bas-carbone dans la production des bâtiments et des infrastructures. Ceci inclut la décarbonation des processus industriels, l'augmentation de la durée d'emploi des produits et matériaux, notamment par leur réemploi, réutilisation ou leur recyclage, le développement de matériaux d'isolation et d'équipement de chauffage/climatisation et de ventilation contribuant à l'efficacité énergétique des bâtiments.

La construction est aussi l'un des plus gros consommateurs de ressources naturelles et l'un des plus gros générateurs de déchets, issus de la démolition, de la réhabilitation et de la construction neuve. L'économie et la gestion circulaire de ces ressources et déchets représente un autre enjeu fort pour réduire son empreinte écologique : l'optimisation structurelle doit être encouragée, des technologies de recyclage avancé et de réutilisation des matériaux doivent être soutenues, et des mécanismes de suivi des flux de déchets doivent être mis en place pour favoriser leur réintégration dans la chaîne de production.

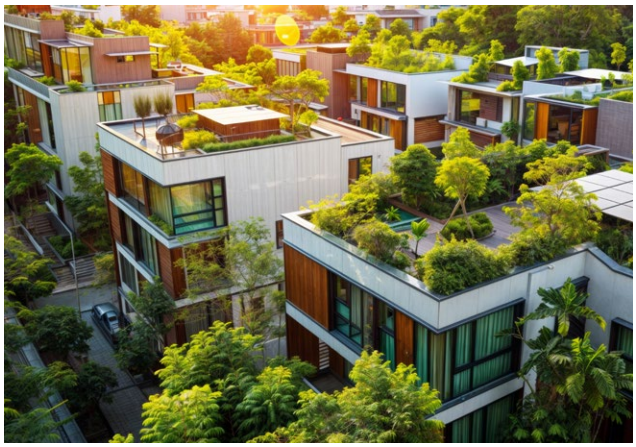
Il convient également d'intégrer l'urgence d'adapter les bâtiments et les infrastructures et donc les modes constructifs et le choix des matériaux aux réalités du changement climatique. Il faut innover maintenant pour disposer dans les prochaines décennies de bâtiments résilients aux effets des bouleversements du climat : élévation des températures, retraits/gonflement des argiles, fréquence et intensité accrues des intempéries, …

Impacts sociaux

L'innovation des industries pour la construction sert enfin l'ensemble de la société avec l'objectif d'améliorer constamment la qualité de l'habitat, son efficacité énergétique et son confort et pour rendre ces caractéristiques accessibles et abordables à l'ensemble des citoyens. L'innovation sert également l'attractivité du secteur en proposant de meilleures conditions de travail et une plus grande mixité.

Consolider notre souveraineté, développer notre leadership

La France dispose d'atouts stratégiques dans les industries de la construction, avec un tissu diversifié de PME fortement implantées sur leur marché local, d'ETI et de groupes industriels disposant de capacités à exporter une partie de leurs produits et à s'implanter sur les marchés internationaux. De grandes entreprises du BTP françaises viennent compléter ce rayonnement à l'international. Le dynamisme de ces entreprises et leurs compétences dans la production de matériaux et l'ingénierie des bâtiments garantit à notre pays un haut niveau de souveraineté, qu'il faut consolider avec un environnement favorable à l'industrie et à l'innovation.



La poursuite des ambitions nationales citées plus haut peuvent même amener les industries pour la construction à un leadership mondial dans la construction durable. Les entreprises françaises peuvent répondre, par leurs solutions innovantes et décarbonées, à des défis environnementaux et sociétaux, y compris dans des régions du monde où les besoins en infrastructures et bâtiments durables sont fortement croissants.

La France possède une opportunité de devenir un modèle mondial pour la construction durable et de qualité, pour la rénovation énergétique, et pour la réduction de l'empreinte carbone de la construction.

Participer aux stratégies européennes d'innovation

Une bonne connaissance et un alignement de la feuille de route R&D et Innovation avec les grandes stratégies européennes permettront la sécurisation des financements complémentaires et une amélioration de la visibilité des acteurs français dans les programmes R&D européens.

[1] https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/23064_decarbonation-batiment.pdf

Lors de la rencontre annuelle « Sustainable Place » en Septembre 2024 au Luxembourg, au regard du rapport Draghi et des priorités 2024–2029 de la nouvelle Commission Européenne, les éléments suivants ont été mis en avant :

1. Le Green Deal[2] et la taxonomie européenne[3] comme instruments clés pour sa mise en œuvre ;
2. Le package Fit for 55[4] qui vise à garantir de l'énergie décarbonée et abordable ;
3. Les trois directives révisées : Energy Efficiency Directive[5], Energy Performance of Buildings Directive[6] et Renewable Energy Directive[7] qui visent à décarboner le secteur.

Pour cette nouvelle période 2024–2029, la priorité est clairement mise sur la réalisation, non plus sur la planification. Pour la première fois, la Commission Européenne compte un commissaire au logement et à l'énergie, ce qui montre l'importance portée à l'élaboration de politiques inclusives des habitants et utilisateurs des bâtiments.

Pour l'innovation dans le secteur de la construction, le partenariat Built4People[8] joue un rôle clé dans la définition des sujets pour les appels à projets (AAP) européens. En mars 2022, il a publié son agenda stratégique de la recherche et de la rénovation 2021–2027[9] qui prend en compte le pacte vert pour l'Europe[10] et le New European Bauhaus[11]. La plupart de ses sept objectifs se recouvrent bien avec la présente feuille de route. Ils se focalisent sur :

1. Les solutions globales dans une approche systémique ;
2. La performance globale dans une perspective de cycle de vie ;
3. Le potentiel pour la transition vers une énergie décarbonée ;
4. Les trajectoires de décarbonation ;
5. Les chaînes de valeur et les modèles économiques durables et circulaires ;
6. Tous ces éléments, sans compromis sur le coût, le confort, la santé, les fonctionnalités, le patrimoine culturel.

Un autre grand enjeu de Built4People est la mise en place d'un écosystème d'innovation au niveau européen. Le réseau des Built4People Innovation Clusters qui est en train de grandir est un premier résultat bien visible. La France a été en pointe avec la création du premier B4PIC Nouvelle Aquitaine-Euskadi[12], mais pour pleinement jouer son rôle et prendre sa place, dans ce nouvel écosystème d'innovation, il sera nécessaire de créer une plateforme nationale de la construction française, élément qui existe déjà dans certains autres pays et qui favorise le succès dans l'accès aux programmes européens des acteurs d'innovations impliqués.

Un engagement de l'État attendu

L'État doit jouer un rôle central et efficace pour accompagner le secteur dans la poursuite de ses ambitions économiques, environnementales et sociales. En effet,

[2] https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
[3] https://finance.ec.europa.eu/sustainable-finance/tools-and-standards/eu-taxonomy-sustainable-activities_en
[4] https://www.consilium.europa.eu/fr/policies/fit-for-55/
[5] https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-targets-directive-and-rules/energy-efficiency-directive_en
[6] https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive_en
[7] https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-directive_en
[8] https://built4people.eu
[9] https://www.horizon-europe.gouv.fr/sites/default/files/2022-07/t-l-charger-le-sria-de-built4people-6550.pdf
[10] https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_fr
[11] https://new-european-bauhaus.europa.eu/index_en
[12] https://built4people.eu/b4pic_network/#toggle-id-1

le déploiement de l'innovation à grande échelle dans la construction nécessite un soutien substantiel, tant sur le plan financier que réglementaire. À travers des appels à projets (AAP) et des soutiens ciblés à des projets individuels et collectifs structurants de la filière, l'État peut lui permettre de développer des technologies novatrices, d'accélérer la recherche appliquée, de réaliser des projets pilotes et de déployer les nouvelles solutions à une échelle significative, en surmontant les barrières économiques et technologiques qui ralentissent la diffusion de l'innovation au sein du secteur. Pour garantir une mise en œuvre rapide et efficace des projets de transformation, des financements publics adaptés sont nécessaires afin de soutenir l'innovation à toutes ses étapes, de la recherche de rupture à la diffusion de nouvelles technologies dans les produits et les procédés.

Par ailleurs, l'État doit aussi adapter le cadre réglementaire pour permettre l'expérimentation à grande échelle des nouvelles pratiques et ouvrir à des modes de preuves performanciels pour assurer que ces technologies respectent les normes de sécurité et de durabilité et faciliter leur mise en place à l'échelle nationale et internationale.

Pour consolider la souveraineté du pays dans le secteur des industries pour la construction mais aussi promouvoir son leadership sur le plan mondial, l'État doit veiller à la structuration de la filière à travers des politiques publiques qui encouragent les synergies entre les acteurs industriels, les entreprises de construction et les centres de recherche. La création d'écosystèmes locaux, renforcés par des financements publics et privés, permettra de maintenir une industrie forte et compétitive, capable de répondre à la demande intérieure tout en consolidant son rayonnement à l'international.

Ainsi, l'engagement de l'État est-il essentiel non seulement pour soutenir le secteur dans sa transition vers des pratiques plus durables et compétitives, mais aussi pour préserver la souveraineté industrielle de la France et développer son leadership dans un contexte mondial de plus en plus concurrentiel.

Conditions de réussite

La réussite de la présente feuille de route repose sur plusieurs facteurs clés qui permettront d'accélérer les transitions du secteur. Ils sont des prérequis indispensables à toutes les actions identifiées et exposées ci-après.

Mobiliser des technologies adaptées pour innover

L'adoption de technologies facilitantes est primordiale pour accélérer l'innovation dans notre secteur. Cela inclut l'utilisation de technologies numériques avancées telles que l'Intelligence Artificielle, les maquettes numériques, la réalité virtuelle et augmentée, l'IoT (Internet of Things), qui permettent notamment d'optimiser la conception, la gestion et le suivi des projets de construction et rénovation. La bonne gestion des données est également un point clé des prochaines années qui nécessitent des outils performants, adaptés et simples d'utilisation.

En parallèle, le développement et la recherche sur des matériaux couplés à des systèmes constructifs innovants permettront de réduire considérablement l'empreinte environnementale des ouvrages.

L'industrialisation des processus de construction, via des outils comme la robotique et la préfabrication, augmentera la productivité, la qualité et la durabilité des constructions. Ces technologies faciliteront l'adoption de solutions plus flexibles et plus durables, et optimiseront la gestion des ressources sur les chantiers.

Former les ressources humaines à l'innovation

La formation et l'accompagnement des ressources humaines sont des conditions essentielles pour que l'innovation soit réellement déployée dans la filière. Cela implique de faire monter en compétences les équipes en place à travers des innovations pédagogiques et des outils digitaux pour les sensibiliser aux nouvelles technologies et aux enjeux de la transition environnementale.

La création de structures dédiées à la formation des nouveaux entrants permettra également d'assurer un renouvellement de compétences, indispensable pour faire face à l'évolution rapide du secteur. En outre, il est crucial de favoriser l'adoption des innovations par l'ensemble des acteurs de la chaîne de valeur, en faisant évoluer les habitudes de travail et en soutenant la collaboration entre les acteurs. Cela pourrait inclure la mise en place de projets démonstrateurs pour tester de nouvelles solutions sur le terrain et permettre à tous les acteurs de se familiariser avec les nouveaux outils.

Enfin il apparaît nécessaire de développer les relations et les projets collaboratifs entre les acteurs économiques de la filière (industriels, concepteurs, maîtres d'ouvrage) et les acteurs de la recherche (laboratoires publics et privés, les centres techniques industriels, écoles et universités). Ces projets serviront à la fois les objectifs de la recherche et ceux de la formation de recrues de haut niveau pour la filière.

Accompagner l'innovation par des dispositifs règlementaires et contractuels efficaces

Les innovations, bien que pertinentes, mettent souvent beaucoup de temps à se généraliser sur le marché de la construction. Il est crucial que l'activité réglementaire spécifique puisse servir efficacement la diffusion des produits et solutions innovantes du progrès aux ouvrages. La définition des exigences en termes de performances ou d'objectifs à atteindre plutôt qu'en termes de moyens doit être systématique pour éviter tout biais ou frein inutile à l'innovation.

La certification des performances doit également s'ouvrir au recours à des tests accélérés via des méthodes innovantes (comme la modélisation numérique) qui doivent faire l'objet d'une reconnaissance commune pour faciliter une mise en œuvre plus rapide des nouvelles solutions, tout en garantissant leur fiabilité et leur sécurité.

Les procédures d'évaluation sont dans une logique d'évolution continue pour répondre aux nouveaux enjeux et évolutions des besoins. Les acteurs de l'innovation dans la construction souhaitent que les processus d'instruction et de délivrance des ATEx et des ATec soient simplifiés, accélérés et moins coûteux. Ils souhaitent également l'ouverture à d'autres possibilités de reconnaissance pour l'assurabilité et appellent l'introduction d'offres assurancielles adaptées aux enjeux d'innovation.

Les normes enfin doivent pouvoir évoluer avec les innovations et bénéficier d'un système de coordination plus efficace pour s'assurer de la cohérence entre les textes en temps réel.

Assurer la mise en œuvre de la feuille de route

Enfin, la réussite de cette feuille de route passe par un suivi rigoureux des actions mises en place, une évaluation constante des impacts environnementaux, économiques et sociaux, et une adaptation continue des stratégies en fonction des résultats obtenus. Les retours d'expérience des projets pilotes et des initiatives de terrain permettront d'ajuster les orientations et d'optimiser les solutions à déployer à plus grande échelle.

Des actions priorisées agissant sur tous les maillons de la chaîne de valeur

Cette feuille de route propose 22 orientations de travail comportant des actions de R&D et Innovation servant toute la chaîne de valeur de la construction et sur lesquelles les industriels peuvent apporter des contributions décisives.

Ces orientations de travail, qui sont détaillées dans les pages suivantes, ont été regroupées en 3 ambitions et 8 leviers présentés ci-dessous de manière schématique pour positionner leur impact sur cette chaîne de valeur.

Répartition dans les ambitions :

01 Développer une industrie de la construction décarbonée à coûts maîtrisés.

02 Améliorer la performance énergetique et la résilience des bâtiments.

03 Réduire l'empreinte matières avec une conception frugale et en intégrant l'économie circulaire.

Qualification des impacts des orientations de travail

Les orientations de travail identifiées ont été qualifiées en termes d'impact. Ces qualifications sont des premières estimations qui peuvent servir de base à un échange entre la filière et les pouvoirs publics.

Ambition 01

Développer une industrie de la construction décarbonée à coûts maîtrisés

Orientation de travail		Impact environnemental	Impact économique	Impact social
OT 1	Accélérer la recherche et l'innovation pour développer les produits et systèmes décarbonés de demain	5/5	5/5	3/5
OT 2	Se saisir des nouvelles technologies numériques et de l'intelligence artificielle pour optimiser les procédés de fabrication, les rendre plus robustes aux variations d'intrants et aptes à intégrer de nouveaux composants	4/5	4/5	3/5
OT 3	Identifier et développer les modèles de construction industrialisés à fort potentiel de gain de productivité et de bénéfices environnementaux	3/5	4/5	5/5
OT 4	Déployer des espaces de données numériques qui facilitent la conception, la construction, la maintenance, la gestion et la rénovation des ouvrages	4/5	4/5	3/5
OT 5	Accélérer l'évaluation des performances des nouveaux matériaux, produits et systèmes constructifs innovants par le développement de la modélisation	3/5	4/5	3/5
OT 6	Optimiser la conception : repenser les coefficients de sécurité afin d'éviter le surdimensionnement	5/5	4/5	2/5
OT 7	Réduire la non-qualité de mise en œuvre sur chantier, développer la métrologie et avoir des solutions « error proof »	4/5	5/5	2/5

Ambition 02

Améliorer la performance énergétique et la résilience des bâtiments

Orientation de travail		Impact environnemental	Impact économique	Impact social
OT 8	Concevoir et réhabiliter les bâtiments pour qu'ils soient contributeurs à la flexibilité énergétique	5/5	4/5	4/5
OT 9	Développer et systématiser l'usage des énergies renouvelables, notamment le solaire et la géothermie	5/5	4/5	5/5
OT 10	Développer des enveloppes qui contribuent à l'adaptation au changement climatique	5/5	3/5	4/5
OT 11	Créer une méthodologie de priorisation des stratégies de rénovation pour accélérer la massification	4/5	4/5	3/5
OT 12	Concevoir des systèmes et modes de construction hors-site et robotisés pour l'isolation thermique par l'extérieur et par l'intérieur en rénovation	4/5	3/5	4/5
OT 13	Harmoniser, tester et diffuser des outils de mesure qui garantissent l'atteinte des performances	5/5	4/5	5/5
OT 14	Inventer le modèle économico-financier de la rénovation du bâtiment	4/5	4/5	5/5

Ambition 03

Réduire l'empreinte matière avec une conception frugale et en intégrant l'économie circulaire

Orientation de travail		Impact environnemental	Impact économique	Impact social
OT 15	Développer des produits / équipements / ouvrages réparables et / ou démontables	5/5	4/5	3/5
OT 16	Concevoir des programmes et modes constructifs facilitant l'évolutivité des bâtiments sur leur cycle de vie	5/5	4/5	4/5
OT 17	Développer de nouvelles méthodes de caractérisation pour assurer la traçabilité et le réemploi des matériaux	4/5	4/5	4/5
OT 18	Mettre en place des critères et indicateurs qui favorisent la recyclabilité, la réparabilité et le réemploi	4/5	4/5	3/5
OT 19	Créer un passeport numérique qui trace les produits et les ouvrages tout au long des cycles de vie pour des décisions éclairées en termes de durabilité et de coûts	3/5	4/5	3/5
OT 20	Concevoir les nouveaux modèles circulaires à l'échelle des territoires et par famille de produits de construction	5/5	4/5	3/5
OT 21	Expérimenter et tester les modèles de suivi des matières de bout en bout	5/5	4/5	3/5
OT 22	Muter progressivement vers une méthodologie de comptabilité multi capitaux afin de rendre économiquement viable l'économie circulaire	5/5	3/5	3/5

Ambition 01

Développer une industrie de la construction décarbonée à coûts maîtrisés

À travers cette ambition, les industriels visent à réduire l'impact environnemental de leurs activités industrielles, mais également à offrir des produits qui vont permettre de réduire l'impact environnemental des ouvrages de construction.

Cette décarbonation des procédés, des produits et des ouvrages doit se faire à coûts maîtrisés pour être adoptée par le marché jusqu'au client final. La maîtrise des coûts doit permettre de construire mieux, plus rapidement avec une productivité qui se décline aux différents niveaux de la chaîne de valeur de la construction.

Décarboner à coûts maîtrisés est aussi un enjeu de compétitivité face à une concurrence internationale accrue et de conservation de la souveraineté industrielle du secteur. Cette ambition vise donc à faire de l'industrie de la construction un moteur de la transition écologique et économique, tout en permettant à la France de se positionner en tant que leader dans le domaine de la construction décarbonée.

Une ambition alignée avec les priorités nationales

Pour y parvenir, trois leviers stratégiques sont identifiés : imaginer les produits de demain et repenser les procédés de fabrication, accroître la productivité tout au long des projets de construction et assurer la qualité des produits et bâtiments à moindre surcoût.

Levier 1

Imaginer les produits de demain et repenser les procédés de fabrication

p.20

Levier 2

Accroître la productivité sur toute la chaîne de valeur de la construction

p.25

Levier 3

Assurer la qualité des produits et des ouvrages à moindre coût

p.30

Levier 1

Imaginer les produits de demain et repenser les procédés de fabrication

Les industriels des produits de construction ont construit, à travers leurs feuilles de route de décarbonation, les stratégies de décarbonation des différents secteurs à travers plusieurs leviers tels que l'efficacité énergétique, les changements d'énergie comme l'électrification le biogaz ou la biomasse, le captage du carbone et la conception de nouveaux produits moins carbonés.

En effet, les produits bas-carbone sont soit équivalents aux produits actuels mais issus de process industriels moins émetteurs, soit différents dans leur conception des produits actuels – on parle alors de produits éco-conçus - pour abaisser leur poids carbone.

Le PEPR (Programme et Equipements Prioritaires de Recherche) Spleen et ses différents axes de recherche (nouveaux outils de prédiction et de monitoring, intégration d'énergies bas carbone et efficacité énergétique, décarbonation et intensification des procédés, stockage et valorisation du CO_2) permet de couvrir les grands développements technologiques relatifs à la décarbonation des process industriels.

Il est proposé ici d'intensifier les actions de R&D et l'innovation sur le levier de l'éco-conception des produits en travaillant non seulement à de nouvelles formulations et de nouvelles compositions des systèmes de construction (première orientation de travail de ce levier) mais aussi au développement de procédés de fabrication en mesure de s'adapter aux variations d'intrants et aptes à intégrer ces nouvelles compositions (seconde orientation de travail de ce levier).

Les technologies digitales, telles que les capteurs IoT et l'intelligence artificielle, avec la collecte et la gestion des données, ouvrent en effet la voie à une fabrication plus agile et optimisée. Ces outils permettent par exemple de gérer l'énergie, de réduire les déchets, d'intégrer de nouvelles compositions et d'améliorer l'efficacité des processus de production.

Orientation de travail 1

Accélérer la recherche et l'innovation pour développer les produits et systèmes décarbonés de demain

Orientation de travail 2

Se saisir des nouvelles technologies numériques et de l'intelligence artificielle pour optimiser les procédés de fabrication, les rendre plus robustes aux variations d'intrants et aptes à intégrer de nouveaux composants

Orientation de travail 1

Accélérer la recherche et l'innovation pour développer les produits et systèmes décarbonés de demain

DE QUOI PARLE-T-ON ?

Cette orientation de travail se propose de se concentrer sur la conception et l'abaissement du poids carbone des produits, via l'intégration de matières recyclées et/ou moins émissives et/ou biosourcées/géosourcées.

Elle vise également à développer de nouveaux systèmes constructifs bas carbone en mixant plusieurs produits et matériaux apportant chacun leurs performances intrinsèques (ex : bois/béton, bois/terre cuite, métal/plastique, incorporation de biosourcés, terre crue, etc.).

L'enjeu est de travailler au développement de ces innovations mais aussi d'accélérer leur déploiement ou, pour reprendre les termes de la feuille de route décarbonation art 301 : « créer les conditions pour rassurer et donc accélérer le recours aux composants bas-carbone » ainsi que « accélérer l'emploi des composants avec un bas poids carbone, avec une performance qui réponde au besoin ».

ACTIONS R&D

1. **Accélérer les processus d'obtention des reconnaissances pour les produits :** développer des solutions pour accélérer l'obtention des avis techniques, des normes, des évaluations d'aptitude à l'emploi, et des Eurocodes.

2. **Développer des méthodes de tests et simulations** pour évaluer la performance et la durabilité des produits.

3. **Passer d'une approche prescriptive à une approche performancielle** pour juger plus rapidement de la performance et de la durabilité d'un produit.

4. **Développer des interfaces entre les matériaux** pour accélérer le développement des systèmes multi-matériaux.

IMPACTS

Impact environnemental	5/5
Impact économique	5/5
Impact social	3/5

ATTENTES VIS-À-VIS DES POUVOIRS PUBLICS

Apport de financements

- Financement de programmes de recherche permettant de développer de nouveaux produits et systèmes éco-conçus.
- Besoins d'investissement dans la recherche et dans les capacités d'analyse et de caractérisation (moyens humains et équipements) pour permettre leur mise sur le marché (issu des recommandations de la feuille de route art 301).
- Mettre en place et financer des programmes R&D pour identifier et lever les principaux verrous scientifiques et techniques à l'estimation des risques associés à l'emploi des composants bas-carbones (État et filière) - (issu des recommandations de la FDR art 301).

OBJECTIFS TEMPORELS

À 1 an : Repenser le cadre de validation des innovations pour mieux répondre aux enjeux de mise sur le marché rapide des nouveaux produits.

EXEMPLES DE PROJETS

TOTEM : Développement de produits de construction à base de terre et de coproduits agricoles.

- **Porteurs :** coopérative agricole, entreprise générale, laboratoire SIAME, LMDC et NOBATEK.
- **Statut :** projet en cours.

Programme SEDIBRIC (valorisation de SEDIments en BRIQues et tuiles) : Incorporation de sédiments argileux ou de terre d'excavation dans les produits de terre cuite/terre crue.

- **Porteurs :** Grand Port Maritime du Havre, Critt transport et logistique, Université de Caen, Université du Havre, Mine ParisTech, CTMNC, Terreal.
- **Statut :** projet terminé.

Programme WOODSTONE : Développement de systèmes constructifs ossature bois avec revêtement de façade terre cuite, crue et pierres naturelles.

- **Porteur :** Institut Carnot MECD (FCBA-CTMNC).
- **Statut :** projet en cours.

Programme B2M France 2030 : Développement caractérisation performances et corpus techniques procédés de terre crue.

- **Porteur :** CRATERRE -CTMNC-CSTB.
- **Statut :** projet en cours.

Orientation de travail 2

Se saisir des nouvelles technologies numériques et de l'intelligence artificielle pour optimiser les procédés de fabrication, les rendre plus robustes aux variations d'intrants et aptes à intégrer des nouveaux composants

DE QUOI PARLE-T-ON ?

Aujourd'hui, si les grandes technologies de transformation de la matière sont pour la plupart éprouvées, l'exploitation des technologies digitales offre de nouvelles opportunités pour rendre les procédés plus performants ou moins émetteurs. En particulier, elles permettent de mieux caractériser les intrants en amont de la chaîne et de faciliter l'intégration de nouveaux composants comme les matériaux recyclés, biosourcés, les terres d'excavation de chantiers, les sédiments, etc.

Cette orientation de travail vise ici à transformer les procédés de production en s'appuyant sur l'utilisation de ces nouvelles technologies digitales. Il existe aujourd'hui une grande variabilité d'intrants secondaires qui peuvent nécessiter un pilotage plus fin et plus automatisé des chaînes de production.

ACTIONS R&D

1. **Mener des études pour tester la faisabilité d'intégrer des matériaux recyclés** dans les chaînes de production sans compromettre la qualité des produits.
2. **Développer des capteurs avancés pour collecter des données en temps réel** sur les paramètres de production, tels que la température, la composition des matériaux et les consommations énergétiques pour suivre et ajuster les procédés en temps réel.
3. **Développer des algorithmes d'intelligence artificielle et de machine learning** pour analyser les données collectées par les capteurs et optimiser automatiquement les procédés de production, réduire les temps d'arrêt et prévoir la maintenance.
4. **Développer des équipements capables d'intégrer des nouveaux intrants** dans les chaînes de production de manière fluide et efficace.

IMPACTS

Impact environnemental

4/5

- Déchets industriels réduits.
- Ressources énergétiques et matières premières préservées.
- Émissions de CO_2 réduites grâce à l'IoT et l'intelligence artificielle.

Impact économique

4/5

- Réduction des coûts.
- Création d'emplois avec la nécessité de nouvelles compétences numériques.

Impact social

3/5

- Promotion d'un modèle d'économie circulaire en accord avec les objectifs nationaux.

ATTENTES VIS-À-VIS DES POUVOIRS PUBLICS

SOUTIENS FINANCIERS AUX PROJETS INNOVANTS

Mise en place de réglementations

- Réflexion sur un cadre spécifique pour les démonstrateurs allégeant les contraintes.

OBJECTIFS TEMPORELS

À 1 an : Lancement de premières lignes « démonstrateurs ».

À 3 ans : Partage des premiers résultats et déploiement sur les filières concernées.

EXEMPLES DE PROJETS

JULIPER : Ce projet structurant du CSF IPC mené en collaboration avec le CSF Solutions Industries du Futur, visant à utiliser les technologies du Big Data et de l'IA pour optimiser les intrants dans la fabrication de blocs bétons. Il bénéficie du soutien de France 2030 (AAP CHROS).

- **Porteurs :** FABEMI (industrie du béton préfabriqué) et ALFI TECHNOLOGIES (fabricant de lignes de production.
- **Partenaires :** CERIB et AGYRE.
- **Statut :** projet en cours.

Programme ECV : Base de données, outil SIG pour mettre en relation des gisements de sédiments argileux ou de terre d'excavation et les valoriser dans la fabrication de terre cuite, crue et développer un processus de caractérisation.

- **Porteur :** CTMNC-FFTB.
- **Statut :** projet en cours.

Levier 2

Accroître la productivité sur toute la chaîne de valeur de la construction

Alors que nombre de secteurs de l'économie ont tiré parti des technologies numériques pour « s'industrialiser » et dégager des gains de productivité importants, le secteur de la construction demeure largement en retard sur l'adoption des procédés industrialisés et numériques aux différents maillons de la chaîne de valeur, et sa productivité a peu progressé ces dernières années, alors même que d'autres facteurs – augmentation des exigences réglementaires et des coûts de l'énergie, des matières premières, du foncier, etc. - sont venus augmenter tendanciellement les coûts de la construction.

L'industrialisation 4.0, avec l'utilisation de technologies comme l'impression 3D, la robotique et les capteurs intelligents, offre une possibilité de transformation radicale. Ces outils permettent une construction plus agile, une gestion optimisée des ressources, et une réduction des déchets. Cependant, leur déploiement nécessite l'adaptation des modèles économiques et réglementaires actuels.

La donnée joue un rôle central dans cette transformation. Bien que le BIM (Building Information Modeling) et d'autres outils de gestion de données soient présents, leur adoption reste freinée par l'absence d'interopérabilité et de standardisation des informations entre l'amont (production des matériaux) et l'aval (exploitation des ouvrages). Le partage de données numériques cohérentes entre les différents acteurs de la filière améliorerait la coordination et l'efficacité des projets.

Enfin, il est essentiel de développer des modèles de construction industrialisés, comme la préfabrication hors-site, l'impression 3D ou la maçonnerie robotisée sur site permettront d'accélérer cette transition. Le soutien des pouvoirs publics, par le financement de projets pilotes et l'animation des réseaux professionnels, est clé pour lever les freins constatés au déploiement de ces technologies, démontrer l'efficacité en termes de productivité de ces modèles et les intégrer à grande échelle, contribuant ainsi à la compétitivité et à la décarbonation du secteur.

Orientation de travail 3

Identifier et développer les modèles de construction industrialisés à fort potentiel de gain de productivité et de bénéfices environnementaux

Orientation de travail 4

Déployer des espaces de données numériques qui facilitent la conception, la construction, la maintenance, la gestion et la rénovation des ouvrages

Orientation de travail 3

Identifier et développer les modèles de construction industrialisés à fort potentiel de gain de productivité et de bénéfices environnementaux

DE QUOI PARLE-T-ON ?

Aujourd'hui, l'industrialisation des procédés de construction en France reste faible.

Une multitude de technologies innovantes sont pourtant disponibles qui permettent d'accélérer les procédés d'industrialisation qu'ils soient hors-site ou sur-site : impression 3D, robotique, capteurs, imagerie, intelligence artificielle (IA), collecte de data, etc. Leurs potentiels économiques et environnementaux semblent importants et les solutions disponibles. Le numérique permet notamment de créer des liens directs entre les activités de conception, de fabrication et de pose des modules constructifs.

Cette orientation de travail ambitionne de sélectionner les scénarios innovants les plus prometteurs pour l'industrialisation de la construction neuve et des opérations de réhabilitation.

Il s'agira tout d'abord d'évaluer les potentiels en termes de productivité et de coût des nouveaux moyens de constructions qui s'appuient sur les nouvelles technologies (impression 3D, robotique, capteurs, imagerie, etc.) et de gestion des données (IA, collecte de data, etc.).

Dans une deuxième étape, seront proposés des scénarios de construction hors-site et sur-site inspirés de l'industrie (design paramétrique, chaînes automatisées, préfabrication) et validés en termes d'impacts économiques et environnementaux, notamment grâce aux Analyses de Cycle de Vie (ACV).

Enfin, il est prévu de réfléchir à la dissémination, au déploiement et au maillage territorial des usines (approche locale, concept d'usines déployables avec la définition hardware et software en open-access).

ACTIONS R&D

1. **Adapter techniquement les procédés de l'industrie 4.0** (automobile, etc.) aux spécificités de la construction en développant des outils et techniques de construction, de mesure, calibration, contrôle qualité, développement de jumeaux numériques adaptés.
2. **Redéfinir des modèles et règles de dimensionnement** des ouvrages (les règles actuelles sont conçues pour une construction non-industrialisée) permettant d'abaisser les coefficients de sécurité dans un contexte industrialisé et donc d'abaisser les impacts environnementaux notamment grâce à l'économie de matière.
3. **Mener des études pour l'adaptation des matériaux** de construction à ces types de procédés.
4. **Définir et mettre en place des pilotes** échelle 1.
5. **Développer des modèles** pour l'estimation des coûts de production, des gains en termes de qualité et d'impacts environnementaux.

IMPACTS

Impact environnemental

- → Production de déchets réduite.
- → Consommation énergétique limitée.
- → Gain en matière.

Impact économique

- → Baisse des coûts et amélioration de la qualité.
- → Création d'emplois avec de nouveaux métiers.

Impact social

- → Souveraineté nationale.
- → Accélération de la filière hors-site.
- → Attractivité, mixité.

ATTENTES VIS-À-VIS DES POUVOIRS PUBLICS

Apport de financements :

→ Financement d'études de solutions de construction industrialisée.

Portage de projets pilotes :

→ Soutien aux solutions les plus prometteuses par des pilotes portés par des entreprises ou des plateformes technologiques.

OBJECTIFS TEMPORELS

À 1 an : État de l'art et définition de cas d'études représentatifs (par exemple : logement, réhabilitation).

À 3 ans : Premières expérimentations et démonstrateur de principe.

À 5 ans : Démonstrateurs échelle : 1 instrumentés avec données réelles.

EXEMPLES DE PROJETS

Projet Européen LIAISON, task2, precast smart beams : Diminution de 40% des quantités de ciment dans une poutre béton armé et réduction des déchets de coffrage, grâce à un nouveau modèle d'optimisation conforme aux Eurocodes 2 (béton armé), impression 3D et mise en œuvre robotisée rendant possible la complexité de forme induite (création paramétrique d'évidements), et un contrôle qualité (scan/vision experte) garantissant la conformité du jumeau numérique créé.

→ **Porteur :** Tecnalia.

→ **Statut :** projet en cours.

Projet Beam0 du TIGA Construire au Futur habiter le Futur : Concept d'unités de production 4.0 agiles pour la fabrication de systèmes constructifs. Du design au contrôle qualité, automatisation partielle compatible avec l'humain et le tissu industriel existant (armaturiers, semi-produits, matériaux etc…) et sans rupture de la chaîne numérique, grâce au développement d'un environnement digital, global et opensource (design, simulation, capteurs, outils de fabrication et de contrôle). Permettant la création d'un jumeau numérique du procédé et de l'élément as-built, une traçabilité complète et la portabilité/déployabilité de l'unité (concept nomade).

→ **Porteur :** École Nationale des Ponts et chaussées, plateforme Build'In.

→ **Statut :** projet en cours.

Orientation de travail 4

Déployer des espaces de données numériques qui facilitent la conception, la construction, la maintenance, la gestion et la rénovation des ouvrages

DE QUOI PARLE-T-ON ?

Aujourd'hui, la donnée est omniprésente et elle est considérée comme un gisement de valeur. L'ensemble des acteurs souhaite s'en saisir pour améliorer la conception, la construction et la gestion des actifs. Cependant, avant même de pouvoir exploiter les données efficacement, les différents acteurs de la filière doivent parler un langage commun pour se comprendre de manière non-ambigüe.

Il existe des bases de données avec un format imposé, comme la base INIES pour les données environnementales, mais celles-ci ne couvrent pas l'ensemble des besoins de la filière. En effet, elles se limitent à des informations environnementales déclaratives et n'intègrent ni les aspects techniques (comme les caractéristiques détaillées des produits), ni les données nécessaires à la gestion des actifs sur leur cycle de vie. De plus, ces bases ne sont pas systématiquement interopérables avec d'autres outils numériques, ce qui limite leur adoption à grande échelle.

Par ailleurs, l'utilisation du BIM reste hétérogène et peu généralisée dans la filière. Les objets numériques et les données des maquettes numériques ne sont pas homogènes selon les usages, les projets ou les logiciels, ce qui entraîne des pertes d'information, des incohérences, et une fragmentation des échanges entre acteurs. Ces limitations freinent la mise en œuvre de processus fluides et cohérents sur l'ensemble des phases d'un projet de construction ou de réhabilitation.

Cette orientation de travail vise donc à poursuivre le travail (initié par le PTNB : Plan de Transition Numérique du Bâtiment) consistant à structurer les modèles de données de manière standardisée, à les intégrer dans des dictionnaires de données communs et harmonisés entre eux et à les rendre accessibles tout au long des projets. Elle a pour ambition de réduire les erreurs et d'améliorer la fiabilité des informations partagées entre les différents intervenants, pour finalement, un gain d'efficacité dans la mise en œuvre.

En s'appuyant sur une démarche concertée et collaborative, il s'agit de développer des modèles de données adaptés aux ouvrages et systèmes constructifs les plus courants. Cette approche pourrait être initiée avec le secteur public, notamment dans les marchés publics et les processus d'instruction comme les permis de construire, pour ensuite être étendue au secteur privé, avec un objectif de généralisation à l'échelle nationale.

ACTIONS R&D

1. **Définir la propriété et la gouvernance de la donnée**, des modèles de données, des classifications produits/composants bâti, des processus projets et constructifs et des plateformes d'échanges (Dictionnaires, CDE : Environnement commun de données, etc.).
2. **Constituer une base de données de modèles** dans des dictionnaires dédiés permettant de décrire un ouvrage du point de vue des donneurs d'ordre publics et privés.

IMPACTS

Impact environnemental — 4/5

→ Conception bas-carbone facilitée, traçabilité améliorée.

Impact économique — 4/5

→ Maîtrise des coûts de construction et d'entretien.

Impact social — 3/5

→ Digitalisation de la filière, maîtrise et programmation des budgets.

ATTENTES VIS-À-VIS DES POUVOIRS PUBLICS

Soutiens financiers aux projets

→ Soutien pour permettre à la France de rester souveraine dans le domaine des données numériques.

Partage de connaissances

→ Définition des besoins au niveau des marchés publics.

→ Imposer l'usage de la maquette numérique BIM sur une partie des ouvrages de la commande publique.

OBJECTIFS TEMPORELS

À 1 an : Définition des modèles d'affaires, des cas d'usage des données et création de modèles de données à partir de ces cas d'usage.

À 3 ans : Lancement d'espaces de données, expérimentation et déploiement aux bâtiments de l'État.

À 5 ans : Généralisation à l'ensemble des bâtiments publics et privés.

EXEMPLES DE PROJETS

ECONSTRUCTION : Développement d'un espace de données numériques sur les produits de construction compatible avec les futures exigences européennes du Digital Product Passport (DPP) avec des services à valeur ajoutée à base d'intelligence artificielle pour les concepteurs et maîtres d'ouvrages.

→ **Porteurs :** AIMCC, Institut Carnot MECD via les 4 Centres Techniques Industriels de la construction.

→ **Statut :** projet non démarré, soumis à France 2030 (AAP « Espace de données »).

DATABUILDER : Développement de techniques d'intelligence artificielle appliquées aux données de la phase chantier des bâtiments.

→ **Porteurs :** entreprises générales, laboratoires SIAME, LIUPPA et NOBATEK.

→ **Statut :** projet en cours.

GESTPARC : Suivi de la performance d'un parc de bâtiment et mise en place de schémas directeurs immobiliers et environnementaux.

→ **Porteurs :** bailleurs sociaux, laboratoire I2M, NOBATEK.

→ **Statut :** projet en cours.

Levier 3

Assurer la qualité des produits et des ouvrages à moindre coût

Si l'objectif de qualité des produits et des ouvrages doit rester la norme, il est proposé que cet objectif puisse être atteint à moindre coût en travaillant à trois niveaux :

1. L'évaluation des performances des nouveaux matériaux, produits et systèmes de construction ;
2. La conception des ouvrages ;
3. La construction des ouvrages.

Les modélisations numériques, inspirées des simulations de crash-tests virtuels dans l'automobile, peuvent permettre de valider les performances de produits du bâtiment rapidement et à moindre coût, réduisant ainsi les délais de mise sur le marché des innovations, tout en garantissant leur sécurité.

Les technologies numériques, comme les capteurs IoT, permettent de mieux dimensionner les systèmes, réduisant ainsi les consommations de matériaux et les émissions de CO_2. Pour accompagner cette évolution, il sera nécessaire de réviser les réglementations et d'introduire des dispositifs d'assurance adaptés afin de sécuriser les investissements dans ces innovations. Ces changements renforceront la compétitivité du secteur et favoriseront une construction plus responsable.

Enfin on estime que les problèmes de non-qualité dans le bâtiment représentent jusqu'à 15 % des coûts[13] des ouvrages. Ces non-qualités proviennent de défauts de conception ou de réalisation, et entrainent une mauvaise utilisation des ressources qui affecte tant la compétitivité du secteur que son impact environnemental (pertes de matières, rebuts, performances dégradées…). Ce levier vise à réduire ces problèmes de non-qualité (et éventuelles sur-qualités) grâce à des solutions innovantes en R&D.

Orientation de travail 5

Accélérer l'évaluation des performances des nouveaux matériaux, produits et systèmes constructifs innovants par le développement de la modélisation

Orientation de travail 6

Optimiser la conception : repenser les coefficients de sécurité afin d'éviter le surdimensionnement

Orientation de travail 7

Réduire la non-qualité de mise en œuvre sur chantier, développer la métrologie et avoir des solutions « error proof »

[13] https://asq.org/quality-resources/cost-of-quality#Objectives

Orientation de travail 5

Accélérer l'évaluation des performances des nouveaux matériaux, produits et systèmes constructifs innovants par le développement de la modélisation

DE QUOI PARLE-T-ON ?

L'écosystème de la construction se réorganise autour de la digitalisation, de la modularité, et des innovations technologiques. De nombreux acteurs (fabricants, ingénieurs, architectes) travaillent en synergie pour intégrer ces innovations, lors de la phase de conception des ouvrages, comme de la mise en œuvre sur chantiers des nouveaux matériaux, produits ou systèmes constructifs innovants. La complexité des critères de performance et la fragmentation des normes rendant particulièrement complexe cette intégration, le cadre normatif et règlementaire doit s'adapter pour simplifier et accélérer le déploiement des innovations.

L'acceptation de la virtualisation des preuves est l'une des réponses possibles à cet enjeu, comme dans le secteur automobile où les crash-tests virtuels sont reconnus : la construction pourrait s'inspirer de cette approche en validant des systèmes constructifs grâce à des simulations numériques. Cela permettrait de réduire les coûts et les délais tout en assurant une évaluation précise de la performance.

Un autre aspect clé est la réassurance des projets innovants par des dispositifs publics ou privés. Pour encourager l'innovation, il est important que les assurances s'adaptent aux nouveaux risques liés à l'usage de technologies numériques ou de matériaux non traditionnels. En créant des cadres assuranciels spécifiques pour ces projets, il sera possible de sécuriser les investissements dans l'innovation.

En somme, la clé réside dans un glissement du référentiel : passer d'un cadre assurantiel, centré sur des solutions éprouvées, à un modèle plus agile, fondé sur l'expérimentation, la donnée, la performance et la coopération entre tous les acteurs. Cette évolution permettrait de soutenir davantage l'innovation, tout en garantissant au maître d'ouvrage, aux usagers et aux investisseurs la qualité et la pérennité des réalisations. Cette orientation de travail est à rapprocher du levier 6 de la FDR art 301 : « repenser les systèmes constructifs pour optimiser la quantité de matériaux ».

ACTIONS R&D

1. **Créer de nouveaux modes de preuve**, pour permettre l'utilisation de la virtualisation des résultats par les méthodes digitales et leur reconnaissance par les assureurs.
2. **Créer des simulateurs de système constructif** (physiquement) pour créer des tests virtuels en parallèle des tests physiques sous réserve de procédures de validation reconnues par tous.
3. **Développer des outils d'aide à la décision** sur l'optimisation multicritère des matériaux, produits et systèmes constructifs employés dans un projet de bâtiment (art 301).

IMPACTS

Impact environnemental — 3/5

→ Minimisation des coefficients de sécurité qui augmentent les consommations de matière.

Impact économique — 4/5

→ Accélération de l'innovation par la levée de freins sans sacrifier la performance et la sécurité.

Impact social — 3/5

→ Existence de synergies au niveau européen, visibilité de la France à l'étranger.

ATTENTES VIS-À-VIS DES POUVOIRS PUBLICS

Mise en place de réglementations

→ Évolution des normes et du cadre de certification des produits innovants.

Support assurantiel

→ Développement d'outils assurantiels publics qui favorisent l'innovation dans la construction.

OBJECTIFS TEMPORELS

À 1 an : Définir le cadre, les procédures et les outils acceptables pour réaliser ces tests.

À 3 ans : Réaliser quelques projets tests pour validation de la méthode, avoir sécurisé le cadre règlementaire et assurantiel entre partenaires privés et publics.

À 5 ans : Règlementation revue et procédures déployées.

EXEMPLES DE PROJETS

Programme Modélisation du comportement résistance au feu des maçonnerie alvéolaires : Modèle de comportement aux éléments finis pour les maçonneries à joint épais et minces en briques de terre cuite corrélés avec des campagnes d'essais.

→ **Porteur :** CTMNC.

→ **Statut :** projet en cours.

Orientation de travail 6

Optimiser la conception : repenser les coefficients de sécurité afin d'éviter le surdimensionnement

DE QUOI PARLE-T-ON ?

Les Eurocodes, qui sont la base du dimensionnement des ouvrages, se déclinent en obligations de moyens, et, le plus souvent, prennent en compte des marges de sécurité. Ces marges ont été conçues pour pallier un déficit de maîtrise dans la qualité de la mise en œuvre, ce qui entraîne fréquemment des surdimensionnements, augmentant les coûts et l'impact environnemental des projets.

L'optimisation des systèmes constructifs se fera en s'appuyant sur le numérique (modélisation, IoT) mais également en réinterrogeant les coefficients de sécurité qui pourront être revus et adaptés aux nouveaux enjeux et aux nouvelles pratiques.

ACTIONS R&D

1. **Développer des outils de simulation numérique performancielle :** mettre au point des modèles capables de prédire avec précision la performance réelle des matériaux en conditions réelles, et intégrer ces données dans le dimensionnement des ouvrages. Simuler la durée de vie des matériaux et systèmes pour optimiser les choix constructifs.

2. **Exploiter des capteurs IoT pour la surveillance en temps réel :** déployer des capteurs sur les chantiers et dans les ouvrages pour mesurer les contraintes subies par les matériaux, leur comportement, et leur dégradation, puis utiliser ces données pour ajuster les coefficients de sécurité en fonction de la performance réelle.

3. **Introduire des outils de métrologie avancée :** concevoir des instruments et méthodologies permettant de mesurer précisément la qualité des assemblages et des systèmes constructifs.

4. **Mener des démonstrateurs pour évaluer l'impact global :** expérimenter ces technologies sur des projets réels, et collecter des données pour mesurer les gains en coûts, qualité et empreinte environnementale.

IMPACTS

Impact environnemental

- → Ressources matériaux économisées.
- → Émissions de CO_2 réduites.

Impact économique

- → Coûts de construction réduits.
- → Investissements optimisés.
- → Rentabilité améliorée.

Impact social

- → Révision de normes de construction, adoption de politiques en adéquation avec les objectifs nationaux.

ATTENTES VIS-À-VIS DES POUVOIRS PUBLICS

Mise en place de réglementations

- → Évolution des réglementations pour permettre l'intégration des données réelles sur la performance des matériaux dans la conception des systèmes constructifs.

Apport de financement

- → Financement de la recherche et du développement

dans les technologies de simulation, de capteurs IoT et de gestion des matériaux en fonction de leur performance réelle.

→ Création de programmes incitatifs pour les entreprises qui adoptent ces pratiques, comme des subventions ou des avantages fiscaux.

OBJECTIFS TEMPORELS

À 1 an : Lancement de projets pilotes pour tester l'intégration des capteurs IoT et des modèles de calcul basés sur la performance réelle dans le dimensionnement des ouvrages.

À 3 ans : Standardisation des outils de simulation et adoption progressive par les entreprises de construction.

À 5 ans : Révision des normes et adoption généralisée de pratiques de dimensionnement basées sur la performance réelle des matériaux avec une réduction significative des coûts et de l'empreinte environnementale des projets.

Orientation de travail 7

Réduire la non-qualité de mise en œuvre sur chantier, développer la métrologie et avoir des solutions « error proof »

DE QUOI PARLE-T-ON ?

Cette orientation de travail se concentre sur la réduction de la non-qualité et des défauts sur les chantiers de construction. La non-qualité représente une part importante des coûts liés aux projets et les défauts d'exécution sont une cause importante de gaspillage, résultant principalement de défauts de conception, de mise en œuvre ou de sélection des matériaux. L'objectif est de mettre en place des solutions pour éviter ces erreurs dès la phase de conception et de fabrication, en utilisant la métrologie et des technologies de prévention comme les solutions « error proof ».

Cela inclut le développement de nouveaux outils et processus de mesure, d'inspection et de validation permettant de garantir une mise en œuvre parfaite et de réduire les défauts au minimum.

ACTIONS R&D

1. **Mettre au point des outils de mesure avancée** pour détecter les erreurs de fabrication et de mise en œuvre en temps réel.

2. **Tester des solutions « error-proof » pour garantir la conformité :** Créer des dispositifs automatisés ou semi-automatisés (robots, systèmes d'assemblage guidés) qui préviennent les erreurs humaines lors des phases critiques et intégrer des alertes intelligentes pour détecter en temps réel les écarts par rapport aux spécifications.

3. **Développer des technologies de surveillance continue**, telles que des capteurs IoT et des outils de suivi en temps réel pour les matériaux et les processus sur chantier.

4. **Tester des dispositifs de métrologie sur des projets** pilotes afin de démontrer l'efficacité des nouvelles solutions sur les chantiers.

IMPACTS

Impact environnemental — 4/5

- → Ressources matériaux économisées.
- → Émissions de CO_2 réduites.

Impact économique — 5/5

- → Coûts de construction réduits.
- → Investissements optimisés.

Impact social — 2/5

- → Amélioration des conditions de travail.

ATTENTES VIS-À-VIS DES POUVOIRS PUBLICS

Apport de financement

→ Financement de projets R&D pour le développement des nouvelles technologies de métrologie et d'erreur-proofing.

Mise en place de réglementations

→ Évolution des normes et réglementations pour intégrer l'usage des outils de contrôle avancé et automatisé sur les chantiers.

Ambition 02

Améliorer la performance énergétique et la résilience des bâtiments

État des lieux : un secteur face aux défis climatiques et énergétiques

Le secteur du bâtiment représente près de 25 % des émissions nationales de CO_2 et 45 % de la consommation d'énergie en France[14]. Alors que les épisodes climatiques extrêmes se multiplient, la majorité des bâtiments français ne sont ni adaptés aux nouvelles contraintes climatiques ni équipés pour maximiser leur performance énergétique. Face à ces enjeux, les bâtiments doivent évoluer pour devenir, sobres en énergie et résilients face aux aléas climatiques. Aujourd'hui encore, dans notre pays, près de 5 millions de logements sont mal isolés[15] (« passoires énergétiques ») et 3,8 millions de ménages ont des difficultés à payer leur facture de chauffage, soulignant ainsi le fort enjeu sociétal de cette ambition. **La filière de la construction est la clé de voûte de la décarbonation de l'économie française. Celle-ci ne sera possible que si une innovation de rupture permet la rénovation performante de l'ensemble du parc bâti**.

Une ambition alignée avec les priorités nationales

La rénovation énergétique (logements privés et bâtiments publics) est l'une des priorités du Gouvernement, qui met en œuvre des dispositifs de soutien financier, mais aussi des outils législatifs et réglementaires afin d'accélérer l'effort.[16]

Cette ambition s'intègre dans les objectifs de la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC-3), du Plan National d'Adaptation au Changement Climatique (PNAAC), du Plan France Nation Verte, et du Plan de Rénovation Énergétique des Bâtiments, qui visent à transformer le secteur en accélérant la transition énergétique et l'adaptation climatique. Elle s'appuie sur deux axes majeurs :

→ Décarboner massivement le parc bâti grâce à la rénovation énergétique et à l'intégration des énergies renouvelables.

→ Rendre les bâtiments résilients aux conditions climatiques futures, tout en garantissant des performances énergétiques et économiques optimales.

La fragmentation des acteurs de la filière, combinée à des coûts élevés et des technologies sous-exploitées, freine cette transformation. Deux autres conditions majeures doivent être réunies pour l'accélérer :

1 Repenser la conception et la réhabilitation des bâtiments face aux enjeux climatiques

Les bâtiments doivent devenir des acteurs clé du réseau énergétique, capables de s'effacer, capter, stocker et restituer des ressources locales (énergie solaire, géothermie, récupération de chaleur). En s'appuyant sur des enveloppes thermiques adaptées aux changements climatiques et des technologies bas-carbone, il est possible de réduire fortement les émissions énergétiques des bâtiments d'ici 2030. Des projets comme le bâtiment ABC[17] à Grenoble, entièrement autonome en énergie, montrent le potentiel de ces approches.

2 Rendre accessibles les travaux de rénovation et garantir la performance des bâtiments existants

La rénovation énergétique, dont le coût est significatif, puisqu'il s'élève en moyenne à 40 000 €, doit être rendu accessible à tous les ménages. L'innovation, en développant des solutions hors-site et robotisées pour l'isolation thermique, couplées à des modèles financiers innovants (leasing énergétique, tiers financement), doit permettre d'atteindre un taux annuel de rénovations globales et performantes de 4 % (de manière à rénover l'ensemble du parc en 25 ans) tout en réduisant les coûts de 20 %.

L'innovation doit ainsi permettre de favoriser la massification des rénovations et l'intégration des énergies renouvelables (EnR), et ainsi contribuer à faire du parc bâti français un levier central de la transition écologique, tout en répondant aux attentes climatiques, économiques et sociales.

Levier 1
Rendre le bâtiment producteur d'énergie et adapté aux changements climatiques p.38

Levier 2
Rendre accessibles les travaux de rénovation et garantir la performance p.42

[14] Stratégie Nationale Bas Carbone, 2022
[15] https://france-renov.gouv.fr/renovation/energetique
[16] https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/savoir-renovation-energetique
[17] https://www.bouygues-construction.com/innovation/toutes-nos-innovations/habitat-durable

Levier 1

Rendre le bâtiment producteur d'énergie et adapté aux changements climatiques

Les bâtiments doivent être intégrés dans des systèmes de captation et de stockage d'énergie (solaire, chaleur, eau) pour devenir des puits de ressources locales. Bien que des technologies comme les panneaux photovoltaïques et les systèmes de récupération d'eau existent, leur adoption à l'échelle territoriale reste limitée. Une intégration dans les réseaux électriques et de chaleur permettra de maximiser leur impact environnemental et économique.

L'objectif est de remplacer rapidement les systèmes énergétiques fossiles par des solutions renouvelables comme la géothermie et le solaire. Des systèmes intégrés, comme les pompes à chaleur couplées à des solutions de stockage, faciliteront l'adoption de ces énergies tout en réduisant les coûts énergétiques pour les usagers et en valorisant les productions locales d'énergie.

Les éléments extérieurs des bâtiments, tels que les façades et les toitures, doivent être conçus pour s'adapter aux conditions climatiques extrêmes. Le développement de façades dynamiques et résilientes, capables de gérer l'humidité, la température et l'énergie, vont permettre d'optimiser le confort intérieur tout en réduisant les besoins de rénovation.

L'implication des pouvoirs publics permettra de structurer cette transition, notamment par le soutien à la recherche, aux projets pilotes et à l'adaptation des réglementations.

Orientation de travail 8

Concevoir et réhabiliter les bâtiments pour qu'ils soient contributeurs de la flexibilité énergétique

Orientation de travail 9

Développer et systématiser l'usage des énergies renouvelables, notamment le solaire et la géothermie

Orientation de travail 10

Développer des enveloppes qui contribuent à l'adaptation au changement climatique

Orientation de travail 8

Concevoir et réhabiliter les bâtiments pour qu'ils soient contributeurs à la flexibilité énergétique

DE QUOI PARLE-T-ON ?

L'objectif est de transformer les bâtiments en acteurs clé du réseau énergétique, capables de s'effacer, capter, stocker et restituer des ressources naturelles locales (énergie solaire, chaleur, eau).

Les bâtiments deviendraient ainsi des puits de ressources, contribuant à un réseau énergétique plus flexible et décarboné à l'horizon 2050. Aujourd'hui, bien que des technologies comme les panneaux solaires ou les systèmes de récupération d'eau soient disponibles, leur intégration systémique à l'échelle d'un territoire reste limitée.

Cette orientation vise à dépasser les initiatives isolées en proposant une approche territoriale cohérente, appuyée par des outils de simulation et de monitoring à grande échelle.

ACTIONS R&D

1. **Développer des technologies de captation** et de stockage adaptées aux réalités locales.
2. **Concevoir des métamodèles** pour modéliser le comportement des bâtiments à l'échelle d'un territoire.
3. **Tester des solutions** via des plateformes expérimentales combinant réseaux électriques, réseaux de chaleur et bâtiments.
4. **Créer un observatoire national** pour regrouper et analyser les données sur la flexibilité apportée par les bâtiments.

IMPACTS

Impact environnemental

5/5

- → Émissions de GES réduites via une moindre dépendance aux énergies fossiles.
- → Économies d'eaux.
- → Économies d'énergie.

Impact économique

4/5

- → Coûts optimisés pour les usagers.

Impact social

4/5

- → Indépendance énergétique renforcée et contribution aux objectifs climatiques nationaux.

ATTENTES VIS-À-VIS DES POUVOIRS PUBLICS

Mise en place de réglementations

- → Adaptation sur l'usage des ressources captées (eau, énergie).

Apports financiers

- → Développement des technologies et des outils de simulation.

OBJECTIFS TEMPORELS

À 1 an : Réaliser un état de l'art des technologies et méthodologies existantes.

À 3 ans : Développer et tester des métamodèles et outils de simulation.

À 5 ans : Déployer des outils opérationnels à l'échelle des collectivités territoriales.

EXEMPLES DE PROJETS

Bâtiment ABC à Grenoble : Construction de bâtiments autonomes en eau et énergie.

- → **Porteur :** Bouygues Construction.
- → **Statut :** projet terminé.

Composants terre cuite actifs : Traitement des matériaux pour conférer des fonctionnalités de captation du CO_2, des Nox, et de réductions du coefficient d'absorption solaire.

- → **Porteur :** CTMNC.
- → **Statut :** projet en cours.

Orientation de travail 9

Développer et systématiser l'usage des énergies renouvelables, notamment le solaire et la géothermie

DE QUOI PARLE-T-ON ?

Cette orientation vise à accélérer la transition des systèmes énergétiques des bâtiments (chauffage, eau chaude sanitaire, climatisation) en remplaçant les chaufferies à énergies fossiles par des solutions utilisant des énergies renouvelables (ENR), comme l'énergie solaire thermique et photovoltaïque (PV) et la géothermie.

L'objectif est de proposer des solutions intégrées permettant une conversion rapide et efficace, sans nécessité de reconfigurer complètement les installations existantes.

ACTIONS R&D

1. **Développer des pompes à chaleur (PAC)** de grande puissance, adaptées aux logements collectifs, tertiaires, et hôtels.
2. **Concevoir des solutions préfabriquées** plug-and-play, combinant PAC, stockage d'énergie, et systèmes PV/Géothermie.
3. **Développer des systèmes de stockage énergétique modulables** pour réduire les besoins électriques des PAC.
4. **Simplifier l'intégration dans des chaufferies existantes,** notamment pour les bâtiments sans accès extérieur direct.

IMPACTS

Impact environnemental

→ Gains significatifs en énergie primaire et amélioration des classes énergétiques par le remplacement des systèmes fossiles par des EnR bas carbone.

Impact économique

→ Facture énergétique réduite.

Impact social

→ Indépendance énergétique nationale renforcée.
→ Valorisation des productions d'EnR locales.
→ Exportation du savoir-faire en solutions bas carbone.

ATTENTES VIS-À-VIS DES POUVOIRS PUBLICS

Mise en place de réglementation

→ Simplification des procédures pour l'obtention d'avis techniques (ATEx).

Apport de financements

→ Soutien à la filière PAC et à la réindustrialisation des fabricants français.

Lancement d'initiatives pilotes

→ Déploiement de solutions intégrées dans des projets publics exemplaires.

Partage de connaissances

→ Création de plateformes d'échange sur les meilleures pratiques pour les installations de PAC à grande échelle.

OBJECTIFS TEMPORELS

À 1 an : Développement de solutions PAC double service de grande puissance préfabriquées.

À 3 ans : Introduction de PAC avec stockage modulable.

À 5 ans : Solutions complètes combinant PAC et production d'ENR (PV, géothermie, éolien) en kit.

EXEMPLES DE PROJETS

PAC PREDICT : Développement de méthodes de maintenance prédictive appliquées aux équipements CVC du bâtiment.

→ **Porteurs :** Industriel de la PAC, laboratoire I2M, NOBATEK.
→ **Statut :** projet en cours.

Orientation de travail 10

Développer des enveloppes qui contribuent à l'adaptation au changement climatique

DE QUOI PARLE-T-ON ?

Les enveloppes (façades, toitures) et fondations des bâtiments sont des interfaces clés entre l'intérieur et l'extérieur, exposées à des conditions climatiques de plus en plus extrêmes (températures élevées, sécheresses, inondations, vents violents). Actuellement, ces éléments sont conçus de manière statique, en s'appuyant sur des données historiques.

L'objectif est de concevoir des solutions dynamiques et résilientes capables de s'adapter aux changements climatiques, tout en maintenant un confort intérieur optimal et en assurant la stabilité structurelle des ouvrages, y compris lors d'épisodes climatiques extrêmes. Cela implique une refonte des approches de conception et des matériaux utilisés.

ACTIONS R&D

1. **Modéliser le comportement des enveloppes et des fondations** sous l'effet des conditions climatiques futures.
2. **Caractériser les matériaux innovants** (changement de phase, émissivité variable, etc.) pour leur adaptation aux nouveaux besoins.
3. **Développer des solutions intégrées** pour la gestion de l'eau, l'humidité et l'inertie thermique.
4. **Explorer les technologies de stabilisation des fondations** en zones sensibles (sols instables, zones inondables, retrait/gonflement des sols argileux).
5. **Adapter ces innovations aux projets de rénovation** pour renforcer la résilience des bâtiments existants.

IMPACTS

Impact environnemental — 5/5

- → Émissions réduites de gaz à effet de serre.
- → Ressources nécessaires à l'entretien et à la rénovation optimisées.
- → Durée de vie des bâtiments prolongée.

Impact économique — 3/5

- → Coûts énergétiques réduits.

Impact social — 4/5

- → Contribution au Plan National d'Adaptation au Changement Climatique (PNACC).

ATTENTES VIS-À-VIS DES POUVOIRS PUBLICS

Mise en place de réglementations

- → Encourager l'adoption des solutions innovantes.

Apport de financements

- → Soutenir la R&D sur ces thématiques.

Lancement d'initiatives pilotes

- → Démonstrateurs sur bâtiments publics et logements sociaux.

Partage de connaissances

- → Créer des synergies entre les agences publiques et les acteurs privés.

OBJECTIFS TEMPORELS

À 1 an : Finaliser les simulations dynamiques.

À 3 ans : Mettre en œuvre plusieurs démonstrateurs.

À 5 ans : Déployer des solutions industrialisées à grande échelle.

EXEMPLES DE PROJETS

ARCHICLIMA : Solution pour la vulnérabilité au changement climatique/l'évaluation des risques et la planification de l'adaptation dédiée aux grandes architectures commerciales.

- → **Porteurs :** Europejskie Forum Odpowiedzialności Ekologicznej, Pologne, Górnośląskie Towarzystwo Lotnicze S.A., PolognelnvestekoSerwis Sp. z o.o., Pologne.
- → **Statut :** projet en cours.

Levier 2

Rendre accessibles les travaux de rénovation et garantir la performance

La rénovation énergétique par l'isolation thermique est essentielle pour atteindre la neutralité carbone d'ici 2050. Cependant, la complexité du parc bâti, le manque d'outils de priorisation et les contraintes financières freinent sa massification. Un puissant levier d'accélération réside dans le développement de méthodologies permettant d'une part de prioriser les stratégies de rénovation en s'appuyant sur des données simples, comme l'âge et l'état des bâtiments, et d'autre part d'évaluer rapidement l'impact énergétique et économique des interventions. Ces méthodologies permettront de mieux orienter les investissements vers les projets à fort potentiel.

L'industrialisation des solutions, telles que l'isolation thermique par l'extérieur (ITE) et par l'intérieur (ITI), est un levier majeur pour réduire les coûts et accélérer les déploiements. Des solutions modulaires existent, adaptées aux contraintes des bâtiments, combinant préfabrication et technologies numériques, pour garantir des performances élevées.

Garantir la performance des projets de rénovation nécessite des outils fiables de mesure avant et après les travaux. Ces outils, basés sur des méthodes harmonisées, permettront de vérifier l'efficacité des interventions et de responsabiliser les acteurs grâce à des garanties de performance.

Pour massifier la rénovation, il est également nécessaire de repenser les modèles financiers. Des solutions comme le leasing énergétique ou des garanties publiques/privées peuvent lever les obstacles liés aux coûts initiaux et aux risques perçus, tout en réduisant la dépendance aux subventions.

En combinant priorisation, innovation technique, outils de mesure et modèles économiques adaptés, cette approche contribue à la fois aux objectifs climatiques et à l'accessibilité des rénovations pour tous. Elle soutient ainsi la transition énergétique et la souveraineté énergétique nationale tout en créant des emplois.

Ces orientations de travail sont incluses dans le programme RENOBATI, porté par le CSF IPC, qui vise à faire émerger une filière de la rénovation performante via une expérimentation conduite sur 20 territoires répartis en Grand-Est et Occitanie.

Orientation de travail 11

Créer une méthodologie de priorisation des stratégies de rénovation pour accélérer la massification

Orientation de travail 12

Concevoir des systèmes et modes de construction hors-site et robotisés pour l'isolation thermique par l'extérieur et par l'intérieur en rénovation

Orientation de travail 13

Harmoniser, tester et diffuser des outils de mesure qui garantissent l'atteinte des performances

Orientation de travail 14

Inventer le modèle économico-financier de la rénovation du bâtiment

Orientation de travail 11

Créer une méthodologie de priorisation des stratégies de rénovation pour accélérer la massification

DE QUOI PARLE-T-ON ?

La massification de la rénovation énergétique nécessite plus qu'un éventail de solutions techniques performantes. Elle requiert également une méthodologie structurée permettant de prioriser les interventions, en simulant les coûts des travaux de rénovation et les bénéfices attendus.

L'objectif est de doter les gestionnaires de parcs immobiliers d'un outil d'aide à la décision pour :

- ✔ Diagnostiquer rapidement l'état des bâtiments avec des données limitées ;
- ✔ Hiérarchiser les interventions en fonction de leurs impacts énergétique, économique et fonctionnel ;
- ✔ Proposer des scénarios de rénovation optimisés pour atteindre les objectifs nationaux de performance énergétique.

ACTIONS R&D

1. **Créer un outil de diagnostic multicritère** basé sur des données sommaires (emprise, nombre de niveaux, époque de construction).
2. **Développer un système d'évaluation des impacts énergétiques**, fonctionnels et économiques des stratégies de rénovation.
3. **Intégrer des bases de prix actualisées** issues de retours d'expérience pour affiner les projections économiques.
4. **Proposer des scénarios de rénovation** chaînés aux objectifs nationaux, intégrant des enjeux patrimoniaux et urbains.

IMPACTS

Impact environnemental

- → Accélération des décisions permettant une mise en œuvre plus rapide des rénovations énergétiques.
- → Contribution à la réduction des émissions de GES par une planification alignée sur les objectifs nationaux.

Impact économique

- → Réduction des coûts liés à l'étude et à la planification des projets.

Impact social

- → Transparence et rationalité des décisions grâce à des scénarios fondés sur des données solides.

ATTENTES VIS-À-VIS DES POUVOIRS PUBLICS

Lancement d'initiatives pilotes

- → Rénovation de grands ensembles de bâtiments tertiaires de l'État (ex. Universités).

Apport de financements

- → Soutien à la R&D pour développer des outils innovants de diagnostic et de priorisation.

Partage de connaissances

- → Valorisation des retours d'expérience des projets pilotes pour ajuster les outils et méthodes.

OBJECTIFS TEMPORELS

À 1 an : Développer un prototype d'outil de diagnostic et de priorisation.

À 3 ans : Tester l'outil sur plusieurs parcs immobiliers.

À 5 ans : Déployer une solution industrialisée et adaptable à l'échelle nationale.

EXEMPLES DE PROJETS

RENNES CAMPUS 2030 : Un pilote de rénovation pour amorcer le plan global de modernisation et de transition environnementale, urbaine et sociale de l'Université de Rennes 1.

- → **Porteur :** Université de Rennes 1.
- → **Statut :** projet en cours.

MonDiagEcoles : Outil réalisé pour faciliter les diagnostics amont sur les bâtiments scolaires.

- → **Porteurs :** Banque des Territoires, Impulse Partners.
- → **Statut :** projet terminé.

Lign2toit : Outil réalisé pour faciliter les diagnostics amont de surélévation de logements permettant par le droit à construire créer de financer la rénovation du bâtiment existant.

- → **Porteur :** Institut Carnot MECD.
- → **Statut :** version 1 terminée.

Orientation de travail 12

Concevoir des systèmes et modes de construction hors-site et robotisés pour l'isolation thermique par l'extérieur et par l'intérieur en rénovation

DE QUOI PARLE-T-ON ?

La construction hors-site est un levier prometteur pour massifier les rénovations énergétiques, en s'appuyant sur des procédés industrialisés. Bien que déjà utilisée dans la construction neuve, son adoption en rénovation reste limitée, notamment pour les interventions d'Isolation Thermique par l'Extérieur (ITE) et d'Isolation Thermique par l'Intérieur (ITI).

En ITE, plusieurs projets innovants émergent, tels que le programme Energiesprong, ou des opérations de rénovation comme celles de la résidence I3F à Thiais [18]. Ces initiatives montrent un potentiel important mais nécessitent encore de diversifier les solutions pour répondre à la grande variété des bâtis.

En revanche, l'ITI est peu explorée malgré son intérêt pour des configurations où l'ITE n'est pas envisageable. Cela souligne l'importance de développer des solutions compatibles avec des contraintes spécifiques, telles que la réduction de la perte de surface habitable ou la minimisation des impacts sur les occupants.

L'objectif est donc de concevoir des systèmes industrialisés capables de s'adapter à la diversité des bâtiments existants tout en garantissant des performances élevées et une réduction des nuisances et des délais d'intervention.

ACTIONS R&D

1. **Diversifier les technologies et finitions en ITE** pour s'adapter aux spécificités des bâtiments existants (façades minérales, contraintes patrimoniales).
2. **Développer des solutions ITI** limitant la perte de surface habitable et réduisant le temps d'intervention.
3. **Concevoir des outils de relevé rapides pour faciliter l'adaptation** des solutions hors-site aux morphologies variées des bâtiments.
4. **Optimiser la performance des solutions hors-site**, notamment en termes d'étanchéité à l'air et de démontabilité future.

IMPACTS

Impact environnemental — 4/5

- → Réduction des GES grâce à des chantiers plus propres et des matériaux peu carbonés.
- → Meilleure gestion des déchets et réduction des pertes de matière.

Impact économique — 3/5

- → Réduction des coûts grâce à la massification et à la standardisation des solutions.

Impact social — 4/5

- → Réduction des nuisances pour les occupants (durée des travaux, bruits, déchets).

ATTENTES VIS-À-VIS DES POUVOIRS PUBLICS

Lancement d'initiatives pilotes :

- → Appels d'offres spécifiques pour tester des solutions hors-site.

Apport de financements

- → Soutien à la R&D pour améliorer les solutions techniques et leur déploiement.

[18] https://www.groupe3f.fr/actualites-et-publications/presse/3f-engage-pour-la-renovation-hors-site-thiais-94-pose-du-premier-panneau-de-facade-realise-hors-site

OBJECTIFS TEMPORELS

À 1 an : Identification et adaptation des outils de relevés rapides.

À 3 ans :

- Développement et adoption de systèmes modulaires / hors site pour la rénovation par l'extérieur ;
- Solutions adaptées à l'ITI proposant le meilleur compris surface perdue / performance.

EXEMPLES DE PROJETS

ENERGI ESPRONG : Programme né aux Pays-Bas puis étendu au Royaume-Uni, aux États-Unis, en France et au Canada, qui permet d'adapter les bâtiments aux normes d'efficacité énergétique en utilisant des méthodes industrialisées de rénovation.

→ **Facilitateur :** GreenFlex en France.

→ **Statut :** projet en cours.

Rénovation hors-site à Thiais : Rénovation thermique d'une résidence des années 1960 utilisant le hors site pour la fabrication des panneaux de façade.

→ **Porteurs :** Groupe 3F Action Logement.

→ **Statut :** projet terminé.

Renhauss : Étude pour la Rénovation thermique ITI de bâtiments haussmanniens.

→ **Porteur :** Institut Carnot MECD.

→ **Statut :** projet en cours.

Orientation de travail 13

Harmoniser, tester et diffuser des outils de mesure qui garantissent l'atteinte des performances

DE QUOI PARLE-T-ON ?

L'isolation thermique permet d'améliorer significativement la performance énergétique des bâtiments existants. Cependant, les méthodes actuelles d'évaluation, comme les DPE, manquent de précision et peuvent être biaisées par les conditions d'usage.

L'objectif est de développer des méthodes objectives permettant de mesurer la performance énergétique de l'enveloppe des bâtiments avant et après rénovation, afin de garantir l'atteinte des résultats ciblés. Ces outils permettront :

- ✔ D'établir un diagnostic précis, indépendamment des usages, pour définir les besoins en rénovation ;
- ✔ De vérifier la qualité de la mise en œuvre et d'évaluer la performance réelle post-rénovation. En cas de non-respect des objectifs, des sanctions pourraient être appliquées pour responsabiliser les parties prenantes.

ACTIONS R&D

1. **Développer des outils de mesure simples,** fiables et exploitables à grande échelle.
2. **Compléter les tests en cours** pour couvrir toutes les typologies de bâtiments et vérifier la robustesse des méthodes de mesure.
3. **Créer un référentiel méthodologique harmonisé** prenant en compte les particularités climatiques et les typologies de bâtiments.
4. **Tester les boucles complètes de rénovation :** mesure avant, rénovation, mesure après.

IMPACTS

Impact environnemental

→ Meilleure connaissance de la performance énergétique du parc bâti.

Impact économique

→ Réduction des dépenses énergétiques des ménages, ciblage optimal des dépenses publiques pour les rénovations.

Impact social

→ Création d'emplois dans la filière de la rénovation et des technologies de mesure.
→ Contribution aux objectifs nationaux de décarbonation et indépendance énergétique.

ATTENTES VIS-À-VIS DES POUVOIRS PUBLICS

Apport de financements

→ Aide au financement des travaux de rénovation sans critère social, les émissions de CO_2 impactant la totalité de la population.

Lancement d'initiatives pilotes

→ Aide pour le montage des démonstrateurs (déjà beaucoup de projets en cours ou passés, en France, Europe et financés par l'IEA).

Support assurantiel

→ Adapter le système assurantiel pour accélérer l'adoption des innovations en matière de mesure.

OBJECTIFS TEMPORELS

À 1 an : Qualification et reconnaissance des méthodes de mesure par les pouvoir publics.

À 3 ans : Démonstrateurs de boucles complètes [mesure avant – rénovation – mesure après] par typologie de bâtiments permettant d'établir une feuille de route opérationnelle de la rénovation, puis ajustement du modèle.

À 5 ans : Adoption et plan de déploiement.

EXEMPLES DE PROJETS

Projets SEREINE puis SEREINE 2 : Solution d'Évaluation de la Performance Énergétique Intrinsèque des bâtiments.

→ **Porteurs :** AQC, CSTB, CEREMA, USMB-LOCIE, ARMINES, Nobatek, COSTIC, INES, Saint-Gobain.
→ **Statut :** projet en cours.

RESBIOBAT (ANR) : Mesure in-situ de la résistance thermique de parois fortement isolées et de parois biosourcées de bâtiments.

→ **Porteurs :** UGE, UPEC, LNE, CSTB, CEREMA.
→ **Statut :** projet en cours.

BATISCAF : Développement de solution pédagogique et immersive pour accélérer la prise en main de solutions innovantes par la filière.

→ **Porteurs :** CCCA-BTP, CFA BTP Grand Est, NOBATEK.
→ **Statut :** projet en cours.

APEMEVE : Développement d'outils et process permettant la garantie des performances.

→ **Porteurs :** entreprises générales, concepteurs, mainteneurs.
→ **Statut :** projet en cours.

Orientation de travail 14

Inventer le modèle économico-financier de la rénovation du bâtiment

DE QUOI PARLE-T-ON ?

La massification de la rénovation énergétique des bâtiments ne repose pas uniquement sur des innovations technologiques, mais également sur la création de modèles financiers et assurantiels adaptés. L'objectif est de lever les freins financiers en proposant de nouvelles solutions :

- Durées de prêts plus longues, garanties bancaires adaptées ;
- Modèles assurantiels innovants pour couvrir les risques.
- Modèles tarifaires dynamiques liés à la production et au stockage d'énergie ;
- Réduction de la dépendance aux subventions, avec des mécanismes comme le leasing énergétique ;
- Valorisation d'externalités économiques, sociétales et environnementales.

Ces modèles visent à transformer le bâtiment en une ressource financière, en valorisant sa production énergétique tout en assurant la rentabilité des investissements de rénovation.

ACTIONS R&D

1. **Tester des modèles économico-financiers** sur des cas réels (maisons individuelles, copropriétés).
2. **Créer des outils financiers** (fonds de garantie public/privé, produits assurantiels pour garantir les performances énergétiques).
3. **Développer des modèles économiques** permettant de valoriser la production et le stockage d'énergie des bâtiments rénovés.
4. **Proposer des solutions numériques** pour simplifier les démarches administratives et l'instruction des aides financières.

IMPACTS

Impact environnemental — 4/5

- → Contribution à la rénovation de surfaces importantes.
- → Économies significatives d'énergie et de carbone.

Impact économique — 4/5

- → Création d'emplois dans la filière rénovation.
- → Optimisation des investissements via des mécanismes financiers mieux adaptés.

Impact social — 5/5

- → Accélération vers les objectifs de la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC), avec un taux de rénovation annuel de 4 %.
- → Meilleure coordination des politiques publiques grâce à des outils numériques et financiers simplifiés.

ATTENTES VIS-À-VIS DES POUVOIRS PUBLICS

Mise en place de réglementation
→ Adaptation des règles pour les copropriétés et les prêts.

Lancement d'initiatives pilotes
→ Tester les nouveaux modèles sur des segments variés.

Support assurantiel
→ Encourager la création de garanties publiques/privées.

OBJECTIFS TEMPORELS

À 1 an : Constitution d'un groupe de travail (industriels, banquiers, assureurs, académiques) et sélection des cas d'étude.

À 3 ans : Lancement de nouveaux produits financiers et assurantiels, tests de modèles économiques liés à la production/stockage d'énergie.

À 5 ans : Généralisation des outils financiers et assurantiels pour soutenir la rénovation à grande échelle.

EXEMPLES DE PROJETS

Projet MERITE lauréat de l'appel à projet ORENO (ADEME) : initiative pour développer des solutions innovantes en rénovation.

→ **Porteur :** Demathieu Bard (MERITE).
→ **Statut :** En attente de signature du Premier Ministre.

Programme RENOBATI : programme visant à faire émerger une filière de la rénovation performante via une expérimentation conduite sur 20 territoires répartis en Grand-Est et Occitanie.

→ **Porteur :** CSF IPC.
→ **Statut :** en cours de montage.

Ambition 03

Réduire l’empreinte matière avec une conception frugale et en intégrant l’économie circulaire

L'industrie de la construction est de loin le secteur le plus consommateur en matières avec 394 des 737 millions de tonnes de matières consommées sur le territoire français en 2021 (ADEME - Déchets chiffres clés, Édition 2023) et une production de déchets de 213 sur les 310 millions de tonnes produites en 2020.

Le bâtiment produit 46 millions de tonnes de déchets chaque année, dont 49 % proviennent de la démolition, 38 % de la réhabilitation et 13 % de la construction neuve.[19] Face à ces chiffres et aux défis environnementaux actuels, le secteur doit évoluer vers une meilleure gestion des ressources, en particulier par la réduction de l'empreinte matière et l'intégration de l'économie circulaire dans les processus de conception et de production.

Cette ambition vise à optimiser l'utilisation des matériaux en réduisant leur consommation et en maximisant leur durabilité, leur réparabilité et leur réutilisation. L'enjeu est de mieux exploiter la durée de vie des matériaux et produits de construction, de faciliter leur démontage et leur réutilisation après la fin de vie des ouvrages, et donc de repenser la manière dont les bâtiments sont conçus. Les systèmes constructifs seront ainsi réparables, démontables et modulables.

Un autre axe de travail est la traçabilité des produits et des matériaux. Le développement de « passeports numériques enrichis » et de méthodes de caractérisation des performances résiduelles de produits de réemploi/réutilisation permettra un suivi rigoureux des matériaux et produits tout au long de leurs cycles de vie, renforçant ainsi la confiance des acteurs dans les démarches d'économie circulaire.

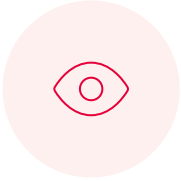
Enfin, pour développer ces pratiques circulaires, il est nécessaire de structurer des écosystèmes territoriaux circulaires et rentables. En favorisant la mise en œuvre de systèmes constructifs facilement démontables et en orientant le secteur vers une économie de la fonctionnalité, cette ambition permettra de transformer en profondeur les pratiques de construction, contribuant ainsi à une réduction significative de l'empreinte matière et donc également à la décarbonation du secteur.

Le CSF IPC a élaboré en janvier 2024 une Feuille de route économie circulaire de l'écosystème construction, comprenant notamment une dizaine de projets transverses et sectoriels pour la circularité du bâtiment et des travaux publics. Ces projets s'intègrent dans les orientations de travail développées dans la présente feuille de route de R&D et innovation de la filière.

Levier 1

Exploiter la durabilité des produits et des systèmes constructifs

p.50



Levier 2

Créer des modes de preuves qui assurent la traçabilité des produits et des données pour permettre l'économie circulaire

p.54

Levier 3

Déployer des modèles circulaires rentables et structurer les écosystèmes

p.58

[19] https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/dechets-du-batiment

Levier 1

Exploiter la durabilité des produits et des systèmes constructifs

Le secteur de la construction génère près de 70 % des déchets produits en France[20], principalement à travers des composants qui sont le plus souvent jetés à la fin de leur cycle de vie. Le passage à un modèle circulaire, avec des composants réparables, démontables et réutilisables permet de prolonger la durée d'usage des produits, de réduire la dépendance aux ressources naturelles et de limiter l'impact environnemental. Dès la conception, ces produits et systèmes constructifs doivent être pensés pour être démontés, réparés et réemployés.

La conception de bâtiments réversibles est une réponse à la problématique de la durée de vie fonctionnelle. En anticipant l'évolution des usages et en développant des systèmes constructifs démontables, il est possible d'adapter les bâtiments au fil du temps, ce qui maximise leur durée de vie et réduit les coûts de transformation future. Ces pratiques contribuent à réduire les taux de vacance, particulièrement dans les bureaux, tout en améliorant l'accès au logement par des reconversions simplifiées.

Cette approche répond à une double ambition : réduire l'empreinte environnementale et créer de nouveaux modèles économiques basés sur la réutilisation et la flexibilité. La création de référentiels communs et le soutien à des projets pilotes permettront d'accélérer l'adoption à grande échelle. Avec des incitations fiscales et des soutiens financiers, cette transition pourrait également dynamiser les filières locales de gestion circulaire et contribuer aux objectifs de décarbonation.

Orientation de travail 15

Développer des produits/ équipements/ouvrages réparables et/ou démontables

Orientation de travail 16

Concevoir des programmes et modes constructifs facilitant l'évolutivité des bâtiments sur leur cycle de vie

[20] INRS, Brochure ED 6527, Prévention des risques professionnels liés à la gestion des déchets du BTP

Orientation de travail 15

Développer des produits, équipements, ouvrages réparables et/ou démontables

DE QUOI PARLE-T-ON ?

Cette orientation vise à développer des solutions techniques et un cadre méthodologique pour rendre les composants de construction démontables, réemployables et réparables. L'objectif est de réduire l'impact environnemental en prolongeant la durée de vie des produits et en favorisant leur réutilisation. Cela implique de créer un référentiel commun permettant d'évaluer la démontabilité, la durabilité et la maintenabilité des composants.

Ces solutions doivent répondre à plusieurs enjeux : faciliter les assemblages pour simplifier la séparation en fin de vie, garantir la traçabilité numérique des composants et valoriser les produits en fin de cycle grâce à des modèles économiques adaptés. L'approche nécessitera également de former les professionnels à ces nouvelles pratiques, en intégrant ces principes dès la conception.

Les résultats attendus incluent une meilleure gestion des flux de matières, une réduction de l'empreinte carbone et le développement de nouvelles filières industrielles pour soutenir l'économie circulaire dans le secteur de la construction.

ACTIONS R&D

1. **Développer un/des référentiel/s méthodologique/s pour évaluer la démontabilité, la durabilité et la réparabilité des composants de construction.** Ces référentiels permettront d'établir des critères objectifs pour mesurer la capacité des produits et des systèmes à être démontés, transportés, reconditionnés, réutilisés ou réparés en fin de vie, afin d'en optimiser la gestion et la réutilisation dans une logique circulaire. Ils permettront également de déterminer et de prédire des durées de vie réalistes et d'augmenter leur durée en service.

2. **Tester des solutions d'assemblage innovantes** adaptées à la maintenance circulaire.

3. **Développer des outils numériques** pour la traçabilité technique et la gestion des flux de matières.

4. **Fédérer les acteurs autour de projets pilotes** pour valider les solutions et capitaliser sur les retours d'expérience.

IMPACTS

Impact environnemental

5/5

- Réduction significative de l'empreinte carbone des opérations de construction et de rénovation.
- Optimisation des ressources grâce à la réutilisation et à la réparabilité des composants.

Impact économique

4/5

- Création de nouvelles filières industrielles et d'emplois locaux pour la gestion des flux circulaires.

Impact social

3/5

- Contribution aux objectifs nationaux de décarbonation et d'économie circulaire.

ATTENTES VIS-À-VIS DES POUVOIRS PUBLICS

Apport de financements

- Soutien à la R&D et aux projets pilotes.

Mise en place de réglementations

→ Structurer la filière et définir des normes adaptées.

Lancement d'initiatives pilotes

OBJECTIFS TEMPORELS

À 1 an : Mobiliser les acteurs et recenser les initiatives existantes.

À 3 ans : Développer des référentiels communs, adapter les solutions et mettre au point des formations.

À 5 ans : Mettre en œuvre des démonstrateurs, recueillir des retours d'expérience et lancer des démarches nationales.

EXEMPLES DE PROJETS

Projet « demodulor » : approche globale et multi-matériaux pour sélectionner des solutions constructives et envisager une évolution de ces procédés pour faciliter la séparation des systèmes et composants sur chantier, la séparation des matériaux en vue d'un recyclage ou d'une élimination optimisée, la réutilisation ou le réemploi des matériaux et composants.

→ **Porteurs :** Institut Carnot MECD.[21]

→ **Statut :** terminé dans sa 1ère phase.

Ecoscale : développement d'une évaluation environnementale de la circularité des produits et des équipements du bâtiment.

→ **Porteur :** CSTB.

→ **Statut :** projet terminé.

[21] Institut Carnot MECD : Institut Carnot Matériaux, équipements et construction durable.

Orientation de travail 16

Concevoir des programmes et modes constructifs facilitant l'évolutivité des bâtiments sur leur cycle de vie

DE QUOI PARLE-T-ON ?

Cette orientation vise à concevoir des bâtiments réversibles, capables de s'adapter à de nouveaux usages au fil du temps, en optimisant leur durée de vie fonctionnelle et technique.

Construire un bâtiment réversible consiste à anticiper son évolution et ses différentes destinations dès sa conception, pour pouvoir l'adapter facilement tout au long de son cycle de vie.

L'objectif est de réduire l'obsolescence en développant des systèmes constructifs démontables et à longue durée de vie, tout en définissant des indicateurs de réversibilité pour guider les projets de construction et de rénovation.

ACTIONS R&D

1. **Mesurer les scénarios d'usage des bâtiments existants** pour mieux comprendre les réelles raisons de leur démolition (techniques, sociétales, ...).
2. **Collecter et analyser des données** pour quantifier les critères d'obsolescence (technique, fonctionnelle, sociale...).
3. **Créer un index de réversibilité pour guider la programmation** et l'éco-conception des bâtiments.
4. **Tester des systèmes constructifs démontables et réemployables** dans des projets pilotes.

IMPACTS

Impact environnemental

- → Prolongation de la durée de vie des bâtiments grâce à leur adaptabilité et leur adéquation sociale.
- → Réduction de la consommation de ressources naturelles en limitant les démolitions et reconstructions.

Impact économique

- → Valorisation foncière par la transformation des usages.
- → Réduction des taux de vacance, notamment dans les bureaux.

Impact social

- → Amélioration de l'accès au logement grâce à la transformation des usages.

ATTENTES VIS-À-VIS DES POUVOIRS PUBLICS

Mise en place de réglementation

- → Soutien à des permis de construire multi-destinations et intégration de la réversibilité dans les critères RE 2020 et futures règlementations.

Lancement d'initiatives pilotes

- → Accompagnement de projets démonstrateurs pour tester les principes de réversibilité.

Apport de financements

- → Incitations fiscales nationales ou locales valorisant la seconde vie des bâtiments, telles que l'exonération partielle de taxe foncière.

OBJECTIFS TEMPORELS

À 1 an : Définir une méthodologie d'analyse de la réversibilité.

À 2 ans : Collecter des données et identifier des opérations pilotes.

À 3 ans : Accompagner les projets pilotes et produire un référentiel.

À 5 ans : Livrer les projets pilotes, recueillir les retours d'expérience, et intégrer ces principes dans les réglementations.

EXEMPLES DE PROJETS

Résidence Cité Morland : Transformation de l'ancien site administratif de la préfecture de Paris en programme immobilier innovant qui comprend plus de 11 usages ouverts aux Parisiens et aux visiteurs de la capitale.

- → **Porteur :** Emerige.
- → **Statut :** projet terminé.

Projet GEMME : Développement d'un outil d'évaluation de la circularité des bâtiment.

- → **Porteurs :** Alliance HQE-GBC, CSTB, EVEA.
- → **Statut :** projet terminé.

Levier 2

Créer des modes de preuves qui assurent la traçabilité des produits pour permettre l'économie circulaire

La traçabilité au service de la qualité des matériaux réemployés est un défi majeur pour la transition vers une économie circulaire dans la construction. Les modes de preuve traditionnels ne permettant pas toujours de caractériser efficacement ces matériaux, il est essentiel de renforcer les connaissances sur leurs caractéristiques, compatibilité, et leur impact sanitaire afin de favoriser leur réutilisation.

De nouveaux modes de preuve doivent être inventés, combinant des outils de diagnostic avancés et des méthodes de caractérisation in situ, permettant de prédire les caractéristiques et performances nécessaires à leur réemploi. Avec le soutien des pouvoirs publics, ces initiatives aideront à structurer un cadre réglementaire pour intégrer ces matériaux dans les pratiques courantes de construction.

Le dispositif de Passeport Numérique Produit prévu par le nouveau Règlement Produit Construction permettra de tracer les produits tout au long de leur cycle de vie et sera clé pour garantir la transparence et la confiance et maximiser la durée de service des produits et matériaux de construction. Ce dispositif centralisera des informations sur l'origine, les performances, et le potentiel de réemploi des matériaux, tout en favorisant la gestion optimisée des ressources ainsi que l'assurabilité des acteurs et des ouvrages ainsi construits.

Pour guider les choix circulaires, des critères innovants seront développés pour évaluer la recyclabilité, réparabilité, et réemploi des matériaux. Ces critères viendront compléter les standards existants et encourageront l'adoption de ces solutions.

Ce levier vise à transformer durablement les pratiques du secteur en favorisant une économie circulaire, en créant de nouvelles opportunités économiques, en répondant aux objectifs environnementaux nationaux et en respectant les lois AGEC et la REP PMCB.

Orientation de travail 17

Développer de nouvelles méthodes de caractérisation pour assurer la traçabilité et le réemploi des matériaux

Orientation de travail 18

Mettre en place des critères et indicateurs qui favorisent la recyclabilité, la réparabilité et le réemploi

Orientation de travail 19

Créer un passeport numérique qui trace les produits et les ouvrages tout au long des cycles de vie pour des décisions éclairées en termes de durabilité et de coûts

Orientation de travail 17

Développer de nouvelles méthodes de caractérisation pour assurer la traçabilité et le réemploi des matériaux

DE QUOI PARLE-T-ON ?

L'objectif de cette orientation est d'adapter les modes de preuve pour assurer la traçabilité et la qualité des matériaux réemployés, notamment dans un contexte où de nouveaux acteurs et produits émergent. Les méthodes actuelles ne permettent pas toujours de caractériser efficacement les matériaux issus du réemploi, ce qui freine leur acceptation et leur assurabilité.

Le but est donc de renforcer les connaissances techniques sur les matériaux réemployés (caractéristiques physiques, sanitaires, compatibilité avec l'existant) et de développer de nouveaux modes de preuve adaptés, en s'appuyant sur des diagnostiques fiables.

Cela implique également l'acceptation de ces nouveaux standards dans l'ensemble de la chaîne, des producteurs aux utilisateurs finaux.

ACTIONS R&D

1. **Renforcer les connaissances sur les matériaux réemployés**, en identifiant leurs caractéristiques techniques, sanitaires, et leur compatibilité avec les systèmes existants.
2. **Développer des modes de preuve spécifiques** pour les produits issus du réemploi.
3. **Créer des outils** de diagnostic et de caractérisation in situ.
4. Tester et valider ces outils via **des démonstrateurs et des projets pilotes**.

IMPACTS

Impact environnemental — 4/5

→ Réduction des déchets de chantier grâce à une meilleure gestion des matériaux réemployés.

Impact économique — 4/5

→ Réduction des coûts grâce à l'intégration des matériaux réemployés.
→ Valorisation des circuits courts et création de nouvelles filières locales.

Impact social — 4/5

→ Mise en place de circuits courts réemploi.

ATTENTES VIS-À-VIS DES POUVOIRS PUBLICS

Lancement d'initiatives pilotes

→ Financements et soutien à des démonstrateurs pour tester les nouveaux modes de preuve.

Mise en place de réglementation

→ Favoriser l'adoption des matériaux réemployés avec des preuves de qualité.

OBJECTIFS TEMPORELS

À 1 an : Lancement des travaux sur les nouvelles méthodes de caractérisation.

À 2 ans : Corrélation entre les mesures in situ essai non destructif et les performances mesurées par des essais destructifs.

À 3 ans : Reconnaissance des nouveaux modes de preuve au sein des différentes filières.

À 5 ans : Intégration complète des nouvelles pratiques dans les standards et habitudes de la filière.

EXEMPLES DE PROJETS

Projets Spirou : développement d'outils et contenus techniques pour les acteurs qui souhaitent s'orienter dans l'activité de reconditionnement.

→ **Porteur :** CSTB.
→ **Statut :** projets terminé.

Réemployer les tuiles et briques : ce projet vise à développer des méthodologies de diagnostic, caractérisation des performances et certification technique associées à des règles professionnelles pour le réemploi de tuiles et briques. Parallèlement à ce corpus technique, il est prévu de développer des équipements de démontage automatisés des maçonneries en briques et de préciser les modèles d'affaires d'acteurs de la chaîne de valeur pour le réemploi de ces produits.

→ **Porteurs :** FFTB, CTMNC.
→ **Statut :** en recherche de financement.

REMATCO : ce projet vise à développer une base de connaissances multi-matériaux sur les performances résiduelles des matériaux en vue de leur réutilisation ou réemploi et de développer des méthodes de caractérisation in situ par des essais non destructifs.

→ **Porteur :** Institut Carnot MECD.
→ **Statut :** en cours.

Orientation de travail 18

Mettre en place des critères et indicateurs qui favorisent la recyclabilité, la réparabilité et le réemploi

DE QUOI PARLE-T-ON ?

L'objectif de cette orientation est de définir des critères complémentaires aux standards actuels pour mieux évaluer les performances des matériaux et systèmes constructifs. Cela permettrait d'intégrer des dimensions essentielles telles que la recyclabilité, la réparabilité, et le réemploi. L'enjeu est d'accompagner la transition vers des pratiques circulaires tout en prenant en compte des impacts souvent sous-estimés, comme ceux liés à l'épuisement des ressources ou aux effets secondaires environnementaux.

En définissant des valeurs de référence, cette démarche vise à fournir aux acteurs de la filière des outils robustes et harmonisés pour piloter leurs projets, tout en valorisant les produits les plus vertueux. Cela implique une collaboration entre industriels, maîtres d'ouvrage et concepteurs, ainsi qu'une sensibilisation des consommateurs pour encourager des choix plus durables.

ACTIONS R&D

1. **Développer des indicateurs multicritères** pour évaluer l'impact global des matériaux sur l'environnement et ne plus focaliser uniquement sur le réchauffement climatique (9 indicateurs de l'ACV produit : réchauffement climatique, appauvrissement de la couche d'ozone, acidification des sols et de l'eau, eutrophisation, formation d'ozone photochimique, épuisement des ressources abiotiques élément et combustibles fossiles, pollution de l'air et pollution de l'eau) et prendre en compte également la biodiversité.

2. **Élaborer des référentiels techniques** pour caractériser la recyclabilité, la réparabilité, et le réemploi des produits.

3. **Intégrer des critères matière** dans la conception et la rénovation des ouvrages.

4. **Promouvoir des pratiques collaboratives** pour harmoniser les méthodes d'évaluation au sein de la filière.

IMPACTS

Impact environnemental 4/5

→ Réduction des impacts sur l'environnement grâce à des matériaux plus performants et recyclables.

Impact économique 4/5

→ Réduction des coûts de construction grâce au réemploi.

Impact social 3/5

→ Baisser l'impact des bâtiments sur l'environnement.

ATTENTES VIS-À-VIS DES POUVOIRS PUBLICS

Mise en place de réglementation

→ Introduction de critères complémentaires dans la RE2020 et retour à un calcul d'ACV bâtiment normalisé (NF EN 15 978) et approche multicritère.

Lancement d'initiatives pilotes

→ Tester les nouveaux indicateurs dans des projets de construction.

OBJECTIFS TEMPORELS

À 1 an : Définir les priorités et lancer les premiers travaux sur un ou des indicateurs multi critères ainsi que des indicateurs concertés de recyclabilité, ré-employabilité.

À 3 ans : Finalisation des travaux et adoption des nouveaux indicateurs.

À 5 ans : Intégration des indicateurs circulaires dans une RE2030 et généralisation à l'ensemble de la filière.

EXEMPLES DE PROJETS

Dispositif CAP30 : Création d'un cadre commun de référence qui dépasse la réglementation environnementale des bâtiments neufs (RE2020).

→ **Porteurs :** Alliance HQE-GBC, Collectif Effinergie et Collectif des Démarches Quartiers Bâtiments Durables

→ **Statut :** projet en cours.

Orientation de travail 19

Créer un passeport numérique qui trace les produits et les ouvrages tout au long des cycles de vie pour des décisions éclairées en termes de durabilité et de coûts

DE QUOI PARLE-T-ON ?

Le Passeport Numérique Produit prévu par le nouveau règlement RPC vise à assurer la traçabilité des produits et systèmes constructifs tout au long du cycle de vie des bâtiments.

L'objectif est de centraliser et rendre accessibles des informations clés sur les matériaux, leurs performances techniques, leur empreinte environnementale et leur historique d'utilisation. Cela permettra de maximiser la durabilité, d'encourager le réemploi et de faciliter la gestion des matériaux en fin de vie.

Le passeport numérique ne se limite pas à un outil technique, mais devient un levier stratégique pour accélérer l'économie circulaire et améliorer la transparence dans la chaîne de valeur du bâtiment.

Ces travaux seront axés en priorité sur des produits à forte valeur ajoutée afin d'absorber le coût du passeport produit (ascenseurs, réseaux, charpentes, ...).

En intégrant ces données dans des plateformes numériques interopérables, ce dispositif offrira un cadre pour une gestion optimisée des ressources. Il s'agit d'équiper l'ensemble des acteurs du secteur (fabricants, maîtres d'ouvrage, gestionnaires de patrimoine) avec des outils permettant de valoriser les matériaux tout au long de leur cycle de vie et de prendre des décisions éclairées en matière de durabilité et de coût. Ce point est plus particulièrement développé dans l'OT 19, qui vise à déployer des espaces de données numériques facilitant la conception, la construction, la maintenance, la gestion et la rénovation des ouvrages, par un large partage des données numériques relatives aux produits et ouvrages de construction et la fourniture de services à valeur ajoutée autour de ces données.

ACTIONS R&D

1. **Développer des technologies de collecte** de données en temps réel (IoT, capteurs, BIM).
2. **Créer des standards** pour l'interopérabilité des données entre les acteurs (fabricants, constructeurs).
3. **Explorer des solutions de stockage sécurisé** pour garantir la durabilité des informations (point développé dans l'OT 19).
4. **Concevoir des outils** de gestion et de partage des données à l'échelle européenne.

IMPACTS

Impact environnemental — 3/5

- → Réduction des impacts environnementaux.
- → Optimisation des ressources grâce à une gestion efficace des matériaux.

Impact économique — 4/5

- → Réduction des coûts de déconstruction et de gestion des déchets.

Impact social — 3/5

- → Contribution à des politiques d'incitation basées sur la transparence des données environnementales.

ATTENTES VIS-À-VIS DES POUVOIRS PUBLICS

Mise en place de réglementation

- → Obligation d'utiliser le BIM avec des informations détaillées sur la chaîne de valeur dans les marchés publics.

Lancement d'initiatives pilotes

- → Tester les passeports numériques dans des projets concrets.

OBJECTIFS TEMPORELS

À 1 an : Définir les produits prioritaires et lancer les pilotes.

À 3 ans : Standardisation des passeports et adoption par l'industrie.

À 5 ans : Généralisation dans les marchés publics et privés.

EXEMPLES DE PROJETS

Projet Cirpass2 : travail sur l'intégration des données dans les passeports numériques.

- → **Porteurs :** Cobuilder et GS1.
- → **Statut :** projet terminé.

Levier 3

Déployer des modèles circulaires rentables et structurer l'écosystème

La transition vers une économie circulaire dans le secteur de la construction passera par une approche territorialisée pour valoriser les ressources locales et minimiser les impacts logistiques. Chaque territoire génère des flux de matières pouvant être utilisé. En concevant des modèles circulaires rentables adaptés à ces gisements, il est possible de réduire la dépendance aux matières premières vierges, de baisser les quantités de déchets et de créer de nouvelles entreprises.

Cette approche repose sur une collaboration entre collectivités, maitres d'ouvrage, entreprises et filières pour structurer des chaînes de valorisation. Il s'agit d'analyser les gisements, de développer des procédés de traitement, de séparation des matériaux, de conditionnement et de créer des modèles économiques viables. Des projets pilotes sont nécessaires pour tester et démontrer la rentabilité économique.

La mise au point de modèles de suivi des produits et des matières permettra de tracer et d'optimiser les flux. L'intégration de technologies numériques et d'analyses territoriales (systèmes d'information géographique) facilitera la cartographie dynamique des flux et la création de filières locales.

Pour aller plus loin, l'introduction de la comptabilité multi-capitaux appliquée au secteur de la construction permettrait de rendre viable une « économie circulaire de la construction » en donnant une valeur monétaire à des données physiques sociales et environnementales (par le biais de coûts de préservation ou de remédiation par exemple).

Le soutien des pouvoirs publics, à travers des financements et des ajustements réglementaires, est essentiel pour structurer cette transition et en faire un pilier central de la construction durable.

Orientation de travail 20

Concevoir les nouveaux modèles circulaires à l'échelle des territoires et par famille de produits de construction

Orientation de travail 21

Expérimenter et tester les modèles de suivi des matières de bout en bout

Orientation de travail 22

Muter progressivement vers une méthodologie de comptabilité multi capitaux afin de rendre économiquement viable l'économie circulaire

Orientation de travail 20

Concevoir les nouveaux modèles circulaires à l'échelle des territoires et par famille de produits de construction

DE QUOI PARLE-T-ON ?

L'orientation vise à développer des modèles circulaires à l'échelle des territoires pour maximiser la valorisation des gisements locaux de déchets et matériaux. Chaque territoire dispose de flux spécifiques de matières (déchets de construction, de déconstruction, produits en fin de vie), et ces flux peuvent devenir des ressources si leur gestion est optimisée. L'objectif est donc d'analyser ces gisements, de les traiter et de rentabiliser leur valorisation par des solutions adaptées.

En intégrant cette approche, il s'agit de réduire la dépendance aux matières premières vierges tout en renforçant l'économie locale. Le projet implique une collaboration étroite entre les acteurs locaux et entre les filières industrielles pour créer des chaînes de valorisation robustes et reproductibles.

La démarche de R&D sera en priorité axée sur les produits orphelins, c'est-à-dire les produits que l'on ne sait pas recycler actuellement.

ACTIONS R&D

1. **Quantifier les gisements locaux** et prévoir l'évolution des flux dans la durée.
2. **Analyser la qualité et les caractéristiques des déchets** par famille de matériaux pour identifier le degré de séparation permettant de générer le maximum de valeur et les solutions de valorisation ad hoc.
3. **Tester l'incorporation de ces matériaux** dans les filières d'exutoire adaptées.
4. **Développer des modèles économiques** basés sur la valorisation des flux de matières en tenant compte des contraintes logistiques (coût et impacts sur l'environnement).
5. **Créer des chaînes pilotes.**

IMPACTS

Impact environnemental — 5/5

→ Réduction des déchets et de la consommation de ressources naturelles (matières premières, énergie).

Impact économique — 4/5

→ Création de valeur locale et d'emplois non délocalisables, avec des solutions déployables sur l'ensemble des territoires.

Impact social — 3/5

→ Optimisation de la gestion des déchets.

ATTENTES VIS-À-VIS DES POUVOIRS PUBLICS

Apport de financements

→ Soutien aux études sur les modèles économiques et aux chaînes pilotes de valorisation.

OBJECTIFS TEMPORELS

À 1 an : Quantification des gisements et estimation de l'évolution des flux à venir.
À 3 ans : Projets de R&D consistant à tester de nouvelles méthodes de séparation des matériaux.
À 5 ans : Industrialisation sur l'ensemble du territoire.

EXEMPLES DE PROJETS

Massifier l'économie circulaire à partir des territoires : ce projet vise à développer un modèle opérationnel et réplicable à partir de « territoires démonstrateurs » et de projets de construction, déconstruction ou réhabilitation portés par des maîtrises d'ouvrages locales accompagnées dans leurs démarches.

→ **Porteurs :** le CSF IPC s'appuyant sur son référent économie circulaire (AGYRE).
→ **Statut :** en cours.

Récupérer les canalisations et raccordements enterrés en fin de vie : ce projet vise à développer une filière de récupération et de recyclage des canalisations en PE et PP (100 % recyclables) en fin de vie.

→ **Porteur :** STRPEPP.
→ **Statut :** en cours.

Massifier la Route zéro déchet : ce projet vise à déployer les procédés de recyclage en usine et en place de composants routiers récupérés lors de l'entretien des chaussées.

→ **Porteur :** Routes de France.
→ **Statut :** en cours.

CIRCO2BETON : Ce projet innovant de recyclage en boucle fermée a pour objectif non seulement de préserver les ressources naturelles mais également de faire du recyclage un levier de décarbonation du ciment par la maîtrise complète du cycle de vie du béton. Le démonstrateur devrait apporter deux bénéfices majeurs répondant au défi de la construction durable :

- Une séparation qualitative des constituants du béton en fin de vie qui, comparé aux techniques courantes, facilite le recyclage des fractions granulaires dans de nouveaux bétons à des taux d'incorporation plus importants, tout en préservant la recyclabilité du nouveau produit mis en œuvre.
- Une réduction significative des émissions de CO_2 liées à la production du ciment grâce à la valorisation par carbonatation accélérée des fines recyclées dans le procédé cimentier.

→ **Porteur :** Heidelberg Materials France.
→ **Statut :** projet en cours.

Orientation de travail 21

Expérimenter et tester les modèles de suivi des matières de bout en bout

DE QUOI PARLE-T-ON ?

Cette orientation vise à vérifier la faisabilité technico-économique de la traçabilité des flux de matières dans la construction et la gestion des déchets, de la collecte à la transformation finale, en passant par les chantiers. Le but est de tester, à une échelle pilote puis industrielle, des modèles interconnectés entre les acteurs du chantier et les opérateurs de déchets, afin de garantir une traçabilité continue des matériaux entre les chantiers. Actuellement, chaque filière (PMCB, DEA, ABJ, DEEE, EIC) fonctionne de manière cloisonnée, ce qui empêche une gestion intégrée et transparente des flux de matières. Cette orientation de travail permettra de développer et tester des outils de traçabilité numérique, créant ainsi un cadre harmonisé pour faciliter la gestion des ressources et améliorer l'efficacité des politiques publiques de gestion des déchets.

ACTIONS R&D

1. **Développer et tester des pilotes interconnectant** les différents opérateurs de déchets et les flux de matières sur les chantiers, pour vérifier la faisabilité technico-économique de la traçabilité complète des matières.
2. **Tester et valider des outils numériques** et des processus optimisés pour assurer la traçabilité et le suivi des matières entre les différentes étapes (collecte, transport, transformation, réutilisation).
3. **Déployer des démonstrateurs** industriels pour tester l'intégration de ces outils et processus dans des conditions réelles, à grande échelle.

IMPACTS

Impact environnemental — 5/5

→ Réduction des déchets industriels.

Impact économique — 4/5

→ Réduction des coûts.

Impact social — 3/5

→ Soutien au politiques publiques (notamment mise en place de la REP).

ATTENTES VIS-À-VIS DES POUVOIRS PUBLICS

Mise en place de réglementations

→ Structuration des systèmes de traçabilité inter-filières pour garantir une gestion unifiée et cohérente des flux de matières.

Lancement d'initiatives pilotes

→ Financement et soutien à des projets pilotes testant des outils et des processus de traçabilité dans des conditions réelles.

Partage de connaissances

→ Diffusion des résultats des projets pilotes pour encourager l'adoption des bonnes pratiques dans l'ensemble des filières concernées.

OBJECTIFS TEMPORELS

À 1 an : Lancer des études et des projets pilotes pour tester les outils et la traçabilité des flux de matières.

À 2 ans : Déployer des démonstrateurs industriels pour valider les processus de traçabilité.

À 3 ans : Généraliser l'usage des outils et processus de traçabilité au sein de la filière pour assurer une gestion optimale des flux de matières et un impact significatif sur la gestion des déchets et la décarbonation du secteur.

À 5 ans : Généraliser l'usage des outils et processus de traçabilité au sein de la filière pour assurer une gestion optimale des flux de matières et un impact significatif sur la gestion des déchets et la décarbonation du secteur.

EXEMPLES DE PROJETS

Projet eMAT : Utilisation de la traçabilité numérique pour optimiser la gestion des matériaux de construction.

→ **Porteur :** Eiffage.

→ **Statut :** projet en cours.

Orientation de travail 22

Muter progressivement vers une méthodologie de comptabilité multi capitaux afin de rendre économiquement viable l'économie circulaire

DE QUOI PARLE-T-ON ?

Cette orientation vise à étudier l'impact de la mise en place d'approche de comptabilité multi-performance, c'est-à-dire qui prendrait en compte la performance environnementale et la performance sociale avec autant d'importance que la performance financière.

Généralement, les modèles de comptabilité multi-capitaux visent à déterminer la valeur financière créée ou détruite par une entreprise sur la société et son environnement.

Cette approche devrait permettre d'accélérer le développement des pratiques d'économie circulaire dans la construction et notamment en repositionnant les initiatives françaises en bonne place sur le terrain des modèles de comptabilité « globale » comme outil transformatif des organisations.

ACTIONS R&D

1. **Élaborer/Proposer des modèles** de comptabilité basés sur la triple matérialité (finance, social, environnemental) puis déployer un modèle consensuel dans des organisations / des entreprises ou des projets de construction ou d'aménagement urbain afin d'accélérer le développement viable de l'économie circulaire.

IMPACTS

Impact environnemental — 5/5

→ Réduction des déchets et de la consommation de ressources naturelles (matières premières, énergie).

Impact économique — 3/5

→ Pérenniser économiquement les pratiques circulaires dans la construction.

Impact social — 3/5

→ Prise en compte de la dimension sociale et sociétale de l'impact de la construction, valorisation financière de l'économie sociale et solidaire.

ATTENTES VIS-À-VIS DES POUVOIRS PUBLICS

Financement

→ Soutien aux projets de recherche, création d'une chaire : triple matérialité appliquée à l'économie de la construction.

Mise en place de réglementations

→ Facilitation réglementaire, à titre expérimental, au moins dans la sphère publique.

Lancement d'initiatives pilotes

→ Financement de l'étude de projets pilotes pour tester les modèles économiques.

OBJECTIFS TEMPORELS

À 1 an : Réaliser un état de l'art des pratiques, des modèles existants et/ou en devenir, qualifier le besoin.

À 2 ans : Installer/relancer/redéployer une chaire triple matérialité appliquée à l'économie de la construction.

À 4 ans : Proposer un modèle robuste et soutenable, « validé » par des experts « comptabilité globale » et éprouvés dans un nombre suffisant de cas d'usage volontaires (publics, privés), possiblement via une (des) thèses.

À 5 ans : Envisager le passage à l'échelle.

EXEMPLES DE PROJETS

L'analyse du cycle de vie organisationnelle pour déterminer son empreinte environnementale et socio-économique.

→ **Porteur :** démarche du groupe français Accor.

Modèle de comptabilité universelle réalisée en double en valeurs physiques monétarisées, permettant une

présentation sous forme de bilans pour chacune des performances (sociétale, environnementale et de gouvernance).

- **Porteur :** Cabinet de Saint Front.
- **Statut :** proposé au début des années 2010.

Modèle de la liasse sociétale fondé sur une soutenabilité forte : les résultats, venant de calculs d'impacts réalisés par des analyses de cycle de vie, sont présentés sous la forme d'une liasse comprenant un bilan et un compte de résultat, avec plusieurs unités selon les sujets sociaux, environnementaux et économiques traités. Voir la thèse basée sur l'expérimentation du modèle au sein de Biocoop Nouvelle fenêtre.

- **Porteur :** Souâd TAÏBI, professeur chez Audencia.
- **Statut :** élaboré en en 2019.

Modèle CARE (Comprehensive Accounting in Respect of Ecology). Une valorisation du passif destiné au maintien de ses capitaux est intégrée au bilan de l'entreprise, puis un calcul est réalisé pour déterminer les dépenses réellement émises pour ces maintiens. La différence qui en résulte donne la performance de l'entreprise sur chacun de ces capitaux.

- **Porteur :** développé par J. RICHARD et A. RAMBAUD : Chaire Comptabilité Ecologique AgroParisTech.

Chaire Performance Multi-capitaux d'Audencia visant à aider les entreprises à se piloter dans le respect des limites planétaires (plafonds à ne pas dépasser) et fondations sociales (planchers à atteindre).

- **Porteur :** Audencia, partenaires fondateurs : L'Oréal, Danone et PWC.
- **Statut :** en cours, 3 thèses, 6 expérimentations.

conseil national de l'industrie

CSF Industries
pour la Construction

Feuille de route
R&D et Innovation