

International Yearbook



Sustainable Real Estate and Building

Mastère Spécialisé®
de l'École nationale des ponts et chaussées
Immobilier et bâtiment durables (IBD)
Transitions carbone et numérique



SUSTAINABLE REAL ESTATE AND BUILDING
INTERNATIONAL YEARBOOK
2024

Avertissement

Ces mémoires constituent un travail à visée pédagogique dans le cadre d'un diplôme universitaire et ne constituent en aucun cas une étude susceptible d'être réutilisée dans un cadre commercial ou scientifique. Leur contenu n'engage que la responsabilité de leurs auteurs.

Warning

These studies are academic works, made in an academic context. They cannot be used for commercial or scientific purposes. Their content is the sole responsibility of their authors.

Sustainable Real Estate and Building International Yearbook **2024**

Mastère Spécialisé® de l'École nationale des ponts et chaussées
Immobilier et bâtiment durables
Transitions carbone et numérique



ÉCOLE NATIONALE DES
PONTS
ET CHAUSSÉES



IP PARIS

EN 2011, dans le contexte du Grenelle de l'environnement, le mastère spécialisé® Immobilier et bâtiment durables (IBD) accrédité par la RICS et la CGE, a été créé pour offrir une approche globale de la construction, de la réhabilitation et de la gestion de bâtiments, dans une perspective de sobriété et de réduction de notre empreinte environnementale. Dix ans plus tard, cette approche a abouti à l'organisation par le MS® d'un webinaire sur la « Stratégie neutralité carbone pour le bâtiment et l'immobilier à travers le monde », l'occasion d'une expérience permettant la rencontre avec des experts des cinq continents. Du fait de la très grande qualité et de la diversité des intervenants, cette rencontre a su très rapidement trouver son public et elle est dorénavant un cycle de conférences attendu par nos étudiants, mais bien au-delà par les acteurs du secteur. Au cœur des échanges : la nécessité de penser un modèle de développement plus sobre en matière et en énergie, dans toutes les étapes de la vie du bâtiment, une attention portée aux enjeux de la circularité, mais également une meilleure adaptation de nos villes et de nos immeubles au changement climatique dont on subit d'ores et déjà les conséquences. Autant de sujets qui prolongent la réflexion sur la transition écologique, au cœur des préoccupations de l'École nationale des ponts et chaussées. Les travaux élaborés par les élèves à l'issue du webinaire étant d'une grande qualité, nous avons souhaité les faire connaître plus largement, avec la parution du présent ouvrage, nouvel opus de la collection des *Yearbook*. Je tiens à remercier Dominique Naert, et Bruno Mesureur, ainsi que toute l'équipe organisatrice pour leur implication, pour le succès de cette semaine internationale et, plus largement, pour leur investissement soutenu dans notre mastère spécialisé®.

IN 2011, in the wake of the Grenelle environment pact, the executive master's program (MS®) in Sustainable Real Estate and Building (IBD), accredited by both RICS and CGE, was established with a view to providing comprehensive training in the construction, renovation and management of buildings, with an emphasis on energy efficiency and reducing our environmental impact. Ten years later, this approach bore new fruit when the MS® organized an online seminar on the theme of "Carbon neutrality strategies for building and real estate around the world," an experience which brought together experts from five continents. Thanks to the superior quality and diversity of speakers involved, this seminar rapidly succeeded in finding its audience and has since grown into an annual cycle of conferences which is always highly anticipated by our students, but also by stakeholders from across the sector. The discussions get right to the heart of the matter: the need to establish a model of development which consumes less energy and fewer materials, at every stage in the building life cycle; the importance of circularity; the pressure to better adapt our towns and our buildings to climate change, whose consequences are already making themselves felt. All subjects of importance to the ecological transition, a central priority for École nationale des ponts et chaussées. The work produced by the students in response to this online seminar series was of such high quality that we felt it deserved a wider audience. We have collected the fruits of their labours in the present volume, the latest addition to our *Yearbook* collection. I would like to thank Dominique Naert and Bruno Mesureur, as well as the whole organizing team for all the hard work that went into making this international week a success and, more broadly, for their unflagging commitment to our executive master's program®.

Anthony Briant



**Anthony
BRIANT**

Directeur de l'École
nationale des ponts
et chaussées

École nationale des
ponts et chaussées
Director



Dominique Naert

Directeur du Mastère
Spécialisé® Immobilier
et bâtiment durables –
Transitions carbone et
numérique

*Advanced Master's
director*

Les conférences internationales de l'École nationale des ponts et chaussées sont désormais des rendez-vous attendus au début du printemps, apportant son lot d'interventions d'experts de rang mondial qui contribuent et militent à la transformation d'un modèle économique soutenable pour l'environnement et les citoyens de notre planète.

Parmi les 33 conférenciers se sont succédés du 8 au 12 avril, toujours en visio-conférence afin de permettre à un maximum de public d'appréhender les mutations qui s'opèrent dans notre filière partout dans le monde. Il permet aussi à un large public de découvrir notre formation qui se veut un laboratoire à penser des solutions durables en tenant compte de la complexité de notre écosystème. Les thèses professionnelles qui sont l'aboutissement de notre formation sont, de ce point de vue, surprenantes et enthousiasmantes.

L'adaptation des populations aux évolutions du climat et aux catastrophes qu'ils engendrent, impactent évidemment les bâtiments qui sont sensés les protéger et leur faciliter la vie... Les mastériens du MS IBD bénéficient, grâce à ce cycle de conférences, d'un éclairage unique et universel. Les expériences sont diverses ; les solutions émergent : nous avons beaucoup à apprendre les uns des autres...

Différentes échelles du bâtiment sans oublier l'urbain sont abordées. Nous avons invité des scientifiques, des politiques, des architectes, des ingénieurs, des entrepreneurs, des économistes et des experts en finance... C'est donc l'occasion de donner la parole à ceux qui font bouger le monde du bâtiment et de l'immobilier... De ceux qui sont au cœur de l'économie... La pollution, les GES et par voie de conséquence, le changement climatique ne s'arrêtent pas aux frontières. Il est donc évident de dézoomer pour comprendre et envisager des actions concrètes sur le plan national et international.

Le Mastère Spécialisé® Immobilier et Bâtiment Durables, Transitions carbone et numérique propose de participer à créer un nouveau modèle et de redéfinir en profondeur les modes de construction, de rénovation, de financement, de gestion et d'utilisation des immeubles, tout au long de la chaîne d'acteurs. « Ni la lowtech, ni la hightech mais la rightech... »

propose Philippe Madec. Nous sommes en phase...

Le cycle de conférences internationales est un module de notre MS IBD. É ce titre, il participe à ouvrir des perspectives nouvelles à nos mastériens. Il est à la fois une véritable veille technique, technologique, économique et social. Le travail collaboratif et l'intelligence collective qui sont à la base de notre méthode pédagogique, se liront dans ce Yearbook.

Bonne lecture des articles produits par les 37 mastériens de la promotion 2024 qui relatent avec beaucoup de rigueur et de talent, les principaux enseignements de ce cycle sous le regard attentif de Bruno Mesureur, le coordinateur et l'animateur de cet évènement que je remercie vivement pour son enthousiasme et son grand professionnalisme.

L'information, la sensibilisation et la formation tout au long de nos vies sont, de toutes évidences, la clé de notre adaptation au monde qui se transforme inéluctablement. C'est la conviction des mastériens qui se sont engagés dans le MS IBD.

Dominique Naert

THE international conferences hosted by École nationale des ponts et chaussées have become highly anticipated events each spring, bringing together experts of international standing to share their contributions and calls for the transformation of our economic model, in search of a system which is sustainable both for our environment and for our fellow citizens.

This year's cycle ran from 8 to 12 April and presented contributions from 33 expert speakers, all available via videoconference in order to reach the widest possible audience and help all involved to better understand the transformations at play all over the world. This event also helps to bring our master's program to a wider audience, showcasing its role as a laboratory for sustainable solutions capable of grappling with the complexity of our ecosystem. The professional theses produced by our students are, for this very reason, always both surprising and fascinating.

Adapting to our changing climates and the natural disasters it entails necessarily has consequences for our buildings, which are supposed to protect people and make their lives easier. This cycle of conferences provides a unique and universal overview of these complex issues for our master's students on the IBD MS program. The experiences represented herein are hugely diverse, and solutions are beginning to emerge: we have so much to learn from one another...

The discussions encompassed construction and buildings on different scales, without neglecting broader urban issues. Our guest speakers included scientists, politicians, architects, engineers, entrepreneurs, economists, financial experts and more. These conferences provide a platform for the movers and shakers changing the real estate and building sector, those at the very heart of its economy. Pollution, greenhouse gases and the climate change they cause have no interest in national borders. It was therefore an obvious choice to take a more elevated perspective, in order to better understand and envisage concrete actions at both national and international level.

The executive master's program® in Sustainable Real Estate and Building, Energy and Digital Transitions is contributing to the creation of

a new model, working to fundamentally redefine the way we build, renovate, finance, manage and use buildings, and all of the actors involved in that chain. Or as Philippe Madec puts it: "Not low tech, not high tech... right tech." We are on the right track...

This international conference cycle also doubles as a teaching unit of the IBD executive master's program, opening up new perspectives for our students. It provides genuine insight into the current technical, technological, economic and social state of play. The collaborative spirit and collective intelligence which are the very essence of our teaching method are on full display in this Yearbook.

I hope you will enjoy reading these articles, written by the 37 members of the Class of 2024 with great rigour and talent, summing up the principal lessons of their master's studies under the watchful eye of Bruno Mesureur, coordinator and organizer of this event, for whose enthusiasm and great professionalism I would like to express my sincere thanks once again.

Information, awareness and lifelong learning are without doubt the key to successfully adapting to the transformations reshaping our world, and I know that this conviction is shared by all of the students enrolled on the IBD master's program.

Dominique Naert



CCRÉDITÉ par la Conférence des grandes écoles et, à l'international, par la *Royal Institution of Chartered Surveyors*, le Mastère Spécialisé® IBD est centré sur les performances énergétiques et environnementales. Il s'inscrit dans le bouleversement en cours des processus de construction, de rénovation, de gestion de l'immobilier et du bâtiment : innovations technologiques, organisationnelles, financières, BIM (bâtiment et information modélisés), *big data*, etc.

Les nouvelles pratiques professionnelles sont en effet au cœur du MS® IBD, l'une des rares formations en Europe à articuler la culture de l'immobilier (fondée sur la finance et le droit) et la culture du bâtiment (tournée vers l'architecture et les sciences de l'ingénieur). Durant le premier semestre, le contexte est d'abord explicité en six thèmes : troisième révolution industrielle et dérèglement climatique ; quartier et ville durables ; conduite du changement et utilisation ; financements durables ; stratégie et gestion de parc ; management de projet et énergie. En complément, est organisé un voyage d'études en Allemagne, en partenariat avec l'université technique de Munich, remplacé depuis 2021, par la semaine internationale, à découvrir dans le présent *Yearbook*. Le second semestre permet d'entrer dans le détail du *process* d'un bâtiment durable : programmation, conception, réalisation, exploitation-maintenance. Chaque année, est ainsi formée près d'une vingtaine de cadres confirmés de toute la filière : maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, entreprises, gestionnaires, énergéticiens, industriels.

Les diplômés possèdent dès lors des arguments à opposer aux cyniques et aux sceptiques lorsqu'ils retournent dans leurs organisations. Il reste 30 ans pour aller vers une prospérité sans croissance de flux physiques carbonés, avec un modèle économique fondé sur la coopération, les usages et la circularité. Des solutions existent dans tous les secteurs ; il suffit maintenant d'accélérer leur mise en œuvre, changer les modèles d'affaires, les *process*, la commercialisation, le mode d'innovation et le système de management. Dans ce contexte, le MS® IBD vise à transformer les pratiques, sous l'égide de la décarbonation de l'économie, de la préservation des écosystèmes et de l'économie des ressources.



ACCREDITED by the Conférence des grandes écoles in France and internationally by the Royal Institution of Chartered Surveyors, the Advanced Master® in Sustainable Real Estate and Building - Energy and Digital Transitions is centred around energy and environmental performance. The course is designed to reflect the significant changes taking place in construction, renovation and property management, from technological, organisational and financial innovation to BIM (building information modelling) and big data.

New professional practices are very much central to the Advanced Master®, one of very few courses in Europe to combine property culture (based on finance and law) and construction culture (centred around architecture and engineering). The first semester covers six topics: the third industrial revolution and climate change; sustainable cities and neighbourhoods; use and change management; sustainable financing; property management and strategy; energy and project management. The course also includes a study trip to Germany in partnership with the Technical University of Munich, replaced since 2021 by the international week, which you can find out more about in this Yearbook. The second semester goes into more detail on the process of a sustainable building: scheduling, design, construction, operation and maintenance. Each year, the course trains twenty or so experienced executives from throughout the sector: contracting authorities, project managers, companies, administrators, energy specialists and manufacturers.

Once qualified, they will have the arguments they need to take on cynics and sceptics when they return to their organisations. There are still 30 years to go to reach prosperity without growth in carbon emissions, with an economic model centred around cooperation, uses and circularity. Solutions can be found in all sectors; what has to be done now is to accelerate their implementation, to change business models, processes, marketing, modes of innovation and management systems. The aim of the Advanced Master® is to transform practices as we seek to decarbonise the economy, protect our ecosystems and save resources.

L'histoire du Mastère Spécialisé®

The history of the Advanced Master®

2011

Création du MS® Immobilier, bâtiment, énergie avec Jean Carassus pour directeur

Creation of the Advanced Master® Real Estate, Building and Energy, directed by Jean Carassus

2016

Le Mastère Spécialisé® devient

« Immobilier et bâtiment durables -
Transitions carbone et numérique »
(accrédité par la RICS)

*The Advanced Master® changes its name
and is registered by RICS*

2017

Soutien du ministère des Armées

*Support from the French Ministry for the Armed
Forces (part of the country's Defence Infrastructure)*

2020

Dominique Naert devient directeur du MS®

*Dominique Naert becomes
the Advanced Master® director*

2021

Création du cycle de conférences internationales « Stratégie neutralité carbone dans le monde pour l'immobilier et le bâtiment »

*Creation of the International conference week
"Net Zero Carbon strategy in real estate and
building sector in the world"*

2022

Le MS® obtient le label RNCP et 2024 : le MS développe son effectif : 37 mastériens.

*The MS® obtains the RNCP label and 2024:
the MS expands its workforce: 37 master's
students.*

Créé en 2011, le Mastère Spécialisé® Immobilier, bâtiment, énergie de l'École nationale des ponts et chaussées s'inscrit dans la lignée des lois « Grenelle de l'environnement » de 2009 et 2010. Depuis sa création, son originalité est double : son approche socio-éco-technique et le fait qu'il articule la culture de l'immobilier (droit, finance) et celle du bâtiment (architecture, sciences de l'ingénieur). De format *Executive*, il s'adresse prioritairement aux cadres confirmés de la filière de l'immobilier et du bâtiment. Jean Carassus, professeur de l'École, en est le premier directeur. Le MS® a dès lors le soutien actif de Saint-Gobain et du CSTB.

En 2016, le MS® intègre la révolution numérique et le développement durable, par le biais de ses trois dimensions : environnement, social et économie. Il devient le MS® Immobilier et bâtiment durables - Transitions carbone et numérique. La même année, il est accrédité par la *Royal Institution of Chartered Surveyors* (RICS), organisation professionnelle mondiale des métiers de l'immobilier, de l'urbanisme et de la construction. C'est la première formation accréditée en Europe par la RICS qui soit entièrement dédiée à l'immobilier durable.

À partir de 2017, le MS® bénéficie du soutien du ministère des Armées (service d'infrastructure de la Défense). En 2020, Dominique Naert, Compagnon du devoir, diplômé en 2015 de la formation, ancien directeur du CSTB Île-de-France, en devient le nouveau directeur.

Ecole nationale des ponts et chaussées created the Advanced Master® in Real Estate, Building and Energy in 2011, influenced by the Grenelle environmental laws of 2009 and 2010. Since its inception, its originality has lain in both its combined social, economic and technical approach, and its combination of property culture (law and finance) with construction culture (architecture and engineering). The course is aimed primarily at experienced executives in the property and construction sectors. Jean Carassus, a professor at the École, was made the course's first director. The Master's then received active support from Saint-Gobain and the CSTB.

In 2016, the Advanced Master® incorporated the digital revolution and sustainable development through three dimensions – the environment, society and the economy – becoming the Advanced Master® in Sustainable Real Estate and Building - Carbon and Digital Transitions. That same year, it was accredited by the Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS), an international professional organisation for property, urban planning and construction. This was the first course in Europe devoted exclusively to sustainable buildings to be accredited by the RICS.

Since 2017, the course has been supported by the French Ministry for the Armed Forces (part of the country's Defence infrastructure). In 2020 Dominique Naert, a Compagnon du devoir, who graduated from the course in 2015, former director of CSTB Île-de-France became its new director.

17

Conférences internationales 2024
International Conferences 2024

31

Les enjeux de la rénovation des bâtiments existants
The challenge of renovating existing buildings

97

L'architecture durable et la conception de bâtiments durables
Sustainable architecture and designing sustainable buildings

167

Les financements pour l'immobilier et le bâtiment durables
Financing sustainable real estate and building

227

Comment les groupes immobiliers vont décarboner leurs parcs ?
How will real estate groups decarbonize their stock?

281

Les technologies high-tech vs low-tech pour les bâtiments durables
High-Tech vs Low-Tech Technologies for Sustainable Buildings

350

L'équipe de la semaine internationale
The International Conference team

352

La Source, diffuseur de savoirs
La Source, spreading knowledge

Conférences internationales 2024

« Neutralité carbone dans l'immobilier et le bâtiment durables dans le monde à l'horizon 2050 »

"Carbon neutrality in real estate and construction around the world by 2050"



Bruno MESUREUR

Responsable de la Semaine internationale du Mastère Spécialisé® Immobilier et bâtiment durables (IBD) de l'École nationale des ponts et chaussées, membre du comité scientifique et pédagogique

Director of the International Week hosted by the Executive Master's Program in Sustainable Real Estate and Building (IBD) at de l'École nationale des ponts et chaussées, member of the Scientific and Teaching Committee



ÉCOLE NATIONALE DES
PONTS
ET CHAUSSÉES



IP PARIS

C'est désormais un événement attendu chaque début avril par les étudiants du Mastère spécialisé ® Immobilier et Bâtiment durables (MS®IBD) et plus largement par les professionnels de l'immobilier et de la construction durables. Le MS®IBD de l'École nationale des ponts et chaussées vient d'organiser, du 8 au 12 avril 2024, ses 5 journées de conférences internationales.

La thématique globale « Neutralité carbone dans l'immobilier et le bâtiment durables dans le monde à l'horizon 2050 » est reprise chaque année comme un leit-motiv, non pas à l'identique mais de manière dynamique afin de mettre en évidence les évolutions, les progrès ou les freins rencontrés lors de la mise en œuvre de stratégies de construction durable. Ce thème a été décliné en cinq sous-thématiques :

- Les enjeux de la rénovation énergétique des bâtiments existants ;
- L'architecture durable et la conception de bâtiments durables ;
- Les financements pour l'immobilier et le bâtiment durables ;
- Comment les groupes immobiliers vont décarboner leurs parcs ;
- Les technologies *high-tech* versus *low-tech* pour les bâtiments durables.

32 conférenciers français et internationaux se sont succédés à La Maison des Ponts à Paris. Ces conférences étaient également diffusées en vidéo afin de permettre à un public professionnel très large d'appréhender les mutations qui s'opèrent dans le secteur de la construction.

Certains sujets sont apparus de manière récurrente et transversale : comment les différentes crises actuelles impactent les secteurs de l'immobilier et de la construction et comment les professionnels tentent de les surmonter, le shift de la construction neuve vers la rénovation, l'importance accrue de la RSE, la relation entre architecture et technologies (*high-tech*, *low-tech* ou plutôt, selon l'expression de Philippe Madec *right-tech*), comment construire mieux avec moins, l'importance de l'urbanisme durable sans lequel il ne peut pas vraiment y avoir de bâtiment durable, la montée en puissance de la construction hors-site, le recyclage des matériaux et le réemploi de produits et composants d'ouvrages. Enfin, on note, comme chaque année, le besoin de mécanismes de financement plus particulièrement pour la rénovation et la mise en place, parfois complexe, de dispositifs d'accompagnement technique et financier des ménages et des copropriétaires.

Au-delà de ces tendances générales, essayons de comprendre – sans prétendre à une quelconque exhaustivité – ce qui a fait la spécificité de cette édition 2024, d'identifier les ruptures éventuelles, les solutions actuellement privilégiées et les freins qui empêchent le déploiement massif de certaines solutions.

Au risque de répéter ce qui peut sembler une évidence, la rénovation du bâti ancien devient une priorité et peut-être une des seules solutions aux crises actuelles

et un moyen de parvenir aux objectifs de 2050. Preuve en est que ce thème est apparu fortement dans chacune des 5 sessions. Si les constats et un certain nombre de solutions techniques sont largement partagés, le marché de la rénovation ne progresse pas à la vitesse voulue et on est loin de la massification nécessaire pour atteindre les objectifs annoncés par le gouvernement. Citons quelques freins et limites de la mise en œuvre de la rénovation : freins réglementaires (il n'existe encore de « RE2020 » pour la rénovation du parc existant), l'absence de véritable modèle économique de la rénovation, une inconstance et un manque de lisibilité des politiques publiques et un millefeuille administratif qui fait dire à Henry Buzy-Cazaux « L'ennemi de ce défi (rénovation des bâtiments) c'est la complexité ». La complexité des démarches administratives pour obtenir les autorisations de travaux et les aides financières est en effet souvent pointée du doigt, les propriétaires devant naviguer entre différents dispositifs d'aides, tels que MaPrimeRénov', les certificats d'économies d'énergie (CEE), et les subventions locales, ce qui peut s'avérer décourageant et chronophage. Enfin, et c'est la première fois que le sujet a été développé dans nos conférences, la fiscalité française constitue un frein qui affecte le secteur de l'immobilier en général et en particulier celui de la rénovation comme le démontre Guillaume Sainteny.

Architecture et urbanisme sont des thèmes importants voire incontournables de nos conférences sur l'immobilier et la construction durables. Partant du constat que 80 % des bâtiments et des villes de 2050 sont déjà là, il est fortement question de rénovation du cadre bâti, la construction neuve devant être l'exception et absolument pas la règle. Mais est-ce que les architectes vont limiter leur réflexion à ce simple changement d'objet, l'existant remplaçant le neuf ? Bien évidemment non. Nous avons vu qu'un changement de modèle est inéluctable et doit tenir compte du rapport entre l'architecture et la nature. Citons ici Philippe Madec, coauteur du Manifeste pour une frugalité heureuse et créative : « Faire avec ce que la nature nous offre ». Et Anne Demians : « Le rapport intime de l'architecture au site crée un récit dynamique [...] La vision mécanique, nous a éloignés de la vision antique et de la Renaissance, qui considère que la poésie du monde est dans l'incalculable, dans la perfection de la nature, dans l'immanence. Notre lien avec un imaginaire collectif autour de la nature est donc à reconstruire. »

On comprend qu'on ne doit plus construire contre la nature, l'eau, le vent, le végétal mais bien avec la nature et mener la réflexion à toutes les échelles. Ainsi, Franck Boutté montre qu'il faut passer de la géographie à l'intime : laisser entrer le vent dans les rues, à l'échelle de la ville, du quartier, de l'îlot et du bâtiment, pour finalement l'accueillir dans la pièce de vie.

On retiendra enfin que la question des ressources naturelles et de leur usage raisonné devient cruciale dans tout projet de construction durable, neuf ou en rénovation. Philippe Madec développe dans son livre *Mieux avec moins* l'idée que les bâtisseurs doivent œuvrer pour le bien-être des gens avec moins de ressources, tout en créant des bâtiments harmonieux et fonctionnels.

Les financements et la fiscalité de l'immobilier et de la construction (rénovation) durables

Cette année encore il sera question de financement mais aussi, pour la première fois, de fiscalité de l'immobilier en France et en Europe. On ne reviendra pas dans cette introduction sur les différents mécanismes de financement, d'incitation et d'accompagnement. En revanche on retiendra que ces financements restent encore difficiles à mobiliser (surtout pour les particuliers et les copropriétés) et qu'il y a encore des progrès à faire – notamment en France – pour permettre de rénover les bâtiments à grande échelle et dans des délais suffisamment courts pour pouvoir prétendre à l'atteinte des objectifs 2050. Notamment :

- une meilleure accessibilité aux financements et subventions pour tous ;
- une simplification et une harmonisation des procédures administrative ;
- une refonte de la fiscalité de l'immobilier ;
- et de manière unanime pour tous les intervenants, la standardisation et la transportabilité des réglementations et des critères ESG.

Comment les groupes immobiliers vont décarboner leurs parcs ? Quel (nouveau) modèle économique et managérial pour l'immobilier d'aujourd'hui et de demain ?

Il me semble intéressant de rappeler que le débat avait été lancé en mars dernier par Denis Burckel et Dominique Naert lors de la table ronde organisée le 27 mars dernier dans le cadre du partenariat entre le Mastère Immobilier et Bâtiment Durables de l'École nationale des ponts et chaussées, et le Parcours Management de l'Immobilier, Mention Finance (246) de l'Université Paris Dauphine-PSL sur le thème : « Quels leviers pour le rebond ? Un défi pour l'immobilier ».

Les questions étaient multiples. Face à la crise, avec la baisse des transactions et des prix, comment les acteurs préservent-ils leurs capacités d'action pour le rebond ? Et comment préparent-ils celui-ci à court, moyen et long terme ? Le débat a été passionnant et riche et de nombreuses pistes ont été proposées, pour autant le sujet n'a pas été épuisé. C'est pourquoi il nous a paru judicieux de proposer dans le cadre de la semaine internationale du MS@IBD, une session sur l'immobilier décarboné et,

avec Denis Burckel, une nouvelle table ronde portant sur le modèle économique et managérial de l'immobilier. Que peut-on en retenir ?

Alors que tous les éléments déclencheurs des crises actuelles étaient déjà en place dès 2022 voire avant, il n'a été que très peu question de la crise (ou des crises) lors des éditions 2022 et 2023. En 2024 la crise de l'immobilier est un fait marquant qui a été commenté à plusieurs reprises notamment lors de la table ronde sur le nouveau modèle de l'immobilier. Cette dernière a mis en évidence certaines divergences d'opinions entre ceux pour qui la crise représente une menace directe et immédiate, et d'autres pour qui le changement de modèle constitue une réelle opportunité. Denis Burckel rappelle que la crise actuelle est profonde et historique et qu'elle n'est pas terminée. Dans cette période, c'est la survie de l'entreprise qui compte et la décarbonation ne s'envisage que si elle sert à la préserver. Marc Daumas voit lui, une opportunité de développement du hors site et Loïs Moulas estime que la réglementation agit comme un amortisseur des crises écologiques et donc aussi des crises économiques futures. Mais il existe un consensus, lors des différents débats, sur le fait que, une fois la crise surmontée, les choses ne redeviendront pas « comme avant » et que la survie du secteur de la construction et de l'immobilier passe par la prise en compte des critères du développement durable, la responsabilité sociale et environnementale et la prise en considération des attentes des usagers. In fine la divergence porte plus sur la façon de « passer la crise » que sur les conditions du rebond ou sur la nature de l'immobilier de demain qui sera durable ou ne sera pas.

High-tech, low-tech ou encore right-tech ? Quelles technologies pour la construction durable et décarbonée ?

Pas de conférence sur la construction durable sans parler de technologies ! Mais le discours – que l'on a parfois entendu – selon lequel la R&D technologique et la (haute) technologie, l'innovation en rupture (*break-through innovation*) et le numérique seraient LA réponse majeure aux enjeux de la construction durable n'a pas été repris lors de notre conférence. Avant même de parler de technologie on doit considérer le projet dans son ensemble, la relation entre architecture et nature, l'intégration du ou des bâtiments dans le quartier, la ville, voire le territoire et prendre en compte des attentes des utilisateurs et les nouveaux usages. Mais pas seulement. On doit construire pour répondre aux besoins d'aujourd'hui et de demain et donc prendre en compte de nouveaux critères d'adaptabilité, flexibilité, démontabilité et réversibilité. Venons-en aux technologies. Le débat *high-tech* versus *low-tech* semble dépassé. La bonne technologie est celle qui convient au bon moment et au bon endroit (la *right-tech*) et qui permet d'économiser les ressources naturelles (matériaux, eau, énergie) et de limiter au maximum les émissions de GES. Plus que par le passé nous devons mettre en œuvre une hybridation des solutions, des matériaux et des compétences. De nombreuses

solutions et modes constructifs innovants ont été présentés notamment le hors-site qui permet de combiner l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments avec leur démontabilité/réversibilité. Les initiatives présentées font majoritairement appel aux ressources locales, que ce soit la terre crue ou excavée pour réaliser des briques ou encore les matériaux de réemploi issus de chantiers de démolition pour les nouveaux usages du bâtiment construit ou rénové. Enfin, des progrès technologiques considérables ont également été réalisés pour décarboner en partie les matériaux de construction (béton, verre, plâtre, isolants...) et pour développer les matériaux bio et géosourcés.

En guise de conclusion

Il semblerait présomptueux de vouloir tirer des conclusions trop définitives. On mettra donc l'accent sur deux des nombreux sujets traités pendant ces cinq riches journées. La rénovation du bâti existant et les stratégies d'adaptation.

La rénovation des bâtiments s'impose comme une nécessité pour faire face aux enjeux de développement durable et atteindre les objectifs environnementaux, tant pour la baisse des émissions de gaz à effet de serre, que pour la préservation des ressources naturelles et de la biodiversité. Dans les années à venir, réhabiliter les structures existantes devient crucial plutôt que de construire du neuf. Par ailleurs, après avoir mis l'accent sur la baisse de la consommation d'énergie et la réduction d'émission des GES et travaillé sur l'atténuation, nous avons désormais à développer des stratégies d'adaptation aux conséquences du changement climatique. Pour cela les concepteurs devront de plus en plus travailler avec la nature et non pas contre elle.

This conference cycle has become a highly anticipated event each April for our students on the Sustainable Real Estate and Building (IBD) program, but also for many professionals in the sustainable building and construction sector. This year, the executive master's program at École nationale des ponts et chaussées hosted 5 days of international conferences from 8 through 12 April 2024.

The overarching theme "Carbon neutrality in real estate and construction around the world by 2050" returns each year as a leitmotif, not an unchanging diktat but instead a dynamic jumping-off point allowing us to discuss new developments, examples of progress and also the obstacles encountered when implementing sustainable construction strategies. This year, the theme was broken down into five sub-topics:

- The challenge of energy renovation for existing buildings;
- Sustainable architecture and designing sustainable buildings;
- Financing sustainable real estate and construction;
- How real estate groups intend to decarbonize their building stock.
- High-tech versus low-tech technologies for sustainable buildings

32 speakers from France and from all over the world joined us at La Maison des Ponts in Paris. All of their presentations were streamed online, allowing a very broad professional audience to join us in grappling with the transformations currently reshaping the construction sector.

Certain subjects came up time and again, cutting across all of our sub-topics: how the various ongoing crises are impacting the real estate and construction sectors and how professionals are working to overcome them; the shift from new-build to renovation; the increasing importance of CSR; the relationship between architecture and technologies (high-tech, low-tech or, to borrow Philippe Madec's expression, righ-tech), how to build better with less, the importance of sustainable town planning to make sustainable building possible; the rise of off-site fabrication; the recycling of materials and the reuse of structural products and components. Last but not least, as every year, we spoke a lot about the need for financing mechanisms more specifically tailored to the demands of renovation, and the sometimes-complex process of deploying technical and financial support programs for both households and co-owners.

Above and beyond these general trends – and without laying any claim to being comprehensive – it is worth looking more closely at what made the 2024 edition unique, to zero in on its potentially disruptive findings, the solutions currently being championed and the obstacles holding back the large-scale deployment of certain solutions.

At the risk of repeating what may seem obvious, the renovation of existing building stock is becoming a major priority, and may be one of the only real solutions to the present crises, as well as a means of hitting our targets for 2050. As if to prove this point, this theme featured prominently in all 5 sessions. Although there is a broad consensus on the nature of the challenge, and on some of the technical solutions on offer, the renovation market is not growing fast enough, and we have yet to see the massification effect needed to achieve the objectives announced by the government. It is worth reiterating some of the obstacles and limitations currently impeding the implementation of renovation projects: regulatory constraints (there is still no equivalent of 'RE2020' for renovations of existing building stock), the lack of a genuine economic model for renovation, and the inconsistency and incomprehensibility of the public policies overseen by France's many layers of government, a state of affairs which prompted Henry Buzy-Cazaux to state that "the real enemy here (when it comes to renovating buildings) is complexity." The complexity of the administrative procedures required to obtain planning permission and financial subsidies is a recurring lament: homeowners must navigate their way through various schemes such as MaPrimeRénov', Energy Saving Certificates (CEE) and various local subsidies, which can prove to be time-consuming and off-putting. Finally, and this is the first time that the subject has been discussed at one of our conferences, French tax law is a burden to the real estate sector in general, and the renovation industry in particular, as Guillaume Sainteny has demonstrated.

Architecture and urban planning are important, perhaps essential themes of our conferences on sustainable real estate and construction. Working on the assumption that 80% of the buildings and settlements which will make up our building stock in 2050 already exist, there was much discussion of the importance of renovating our existing buildings, with new constructions set to become the exception rather than the rule. But will architects be content with a simple substitution, swapping new for old? Of course not. We know that a change of model is inevitable, and this change must not neglect the relationship between architecture and nature. At this juncture it seems apt to quote Philippe Madec, co-author of the Manifesto for Happy, Creative Frugality: "Making do with what nature gives us". And Anne Demians: "The intimate relationship between architecture and place creates a dynamic narrative [...] The mechanical vision represented a break with Antiquity and the Renaissance, when it was believed that the poetic beauty of the world lay in its incalculability, in the perfection of nature, its immanence. We now need to reestablish that connection with a collective imaginary attuned to nature."

We understand that we can no longer build against nature, water, winds, plants; we must build *with* nature, at every level. As Franck Boutté has shown, this means shifting

our perspective from the broad sweep of geography to the intimate spaces of our daily lives: allowing fresh air into our streets, from the city level to individual districts, blocks and buildings, and ultimately into our homes.

Last but by no means least, the question of natural resources and how to use them responsibly is now a crucial consideration for any sustainable building project, whether new-build or renovation. In his book *Doing Better with Less*, Philippe Madec argues that builders must work to enhance the well-being of people by using fewer resources to create buildings which are functional and harmonious.

Financing and tax arrangements for sustainable real estate and construction (or renovation)

Once again, the financing of construction and renovation was at the heart of our discussions this year. In a first for this conference series, we also focused on the taxation of real estate in France and in Europe. This introduction is not the place for an explanation of the various financing solutions, support mechanisms and incentives in place. Suffice it to say that these financial resources remain difficult to access (for both individual homeowners and co-owners) and that there is still progress to be made – particularly in France – in order to renovate buildings on a vast scale and within a sufficiently short time frame to hit our targets for 2050. Priorities must include:

- easier access to finance and subsidies for all;
- simplification and harmonisation of administrative procedures;
- an overhaul of the property tax system;
- by unanimous agreement among all of our speakers, standardization and transferability of ESG regulations and criteria.

How do real estate groups intend to decarbonize their building stock? What will be the (new) economic and managerial model for the real estate sector of the future?

I think it is interesting to note that this debate was launched by Denis Burckel and Dominique Naert during the round table session organized on 27 March of this year, as part of the ongoing partnership between the Sustainable Real Estate and Building master at École nationale des ponts et chaussées and the Real Estate Management - Finance (246) program at Université Paris Dauphine-PSL. The subject of that debate was: "How to bounce back? A challenge for real estate."

The questions raised were many and varied. In a time of crisis, with both transactions and prices in decline, how are actors preserving their capacity for action in preparation for the rebound? How are they preparing for the short, medium and long term? The debate was fascinating and fecund, touching upon numerous potential solutions without coming close to exhausting the subject. We thus felt it would be

opportune to organize a session on decarbonized real estate as part of this year's IBD international week, as well as another round-table session with Denis Burckel focusing on the economic and managerial models at play in the sector. What did we learn from these discussions?

Although all of the factors which would trigger the current crises were already in place in 2022, or even earlier, there was very little talk of crisis (or crises) during the 2022 and 2023 conferences. In 2024, however, the crisis rocking the real estate sector is an inescapable fact which was frequently mentioned, particularly during the round-table session on new models for the real estate sector. This session highlighted some of the differences of opinion which are beginning to emerge between those who believe that the crisis represents a clear and immediate threat, and those who regard this change of model as a genuine opportunity. Denis Burckel was keen to point out that the present crisis is both profound and historic, and that it is not finished. In the present environment, companies are primarily concerned with self-preservation, and decarbonization is only prioritized if it contributes to their survival. Marc Daumas, meanwhile, pointed out the opportunity to develop off-site fabrication techniques, while Loïs Moulas argued that regulation acts as a shock absorber for ecological crises, and thus for future economic crises too. A consensus emerged nonetheless, from all of our discussions, that once the crisis has passed things will not go back to the way they were "before", and that the very survival of the construction and real estate sector will depend on its capacity to take on board the criteria of sustainable development, social and environmental responsibility, and to take user expectations into account. Ultimately, opinion is split more on the best way of "getting through the crisis" than on the conditions of that rebound, or what the future of real estate will look like. The future of the sector will be sustainable, or else there will be no future at all.

High-tech, low-tech or right-tech? What technologies do we need for sustainable, low-carbon construction?

One would be hard pushed to host a conference on the subject of sustainable construction without discussing technologies! But the idea – which we still hear from some quarters – that technological R&D and (high) technology, breakthrough innovations and digital tools are THE all-important solution to the challenges of sustainable construction did not rear its head during our conference cycle. Before even talking about technology, we should start by taking a more holistic view of projects, the relationship between architecture and nature, the way buildings integrate into a district, city or territory, and the expectations that users have of these new practices. But that's not all. We must build to meet the demands of both the present and the future, taking full account of new factors such as adaptability, flexibility, dismantlability and reversibility. But what about technologies? The high tech versus low-tech debate

is a thing of the past. The right technology is the technology which fits best with that time and place (right-tech), allowing us to save natural resources (materials, water, energy) while keeping greenhouse gas emissions to a strict minimum. Now more than ever, we need to learn to work with hybrid solutions, materials and skills. We heard presentations about numerous solutions and innovative building methods, particularly off-site fabrication which offers an appealing combination of improved energy efficiency and greater dismantlability/reversibility. The majority of the initiatives in question make use of local resources, whether that means using raw clay or earth to make bricks, or reusing materials salvaged from demolition sites and putting them to good use in construction or renovation projects. Finally, considerable technological progress has been made in terms of decarbonizing building materials (concrete, glass, plaster, insulating materials etc.) and developing organic and geo-sourced materials.

By way of a conclusion

It seems to me presumptuous to attempt to draw any definitive conclusions at this juncture. Allow me simply to draw special attention to two of the many subjects covered over the course of these five days of enriching discussions: the renovating of existing building stock, and adaptation strategies.

Renovating existing buildings will be necessary if we are to rise to the challenge of sustainable development and achieve our environmental objectives, in terms of reducing greenhouse gas emissions, but also when it comes to preserving natural resources and biodiversity. In years to come, renovating existing structures will become a crucial alternative to creating new buildings. Furthermore, after years of prioritizing the reduction of energy consumption and greenhouse gas emissions, and other mitigation measures, we must now develop new strategies for adapting to the consequences of climate change. With that goal in mind, designers will increasingly be required to work with nature, not against it.

Les enjeux de la rénovation des bâtiments existants

The challenge of renovating existing buildings



Armelle Arickx
Rita Abi Antoun
Marouane Askri
Philippe Adam
Soukaina Elamrani
Alexis Garnier
Charles Yervant



ÉCOLE NATIONALE DES
PONTS
ET CHAUSSEES



Introduction

La rénovation des bâtiments constitue un enjeu environnemental crucial dans la lutte contre le changement climatique et la préservation des ressources naturelles. En effet, la rénovation offre un gisement d'opportunités pour contribuer à l'atteinte des objectifs chiffrés en améliorant l'efficacité énergétique, en réduisant les émissions de gaz à effet de serre, en promouvant la conservation des ressources et en renforçant la résilience des bâtiments face aux événements climatiques extrêmes.

Au travers de différentes échelles géographiques et cadres réglementaires, des mesures d'atténuation multisectorielles ont été engagées face au constat partagé du changement climatique lié aux émissions de gaz à effet de serre (GES). Les mesures d'atténuation pour limiter les effets de ce changement climatique vont de pair avec les mesures d'adaptation, à commencer par celles qui concernent le bâtiment. En effet, suivant les régions, de 70 à 90 % des bâtiments existants en 2050 – échéance majeure des objectifs environnementaux mondiaux : zéro net carbone – sont déjà construits.

Pour répondre à ce double défi de l'atténuation et de l'adaptation du parc bâti-mentaire, nous verrons au long de cet article que les politiques nationales centrées depuis plusieurs années sur l'atténuation en misant principalement sur l'efficacité énergétique des bâtiments doivent s'orienter plus largement vers la rénovation des bâtiments, avec une approche plus holistique.

Face aux enjeux environnementaux, économiques, socioculturels liés au change-ment climatique, et pour lever les freins rencontrés aujourd'hui dans la mise en œuvre de la rénovation des bâtiments, des solutions existent : elles nous ont été présentées par les intervenants de la semaine internationale du MS @ IBD, tous engagés dans des actions ayant pour objectif la neutralité carbone du parc immobilier.

1. Enjeux d'un développement durable de la rénovation

1.1. Enjeux environnementaux

Depuis les COP (CONférences des Parties) à l'échelle mondiale jusqu'à la Stratégie nationale bas-carbone (SNBC) française¹ en passant par les directives européennes établies par l'Union européenne (UE), l'action pour lutter contre le changement climatique est fortement cadrée.

1 • « Suivi de la Stratégie nationale bas-carbone », [ecologie.gouv.fr](https://www.ecologie.gouv.fr), 19 décembre 2018. <https://www.ecologie.gouv.fr/sui-vi-strategie-nationale-bas-carbone>

1.1.1. Le cadre international et européen

L'analyse des décisions prises lors des COP successives montre l'évolution des consciences sur les enjeux climatiques. En particulier celle de Rio en 1992 institue trois principes fondamentaux : le principe de précaution, le principe de responsabilité commune mais différenciée et le principe du droit au développement économique. Ces COP encouragent les décisions pour des réglementations énergétiques ambitieuses, des engagements financiers ou des politiques sociales, notamment sur l'importance d'un habitat digne. Tout d'abord, la consommation d'énergie des bâtiments est une préoccupation majeure. Environ 40 % de la consommation d'énergie mondiale et près de 30 % des émissions de gaz à effet de serre sont imputables aux bâtiments. À l'échelle de l'UE, la prise en compte du sujet du bâtiment durable (dont le secteur représente en 2021 environ 16 % des émissions de GES) est coordonnée et stimulée par l'UE notamment dans des engagements écrits : neutralité carbone à l'horizon 2050, réduction des émissions d'au moins 55 % d'ici à 2030, objectifs climatiques dans le droit de l'UE. L'action de l'UE participe également à l'impulsion mondiale sur le bâtiment durable.

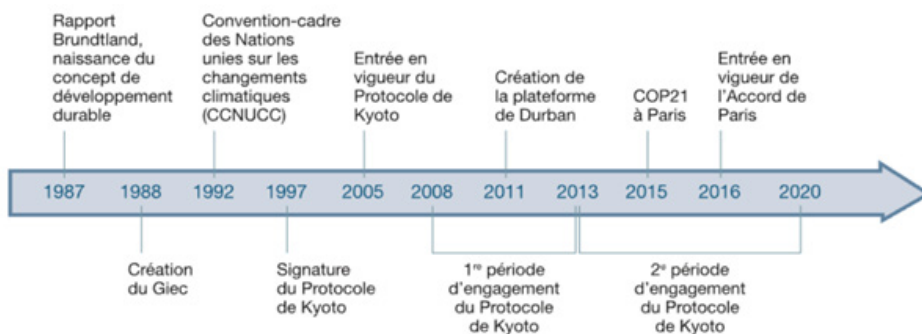


Figure 1. Négociations internationales © CCNUCC, Bruno Fulda, avril 2024. www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/edition-numerique/chiffres-cles-du-climat/16-negociations-internationales

1.1.2. Le cadre national

Au niveau national, l'action de la France est double : d'une part, une action législative et réglementaire multisectorielle via la SNBC, et d'autre part l'implication de l'État comme acteur économique.

Julien Hans explique que la SNBC prévoit de diminuer d'un facteur 10 en 30 ans les émissions de gaz à effet de serre (GES)², tant sur la partie exploitation que sur la partie construction du bâtiment. La taille de l'enjeu va nécessiter de bouleverser nos modes de travail !

² Julien Hans, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 09 avril 2024.

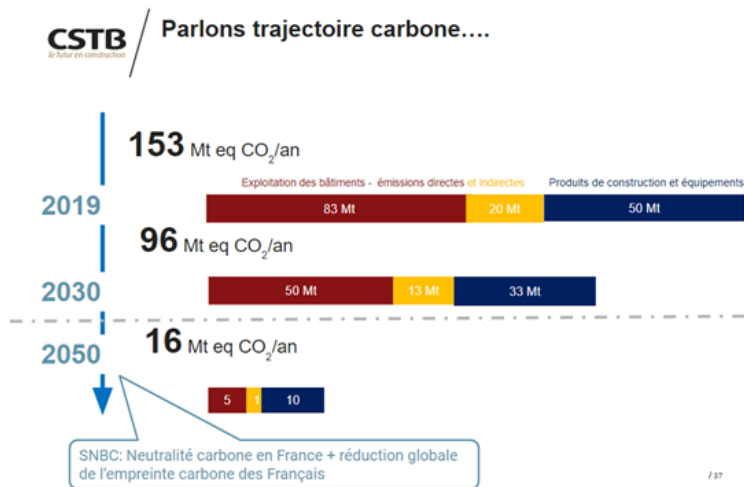


Figure 2. La trajectoire de décarbonation du secteur français du bâtiment © Julian Hans, présentation à la Conférence internationale MS@IBD en avril 2024.

Une analyse particulière de l'immobilier de l'État illustre bien les enjeux que constitue l'application des engagements avec l'aggravation de la dette grise. Celle-ci est due au retard dans la prise en compte des mesures environnementales, mesures qui s'imposent désormais. Cette prise en compte est devenue une obligation à double titre pour l'État comme propriétaire foncier (il s'agit de montrer l'exemple !) et également comme acteur économique pour décarboner ce secteur.

Le parc immobilier ancien, souvent mal isolé et équipé de systèmes énergétiquement inefficaces, est responsable d'une part majeure de cette consommation. La rénovation énergétique vise à réduire cette consommation en améliorant l'isolation, en modernisant les systèmes de chauffage et de climatisation, et en intégrant des sources d'énergie renouvelable. Cette action permet ainsi de faire « mieux avec moins », devise chère à l'architecte Philippe Madec.

1.1.3. Un enjeu de préservation et de résilience

En parallèle, la rénovation des bâtiments offre l'opportunité de préserver les ressources naturelles. La définition du jour de dépassement de la Terre permet d'illustrer cette surconsommation et la nécessité de travailler sur l'existant à la fois dans les ressources et matériaux disponibles (telles que la réutilisation des matériaux disponibles lors de

déconstructions méthodiques présentées par Landager³ ou le modèle dit « régénératif »⁴, mettant ainsi en application la formule *Everything has value* ». L'idée de la réutilisation de l'existant peut aussi résonner comme la réutilisation de l'emprise des bâtiments existants sans s'étendre sur le milieu naturel, « l'Homme [étant] un acteur de la discontinuité » des milieux naturels⁵, au travers notamment des bâtiments. L'aménagement et les actions de rénovation doivent être réfléchis vis-à-vis des continuités à rétablir et des mesures d'atténuation des discontinuités maintenues.

De plus, la rénovation des bâtiments offre l'opportunité de rétablir et de promouvoir la biodiversité en milieu urbain. En intégrant des éléments tels que des toits verts, des murs végétalisés et des espaces verts dans la conception des bâtiments rénovés, on peut créer des habitats pour la faune et la flore locales, tout en améliorant la qualité de vie des habitants.

Enfin, les rénovations peuvent contribuer à l'adaptation aux changements climatiques. En renforçant la résilience des bâtiments face aux événements climatiques extrêmes tels que les vagues de chaleur, les inondations et les tempêtes, on peut réduire les dommages et les coûts associés à ces événements. Cette stratégie de l'adaptation complémentaire à celle de l'atténuation consiste donc comme le précise Bruno Fulda⁶ : à « penser en climat futur et ressources futures » y compris dans les actions de rénovation. Au delà de réduire l'empreinte écologique de la filière du bâtiment notamment du parc existant au travers des actions (travaux et aménagements) de rénovation, il s'agit ainsi d'inscrire ces actions dans une vision adaptée au futur. Ainsi, la conception des espaces publics des grandes métropoles doit être questionnée comme des espaces de « ville vivable » (Loïs Moulas⁷) bien plus que de « ville supportable ».

1.2. Enjeux humains et sociaux

La rénovation énergétique des bâtiments existants est un enjeu crucial qui va bien au-delà des seules considérations environnementales. Elle soulève également de nombreux enjeux sociaux, économiques et techniques qu'il est nécessaire de prendre en compte. Comme souligné lors de la table ronde, une véritable « conversion culturelle »⁸ est nécessaire pour que la rénovation devienne un réflexe plutôt que de systématiquement privilégier la construction neuve. Elle a également un impact significatif

3 • Fabrice Bonnifet, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 09 avril 2024.

4 • Anders Kiertzner, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 09 avril 2024.

5 • Franck Boutté, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 09 avril 2024.

6 • Bruno Fulda, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 09 avril 2024.

7 • Loïs Moulas, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 12 avril 2024.

8 • Henry Buzy-Cazaux, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 8 avril 2024.

sur les enjeux sociaux tels que la précarité énergétique, le confort et la santé des occupants.

1.2.1-Précarité énergétique

L'un des enjeux majeurs de la rénovation des bâtiments est la lutte contre la précarité énergétique. Près de 12 millions de Français se trouvent en situation de précarité énergétique, c'est-à-dire qu'ils consacrent plus de 8 % de leurs revenus – une part importante – aux dépenses d'énergie du logement. Le nombre de personnes concernées augmente d'année en année en raison du changement climatique et des hausses du prix de l'énergie, hausses considérables ces dernières années : « Une hausse de 15 % des factures d'électricité et de gaz en 2022, et une augmentation des interventions pour coupures ou baisse de puissance »⁹.

Cette situation est principalement due à la mauvaise performance énergétique des logements anciens, qui représentent une grande partie du parc immobilier français. La rénovation énergétique permettrait de réduire significativement les factures d'énergie et d'améliorer le pouvoir d'achat des ménages modestes.

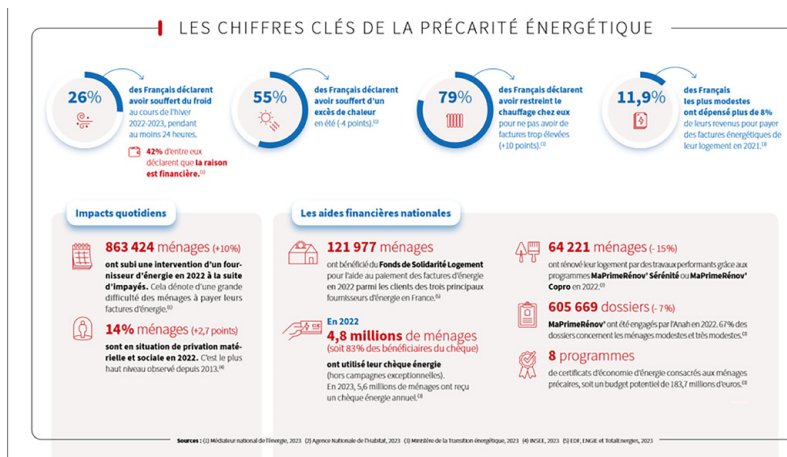


Figure 3. Les chiffres clés de la précarité énergétique © Tableau de bord de la précarité énergétique 2023, Médiateur national de la précarité énergétique, novembre 2023.

⁹ « Les ressources et chiffres clés de la précarité énergétique », Observatoire national de la précarité énergétique. <https://onpe.org/>

Cependant, ces ménages n'ont souvent pas les moyens de financer ces travaux coûteux. Des aides publiques existent mais restent insuffisantes selon l'ONPE et surtout difficiles à mobiliser pour les particuliers ou les copropriétés privées.

1.2.2. Confort et santé

Un autre enjeu humain de la rénovation énergétique est l'amélioration du confort pour les occupants. Les bâtiments mal isolés sont souvent sujets à des problèmes liés au froid en hiver et à la surchauffe en été, ce qui nuit considérablement au bien-être des habitants. En effet, plus de la moitié des Français déclarent avoir souffert d'un excès de chaleur en 2023, et plus du quart déclarent avoir souffert du froid¹⁰. La rénovation doit donc viser à améliorer le confort thermique et la qualité de l'air intérieur, deux facteurs essentiels pour la santé.

Les logements anciens peuvent être sujets à des problèmes d'humidité, de moisissures ou de produits toxiques qui peuvent provoquer ou aggraver les problèmes de santé des occupants et être source de nombreux problèmes sanitaires. En France, le nombre de personnes vivant dans un logement indigne est estimé à 1 million¹¹. Entre 400 000 et 420 000 logements du parc privé sont estimés « potentiellement indignes », dont environ la moitié sont des logements occupés par leur propriétaire. Ces logements présentent des risques pour la santé de leurs occupants et pour leur sécurité (intoxication, saturnisme, électrocution, etc).

1.3. Enjeux économiques

En complément des enjeux environnementaux, humains et sociaux, il est indispensable de prendre en compte les enjeux économiques que pose la rénovation des bâtiments. Pour le secteur de la construction et du bâtiment, mais aussi pour celui de l'immobilier, la rénovation du parc est à la fois un défi mais aussi une source d'opportunités à développer.

1.3.1 Dynamiser le secteur de la rénovation et développer la filière

- Le marché de la rénovation : gisement d'opportunités et relais de croissance

La FFB (Fédération française du bâtiment) estime que le chiffre d'affaires de la rénovation représente environ 14 % du volume global d'activité du bâtiment. En volume, il s'agit d'un marché qui est en progression (environ 2 % en 2022), contrairement à celui de la

¹⁰ • « Dossier : La précarité énergétique », Médiateur national de la précarité énergétique, 2023. <https://www.energie-mediateur.fr/le-mediateur/dossiers/la-precarite-energetique/>

¹¹ • Ludovic Clerima, « Immobilier : comment fonctionne le permis de louer », *Le Monde*, 26 avril 2024. https://www.lemonde.fr/argent/article/2024/04/26/immobilier-comment-fonctionne-le-permis-de-louer_6230050_1657007.html

construction neuve qui ralentit sur la même période¹². Au niveau européen, la Fiec (Fédération des industries européennes de la construction) indique que la rénovation des bâtiments représente un tiers des investissements totaux du secteur. Ces investissements ont augmenté de 5,7 % en 2021 et de 1,1 % en 2022.

Le marché de la rénovation énergétique des logements représente en France actuellement environ 20 milliards d'euros, en faible progression sur les 3 dernières années¹³. Il faut souligner que ce montant actuel correspond à seulement 20 % des travaux nécessaires chaque année pour atteindre les objectifs de décarbonation que s'est fixée la France pour ce secteur (cf infra § 2.3.2).

En cette période de crise sur le marché de la construction neuve, le secteur de la rénovation constitue donc un gisement d'opportunités pour le secteur du bâtiment français et européen, et un relais de croissance important pour la filière face à la baisse du marché de la construction.

- La filière du bâtiment

Le secteur du bâtiment est essentiellement constitué de petites entreprises, avec en France près de 95 % des entreprises du bâtiment qui ont entre 0 et 10 salariés et réalisent un peu plus d'un tiers du chiffre d'affaires global¹⁴. En Italie, Thomas Miorin¹⁵ fait le même constat : le secteur est morcelé, avec de plus de 500 000 entreprises qui emploient moins de 3 personnes en moyenne chacune. De plus, en Italie, la main d'œuvre des entreprises du secteur est vieillissante : 20 % du personnel a entre 55 et 64 ans actuellement, 30 % en 2030.

La rénovation est la principale activité de ces PME : selon la CAPEB (Confédération de l'artisanat et des petites entreprises du bâtiment), les activités d'amélioration et de rénovation du logement représentent en France 56 % de l'activité globale des entreprises de moins de 20 salariés. Dominique Naert¹⁶ précise que 95 % des rénovations énergétiques en France sont réalisées par des entreprises artisanales, directement ou en sous-traitance, avec plusieurs intervenants se succédant au cours du chantier de rénovation.

Mobiliser, dynamiser et coordonner ce tissu de petites entreprises autour de la rénovation est donc un enjeu fort pour parvenir à développer les travaux de rénovation globale du bâtiment.

- La filière industrielle

12 • « Le bâtiment en chiffres », FFB, juin 2023, <https://www.ffbatiment.fr/le-batiment-en-chiffres>

13 • Club de l'amélioration de l'habitat (d'après le Compte satellite du logement, 2021).

14 • « Le bâtiment en chiffres », *op.cit.*

15 • Thomas Miorin, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 08 avril 2024.

16 • Dominique Naert, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 08 avril 2024.

En 2020, dans le plan détaillant la Stratégie nationale bas-carbone de la France pour le bâtiment, le ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires avait identifié un point de vigilance concernant « le développement de filières françaises compétitives sur l'économie bas-carbone »¹⁷.

En 2023, la Commission d'enquête du Sénat sur la rénovation énergétique alerte à son tour sur ce sujet dans son rapport¹⁸ : « il est essentiel pour notre pays que les dépenses considérables en matériaux ou en équipements ne se traduisent pas par des importations mais contribuent à créer une véritable filière industrielle ». L'exemple des pompes à chaleur est particulièrement parlant à ce sujet : 2 pompes à chaleur sur 3 installées en France sont en effet importées, avec un quasi-monopole chinois sur les compresseurs.

Développer une filière industrielle française forte est un enjeu double : pour assurer la rénovation des bâtiments dans un souci d'indépendance économique de la France et pour limiter le coût carbone associé au transport des matériaux et équipements nécessaires.

1.3.2 Préserver la valeur du patrimoine bâti

La rénovation du parc immobilier pose également des enjeux patrimoniaux importants pour les propriétaires ou leur gestionnaire de patrimoine, sur le marché de l'immobilier tertiaire comme sur celui du logement.

- Sur le marché de l'immobilier tertiaire

Sur le marché de l'immobilier tertiaire, Leslie Villatte¹⁹ nous indique que « les immeubles bénéficiant de stratégies durables établies sauront préserver leur valorisation et leur rentabilité ».

En termes d'investissement d'abord, les immeubles certifiés offrant des performances environnementales élevées démontrent une valeur de marché plus élevée en comparaison d'actifs non certifiés, ainsi qu'une stratégie locative forte avec des surfaces qui sont louées souvent avant même la livraison.

Lorsqu'ils effectuent des expertises immobilières, les experts tiennent désormais compte des critères de performance extra-financière dans l'analyse des actifs immobiliers. Ces critères ESG (Environnementaux, Sociaux et de bonne Gouvernance) couvrent notamment la consommation énergétique, les émissions de GES et

17 • « Stratégie nationale bas carbone. La transition écologique et solidaire vers la neutralité carbone », Ministère de la Transition écologique et solidaire, mars 2020, p. 71 <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/SNBC-2%20synthe%C3%80se%20VF.pdf>

18 • Rapport de la commission d'enquête du Sénat sur l'efficacité des politiques publiques en matière de rénovation énergétique, juin 2023.

19 • Leslie Villatte, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 08 avril 2024.

la conformité au décret tertiaire. Ils permettent de déterminer la valeur verte différenciant un immeuble « vertueux » et un immeuble qui ne l'est pas, une « passoire thermique » par exemple.

Sur le marché locatif, les immeubles performants sur le plan environnemental se caractérisent par une prime locative, qui est de 6 % pour les immeubles certifiés. De plus, ces immeubles bénéficient d'une commercialisation plus rapide et donc d'une réduction du risque de vacance.

- Sur le marché du logement

Sur le marché du logement, Henry Buzy-Cazaux indique qu'avant même la loi Climat et Résilience, l'observatoire des notaires avait identifié une perte de valeur significative pour les actifs mal classés sur les marchés non tendus. Depuis la loi Climat et Résilience de 2021, la tendance s'accroît et la valeur des biens est liée à leur performance énergétique. SeLoger estime en effet que la décote qui s'applique au prix de vente des passoires thermiques est de -14 % pour un bien classé G par rapport à un bien comparable noté D²⁰. De plus, la marge de négociation varie également en fonction de la note énergétique : alors qu'elle n'est que de -3 % en moyenne pour un bien classé A, elle atteint près de -6 % en moyenne pour un bien classé G.

Sur le marché de la location, l'augmentation des loyers pour les logements F et G étant interdite par la loi, le loyer des « passoires thermiques » devrait mécaniquement diminuer en valeur relative par rapport à celui des biens performants.

On comprend donc que la valeur des immeubles est directement liée à leurs performances environnementales. L'enjeu pour les propriétaires est par conséquent de maintenir/améliorer la performance environnementale de leurs biens via la rénovation, afin de maintenir/améliorer leurs valeurs locative et patrimoniale.

En synthèse, la rénovation des bâtiments répond à des défis environnementaux qui ne se limitent pas à la réduction de la consommation d'énergie mais vont de la baisse des émissions de gaz à effet de serre à la préservation de la biodiversité urbaine. Adopter des approches durables et intégrées est donc essentiel pour maximiser les bénéfices environnementaux des projets de rénovation, et pour assurer la résilience des bâtiments face au changement climatique.

La rénovation répond également à un enjeu social majeur « d'iniquité climatique » soulevé par Franck Boutté²¹. Elle doit permettre d'atténuer la vulnérabilité des « assignés à résidence climatique involontaire »²² en luttant contre la précarité énergé-

20 • Véronique Chocron, « Immobilier : le marché des passoires thermiques en recul », *Le Monde*, 27 mars 2024, https://www.lemonde.fr/economie/article/2024/03/27/immobilier-le-marche-des-passoires-thermiques-en-recul_6224448_3234.html

21 • Franck Boutté, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 9 avril 2024.

22 • *Ibid.*

tique, en améliorant le confort et la santé des occupants, et en préservant leur pouvoir d'achat.

Sur le plan économique, la rénovation peut offrir un gisement d'opportunités pour le secteur du bâtiment français et européen, et un relais de croissance pour la filière construction. Pour cela, il faudra parvenir à mobiliser, dynamiser et coordonner le tissu d'entreprises artisanales qui œuvrent sur ce marché. Côté industriel, l'enjeu est de développer une filière française forte pour assurer la rénovation des bâtiments dans un souci d'indépendance économique de la France et pour limiter le coût carbone associé au transport des matériaux et équipements.

Pour les propriétaires d'immeubles, la rénovation répond à plusieurs questions clés : maintien et/ou amélioration de la performance environnementale des immeubles et des valeurs locative et patrimoniale qui en découlent, ainsi que résilience face aux effets et événements extrêmes dus au changement climatique.

2. Freins et limites de la mise en œuvre de la rénovation

La réhabilitation énergétique des édifices existants constitue un instrument décisif pour l'atteinte des objectifs de développement durable, l'optimisation du confort résidentiel et la dynamisation de l'économie locale. Néanmoins, les projets de rénovation sont, dans nombre de cas, entravés par une série d'obstacles d'ordre réglementaire, financier et technique qui en freinent l'exécution. Ces contraintes sont aggravées par une gestion politique et législative erratique, une complexité inhérente aux dispositifs d'aide et une structuration déficiente du secteur économique concerné.

2.1 Freins réglementaires

La France, à travers la Loi énergie et climat de 2019 et la Loi climat et résilience de 2021, a renforcé son cadre législatif pour accélérer la transition énergétique des bâtiments. La réglementation environnementale 2020 (RE 2020) vise spécifiquement les constructions neuves, imposant des normes strictes en matière d'émissions de CO₂ et de performance énergétique. Cependant, la rénovation des bâtiments existants, régie principalement par des dispositifs incitatifs comme MaPrimeRénov', se heurte à des défis réglementaires significatifs.

2.1.1 Inconstance et manque de lisibilité des politiques publiques

« La complexité principale est l'évolutivité de la réglementation » disait Leslie Villatte²³ lors de son intervention. Pour l'ensemble des intervenants, il règne une certaine instabilité au niveau du législateur, ce qui amène un manque de cohérence dans les réglementations qui affectent la rénovation.

Par exemple, les exigences élevées imposées par la RE 2020 ne s'appliquent pas aux bâtiments existants, créant un déséquilibre dans les exigences entre le neuf et l'ancien. Ce manque de cohérence décourage les investissements dans la rénovation des bâtiments plus anciens.

L'instabilité des règles applicables crée un manque de visibilité à long terme pour les acteurs du secteur. Une stabilité est pourtant indispensable compte tenu du temps long des projets immobiliers. « On ne fait que des bidouillages et on baisse la barre parce qu'on voit que les professionnels ne sont pas prêts » (Henry Buzy-Cazaux)²⁴. Dernièrement, la nouvelle réforme du DPE (en février 2024), consistait à modifier la méthode de calcul pour que les petites surfaces soient moins pénalisées. Le ministre de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, Christophe Béchu, déclare qu'avec la réforme « nous sortons 140 000 logements de moins de 40 m² de la catégorie des passoires énergétiques », soit 15 % des plus de 910 000 logements classés F et G en France.

2.1.2 Un millefeuille de dispositifs existants

« L'ennemi de ce défi (rénovation des bâtiments) c'est la complexité », pour Henry Buzy-Cazaux.

La complexité des démarches administratives pour obtenir les autorisations de travaux et les aides financières est souvent pointée du doigt. Les propriétaires doivent naviguer entre différents dispositifs d'aides, tels que MaPrimeRénov', les Certificats d'Économies d'Énergie (CEE), et les subventions locales, ce qui peut s'avérer décourageant et chronophage. De plus, les critères d'éligibilité et les montants des aides varient en fonction des revenus, de la localisation et du type de travaux, ce qui peut créer de l'incertitude quant au reste à charge pour les ménages.

En 2020, 2,1 millions de logements en France métropolitaine ont bénéficié d'une des quatre principales aides financières à la rénovation.

²³ • Leslie Villatte, *op.cit.*

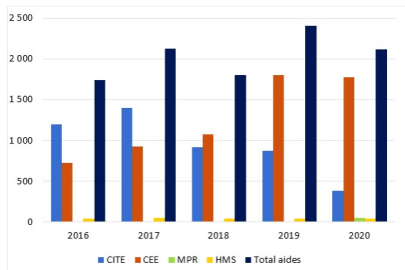
²⁴ • Henry Buzy-Cazaux, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 08 avril 2024.

Nombre de logements aidés et économies d'énergie associées

Tous types de travaux

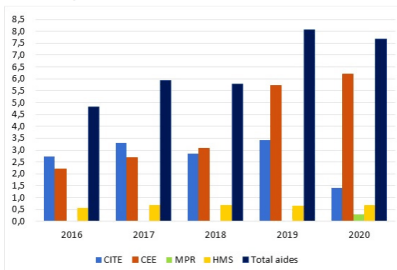
Nombre de logements aidés

En milliers



Économies d'énergie conventionnelles

En TWh/an



Champ : France métropolitaine.

Source : fichiers d'aides à la rénovation (DGFIP, Anah, DGEC), calculs SDES

Figure 4. Les aides à la rénovation énergétique © « Les aides à la rénovation énergétique : combien de logements ? Quels gestes ? », Commissariat général au développement durable, 14 avril 2023. <https://www.notre-environnement.gouv.fr/actualites/breves/article/les-aides-a-la-renovation-energetique-combien-de-logements-quels-gestes>

2.1.3. Résistance au changement et changement de destination

Les professionnels du bâtiment et les propriétaires sont souvent réticents à adopter de nouvelles pratiques en raison de la résistance au changement. Comme l'indique Julien Hans, « Pour certains, la RE 2020 est trop rapide alors que tous les bâtiments qu'on construit aujourd'hui sont faits pour être démontés à la dynamite ».

De plus, l'évolution constante des normes et la complexité des exigences réglementaires rendent les acteurs du secteur hésitants à modifier leurs méthodes de travail. Les multiples changements de la réglementation et des dispositifs d'aides peuvent également créer de l'incertitude, ce qui ralentit la prise de décision et la réalisation des travaux.

Par ailleurs, le changement d'usage des bâtiments, comme la reconversion d'immeubles de bureaux en logements, se heurte souvent à des difficultés administratives liées à la réglementation (notamment la réglementation incendie). Cela constitue un frein supplémentaire à l'évolution des pratiques dans le secteur.

2.2 Freins financiers et fiscaux

2.2.1 Les principaux freins liés au modèle économique

- L'absence de modèle économique pour la rénovation

Il existe également un certain nombre de freins à la transformation de l'immobilier vers la transition énergétique. En France, il semblerait que les pouvoirs publics ne soient pas parvenus notamment à répartir entre les parties prenantes (bailleurs et locataires) la charge des dépenses correspondant aux travaux à réaliser pour rénover un logement au regard des réglementations en vigueur en la matière.

- Un coût des rénovations élevé

Le coût d'investissement des rénovations énergétiques représente un frein majeur, notamment pour les copropriétés et les propriétaires individuels. Comme l'indique Pierre-Henri Grenier²⁵, les investissements nécessaires sont considérables et souvent hors de portée pour les petits acteurs sans soutien financier externe.

Il y a en outre une différence fondamentale dans l'investissement selon la valeur immobilière qui est très disparate sur le territoire. Par exemple, il semble plus rentable d'effectuer des travaux à 1 000 ou 2 000 € du m² à Paris, où le prix de l'immobilier est de 10 000 € du m², qu'à Saint Etienne où le prix de l'immobilier ne dépasse pas 1 200 € du m².

La complexité pour l'obtention des aides et la lourdeur administrative associée découragent également de nombreux propriétaires.

- Des besoins de financement encore mal évalués et insuffisants

Les solutions de financement actuelles ne répondent pas toujours aux besoins spécifiques des projets de rénovation énergétique. Les banques sont souvent réticentes à prêter pour des rénovations en copropriété en raison de la difficulté à évaluer le risque et à garantir le remboursement des prêts. De plus, les dispositifs de financement collectif adaptés sont rares et complexes à mettre en œuvre.

- Manque de données budgétaires spécifiques

En France, la Cour des comptes indique dans son rapport de 2024²⁶ que le coût de l'adaptation des logements au changement climatique n'est aujourd'hui pas évaluable,

²⁵ • Pierre-Henri Grenier, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 10 avril 2024.

²⁶ • Cour des Comptes, *Rapport public annuel 2024 – L'adaptation des logements au changement climatique*.

car elle ne dispose pas d'étude prospective sur le coût global d'adaptation des logements, ni sur la répartition des charges afférentes entre l'état, les collectivités locales, les entreprises et les ménages. Le premier enjeu est donc de mieux évaluer les besoins budgétaires nécessaires à la mise en place d'une politique spécifique de rénovation globale pour adapter les bâtiments au changement climatique.

Cependant, l'ADEME estime qu'environ 40 milliards d'euros devront être consacrés chaque année à la seule rénovation énergétique des bâtiments en France²⁷.

Pierre-Henri Grenier²⁸ nous indique que selon les estimations de Jean Pisani et Selma Mahfouz dans leur rapport remis en mai 2023 à la Première ministre²⁹, la réduction des émissions de GES des bâtiments en France nécessiterait un investissement supplémentaire de 48 milliards d'euros par an à l'horizon 2030. Ce montant considérable doit être rapproché de celui de l'épargne disponible en France, qui s'élève à environ 600 milliards d'euros.

En Italie, Thomas Miorin³⁰ estime que les investissements nécessaires à la rénovation globale des bâtiments sont estimés entre 170 et 320 milliards d'euros, en fonction des différentes méthodes de calcul.

Bien que difficiles actuellement à évaluer avec précision, les besoins de financement sont donc considérables et les montants alloués chaque année à la rénovation doivent être fortement augmentés (doublés en France pour la seule rénovation énergétique).

- Les financements publics

Les moyens financiers consacrés par l'État français à la rénovation énergétique ont été d'environ 7 milliards d'euros en 2022 pour le logement et de 8,6 milliards au total pour l'ensemble des bâtiments³¹.

À titre de comparaison, en Allemagne le fonds fédéral pour le climat et la transformation qui contribue largement au financement de la rénovation énergétique des bâtiments, est doté de 177,5 milliards d'euros sur la période 2023-2026, soit près de 45 milliards d'euros par an³².

Concernant le type de travaux financés par ces aides publiques : la Cour des comptes indique dans son dernier rapport³³ qu'elles sont principalement octroyées

27 • Mission d'information de l'Assemblée Nationale sur la rénovation énergétique des bâtiments, octobre 2023.

28 • Pierre-Henri Grenier, *op.cit*.

29 • Rapport à la Première ministre de Jean Pisani-Ferry et Selma Mahfouz : « Les incidences économiques de l'action pour le climat », mai 2023, Inspection Générale des Finances, p. 74.

30 • Thomas Miorin, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 08 avril 2024.

31 • Mission d'information de l'Assemblée nationale sur la rénovation énergétique des bâtiments, octobre 2023.

32 • Club de l'Amélioration de l'Habitat. D'après le Compte satellite du logement, 2021.

33 • Cour des Comptes, *Rapport public annuel 2024 - L'adaptation des logements au changement climatique*.

pour des travaux « mono-geste » de chauffage qui ne contribuent donc que partiellement à l'adaptation du parc au changement climatique. 3 % seulement des surfaces rénovées grâce aux aides publiques étaient concernées par une rénovation globale permettant de traiter l'ensemble de l'habitat, y compris la ventilation, l'isolation des logements, les systèmes de protection face aux pics de chaleur.

Concernant le financement public de la rénovation des bâtiments, l'enjeu pour la France est donc double : il est nécessaire à la fois d'augmenter le montant des aides allouées et de les orienter vers des travaux de rénovation globale permettant une adaptation des bâtiments au changement climatique.

- Financements par l'emprunt

Les instruments de crédit bancaire destinés au financement des travaux de rénovation énergétique demeurent peu distribués : 82 049 éco-PTZ ont été réalisés en France en 2022. Bien que ce soit le meilleur chiffre depuis sa création en 2009, on reste loin des 400 000 PTZ prévus par le gouvernement³⁴.

Alors qu'avec la hausse des taux l'éco-PTZ a retrouvé tout son intérêt, le financement des projets repose assez largement sur des emprunts ordinaires, non spécifiquement conçus pour financer des travaux de rénovation énergétique. La lourdeur des formalités administratives à accomplir par les banques et les emprunteurs, le manque de rentabilité pour les établissements bancaires et de crédit constituent des freins au déploiement de l'éco-PTZ.

Pierre-Henri Grenier³⁵ souligne également une problématique de solvabilité des propriétaires et copropriétaires qui rend leurs projets de travaux difficiles à financer faute de garantie de remboursement par les banques.

Les freins sont donc multiples. Pour les lever : il s'agit d'abord de rendre plus attractif l'éco-PTZ pour les banques et pour les emprunteurs, mais également de trouver de nouveaux moyens de convertir l'épargne collectée par les banques en instruments de crédits spécifiques au financement de la rénovation des bâtiments. Comme l'indique Éric Groven³⁶ : "les besoins de financement très importants nécessaires à la rénovation du parc immobilier sont une contrainte mais aussi une opportunité de marché pour les banques". Le dernier enjeu sera de trouver un système de garantie pour les propriétaires les plus fragiles sur le plan financier, afin de leur permettre d'accéder également au crédit.

³⁴ • Mission d'information de l'Assemblée nationale sur la rénovation énergétique des bâtiments, octobre 2023.

³⁵ • Pierre-Henri Grenier, *op.cit*.

³⁶ • Éric Groven, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 11 avril 2024.

2.2.2 Les principaux freins liés à la fiscalité

- Fiscalité peu incitative

La fiscalité française actuelle n'offre pas suffisamment d'incitations pour les rénovations énergétiques profondes. Bien que des dispositifs comme MaPrimeRénov' existent, ils sont souvent jugés insuffisants pour couvrir les coûts élevés des travaux nécessaires pour atteindre des standards énergétiques élevés. De plus, la complexité et la variabilité des aides fiscales peuvent confondre les propriétaires et les dissuader d'engager des rénovations.

Par ailleurs, une fiscalité élevée peut être un frein pour attirer les investisseurs vers l'immobilier et pour inciter à valoriser les travaux permettant de rénover un appartement comme l'illustre le schéma ci-dessous en comparant la part des taxes et impositions dans différents pays.

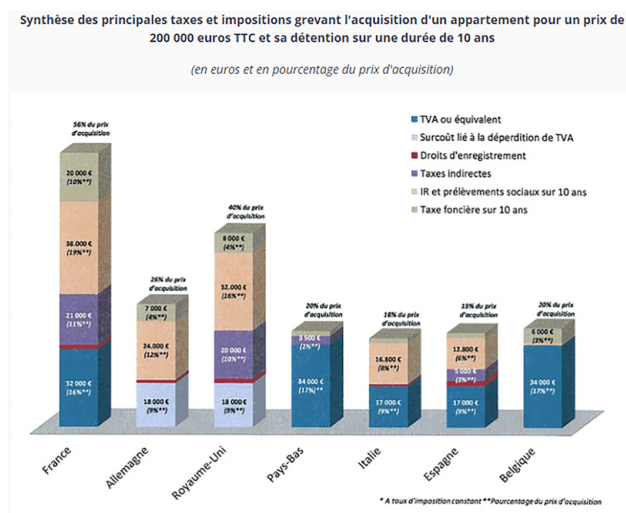


Figure 5. Synthèse sur les taxes et les impositions grevant l'acquisition d'un appartement © Étude du cabinet Fidal pour la fédération des promoteurs immobiliers, sur la fiscalité immobilière en Europe, octobre 2014. Citée par Guillaume Saintry, « Plan Bleu », présentation à la conférence internationale MS@IBD en avril 2024.

2.3. Freins techniques / savoir faire

La rénovation des bâtiments en France est confrontée à plusieurs défis techniques majeurs qui entravent sa progression et sa massification. Ces obstacles sont principa-

lement liés à la structuration de la filière, à la dépendance aux matériaux importés, et à un manque de formation et de savoir-faire.

2.3.1 Manque de structuration de la filière

La filière de la rénovation en France souffre d'un manque de structuration, elle est constituée à 90 % par des artisans, qui se forment par eux mêmes mais dans un monde très diffus qui manque d'organisation. Les artisans sont très peu fédérés et organisés. Ils ont été formés à des processus individuels/silotés, ce qui se traduit par une difficulté à coordonner et à optimiser les interventions sur les chantiers.

Cette situation est exacerbée par une dépendance notable aux matériaux et équipements importés.

2.3.2 Massification des gestes mais pas de rénovations globales

Bien que des aides publiques aient permis d'accélérer la demande pour certains équipements énergétiques, les rénovations réalisées, en majorité, restent partielles. En 2020, 2,1 millions de logements ont bénéficié d'au moins une des principales aides à la rénovation énergétique, mais moins de 10 % de ces interventions constituaient des rénovations globales. Cette approche fragmentée limite globalement l'efficacité des rénovations tant du point de vue énergétique que du point de vue social (réduction de la précarité énergétique).

2.3.3 Manque de savoir faire, baisse de productivité et non qualité

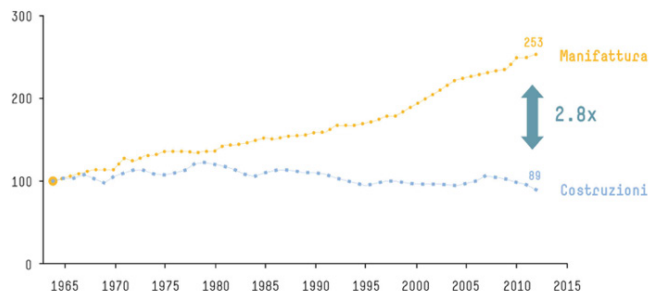


Figure 6. Évolution de la productivité en Italie entre 1965 et 2015 pour les secteurs de l'industrie manufacturière et de la construction © Thomas Miorin, présentation à la conférence internationale MS@IBD en avril 2024.

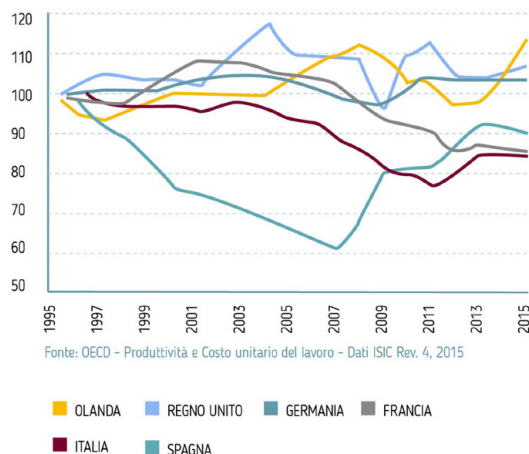


Figure 7. Évolution de la productivité du secteur de la construction dans les pays européens entre 1995 et 2015 © Thomas Miorin, présentation à la conférence internationale MS®IBD en avril 2024.

Le secteur de la construction, et par extension celui de la rénovation, est marqué par un manque de productivité et de savoir-faire. En France, la productivité du secteur de la construction a sensiblement baissé au cours des 20 dernières années. Ce déclin de la productivité révèle un manque de compétences et de méthodes optimisées pour la réalisation de rénovations performantes et globales. La formation initiale et continue des professionnels du bâtiment est insuffisante pour répondre aux besoins spécifiques de la rénovation, ce qui limite la capacité du secteur à réaliser des interventions complexes et interdisciplinaires nécessaires pour une rénovation globale.

Thomas Miorin³⁷ précise qu'en Italie, la productivité du secteur de la construction a baissé de plus de 10 % ces cinquante dernières années, alors que dans le même temps celle de l'industrie manufacturière italienne progressait de 153 %.

En plus d'une perte de productivité, ce manque de savoir-faire génère également des problèmes de non-qualité des travaux, estimée par Julien Hans³⁸ à 20 % du chiffre d'affaires du secteur. Il souligne également une absence de culture de la performance en rénovation : faute d'une mesure *a posteriori*, il est impossible de garantir la qualité des travaux réalisés.

En synthèse, la rénovation énergétique des bâtiments en France est confrontée à des obstacles réglementaires, financiers et techniques significatifs. Sur le plan réglementaire, l'inconstance et le manque de visibilité des politiques, notamment avec des

³⁷ • Thomas Miorin, *op.cit.*

³⁸ • Julien Hans, *op.cit.*

normes strictes imposées spécifiquement aux constructions neuves, découragent les investissements dans les bâtiments existants. D'un point de vue financier, les coûts élevés des rénovations, combinés à une complexité et une lourdeur administrative pour obtenir des aides, rendent les projets de rénovation difficiles à financer pour les petits acteurs sans soutien externe.

Enfin, au niveau technique, le secteur souffre d'un manque de structuration et de savoir-faire, exacerbé par une dépendance aux matériaux importés, ce qui limite la capacité à réaliser des rénovations énergétiques performantes et globales. Sous l'effet combiné de ces différents freins, le résultat souligné par Romain Mège³⁹, est qu'au rythme actuel des rénovations réalisées chaque année en France, il nous faudra 150 ans pour décarboner l'exploitation de notre parc.

Consommation du parc français de bâtiments résidentiels

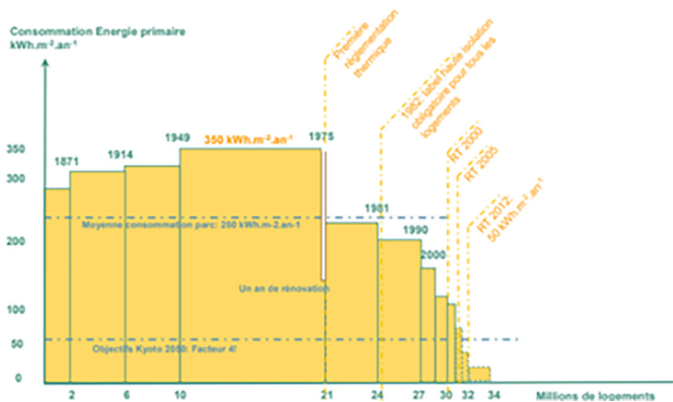


Figure 8. Consommation du parc français de bâtiments résidentiels
© Julien Hans, CSTB.

3. Solutions et perspectives

Pour surmonter les défis entravant la généralisation de la rénovation des bâtiments, les intervenants de la semaine internationale du MS IBD ont partagé des propositions, initiatives et actions mises en œuvre en Europe et ailleurs. La complexité et l'incohérence des politiques - ainsi que des réglementations qui en découlent - ont été identifiées comme des obstacles. Cependant, il faut souligner que des cadres juridiques bien

³⁹ Romain Mège, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 12 avril 2024.

conçus peuvent stimuler les comportements des acteurs économiques. Par exemple, les réglementations ZAN (zéro artificialisation nette) et RE 2020 (Réglementation environnementale 2020) visent à inciter les acteurs immobiliers à évoluer dans leurs pratiques en limitant l'artificialisation des sols et en améliorant l'efficacité énergétique des nouveaux bâtiments. La mise en œuvre de la réglementation ZAN, définie dans le cadre de la loi «Climat et Résilience» adoptée en 2021, vise à réduire la consommation d'espaces naturels et à atteindre un « zéro artificialisation nette des sols », d'ici 2050. En incitant à une gestion plus rationnelle de l'espace, elle pourrait favoriser la rénovation des bâtiments existants, notamment dans le centre déserté des villes petites et moyennes.

La transition de la RT2012 à la RE 2020, plus exigeante sur le plan environnemental, a également été soulignée, mettant l'accent non seulement sur la consommation d'énergie, mais aussi sur les émissions de carbone dans la construction neuve. Pour aller de l'avant, des appels à la réforme ou à l'adaptation d'aides publiques, ainsi qu'à des changements réglementaires, ont été lancés, de même que des suggestions pour des réformes fiscales favorisant la rentabilité de la rénovation immobilière par rapport aux constructions neuves.

Cependant, ces mesures nécessitent également des évolutions dans les modèles économiques, les solutions techniques et les comportements pour être pleinement efficaces.

3.1 Évolutions du modèle économique

Que ce soit à l'échelle des entreprises immobilières, des copropriétés ou des particuliers, l'évolution des modèles économiques est l'une des solutions pour pallier les difficultés rencontrées dans la rénovation du parc immobilier existant.

3.1.1. Les entreprises

Leslie Villatte⁴⁰ met l'accent sur les actions proactives tant dans l'acquisition que dans la gestion pour assurer la durabilité des actifs.

Tout d'abord, le processus d'acquisition débute par un *sourcing* minutieux, visant à sélectionner des actifs certifiés ou susceptibles d'être réorientés pour améliorer leurs caractéristiques environnementales. Cette approche est soutenue par une valorisation préalable de l'opération par un précomité d'investissement, garantissant ainsi une démarche stratégique et éthique. La phase de due diligence qui suit repose sur l'application rigoureuse d'une charte ISR, évaluant les actifs selon des critères environne-

40 • Leslie Villatte, *op.cit.*

mentaux et sociaux. Elle est aussi appuyée par une analyse détaillée de la conformité des plans d'action avec les normes de construction durable.

Une fois les actifs acquis, l'accent est mis sur une gestion responsable, avec des contrats étroitement liés aux locataires. Cela se traduit par un suivi régulier des consommations énergétiques et une prise en compte des conditions d'exploitation liées à la performance énergétique du bâtiment. Un exemple concret de cette approche est la mise en place d'un dispositif d'alerte tel que ÉcoWatt, permettant à l'utilisateur d'être informé et de gérer sa consommation d'électricité. En outre, le plan de gestion repose sur la stratégie climatique, articulée autour du principe d'atténuation, se traduisant par la réduction des consommations d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre, et d'adaptation, visant à renforcer la résilience des actifs face aux aléas climatiques. Parallèlement, des initiatives de préservation de la biodiversité sont mises en œuvre, comprenant la protection des espaces naturels, la végétalisation des surfaces et la gestion durable des espaces verts, afin d'assurer une continuité écologique.

3.1.2. Les copropriétés

À l'échelle des copropriétés, la participation des locataires aux travaux de rénovation énergétique est une solution pour surmonter les obstacles financiers liés au verdissement. Pierre Henri Grenier⁴¹ explique que la solution du tiers financement est la plus viable, car elle peut satisfaire l'ensemble des parties prenantes : les banquiers, le syndicat, les copropriétaires et les pouvoirs publics. Cette solution propose une approche globale englobant les aspects financiers, organisationnels et techniques du projet. Ce système prend en charge l'élaboration du projet jusqu'à sa réalisation, en mettant en place un montage financier adapté et en assurant le suivi de l'ensemble de l'opération, y compris après les travaux. Cependant, pour les copropriétés économiquement fragiles, la question de la capacité de remboursement des copropriétaires reste un obstacle majeur, car aucune banque ne prêtera sans une démonstration claire de cette capacité. Dans ce contexte, l'exploration des Fonds de Garanties étatiques apparaît comme une piste prometteuse pour sécuriser les investissements et favoriser la réalisation de ces projets de rénovation cruciaux.

41 • Pierre-Henri Grenier, *op.cit.*

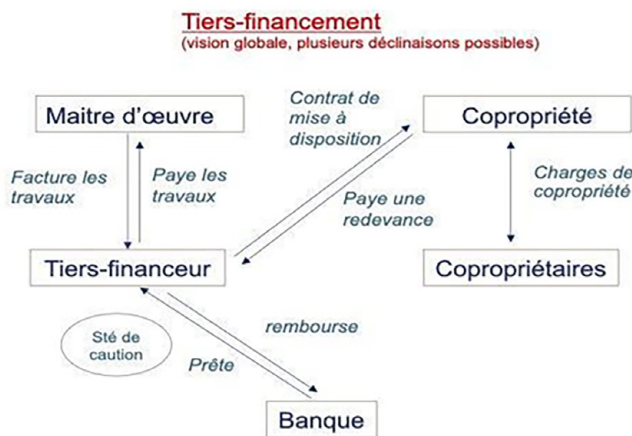


Figure 9. Le financement de la rénovation énergétique des copropriétés © Pierre-Henri Grenier, « Comment massifier le financement de la rénovation », présentation à la conférence internationale MS@IBD du 10 avril 2024.

3.1.3. Les particuliers

L'appel à projets ORENO (Opérateurs ensemble de la rénovation) est une initiative gouvernementale visant à promouvoir des solutions qui fournissent aux ménages un interlocuteur unique, une garantie de performance et une solution de financement limitant le reste à charge pour la réalisation de travaux de rénovation énergétique. Ce dispositif cherche à surmonter les contraintes techniques, organisationnelles et financières en permettant à des acteurs appelés « opérateurs ensemble », de structurer et de proposer des offres globales de rénovation énergétique performante. De plus, ils offrent des solutions de plateformes numériques pour faciliter la notation technique et financière des projets en vue de leur financement.

Ces opérateurs ensemble interviennent à différentes étapes du projet, notamment :

- la définition, la coordination et la réalisation des travaux ;
- une solution de financement de l'ensemble des dépenses de rénovation ;
- une ingénierie financière permettant de sécuriser les dépenses énergétiques pour le ménage ;
- une garantie contractuelle de résultat énergétique sur tout ou partie des usages énergétiques individuels et/ou communs ;

- un accompagnement des ménages dans l'objectif d'atteindre et de pérenniser les économies d'énergies prévisionnelles tout en assurant une amélioration du confort.

En conclusion, nous avons vu comment l'évolution des modèles économiques peut permettre de répondre aux exigences croissantes en matière de durabilité, créant ainsi un secteur de la construction plus efficace et résilient. Cependant, cette évolution économique ne peut être complète sans une application technique rigoureuse. Dans le cas des entreprises du bâtiment, l'utilisation des méthodes de construction hors site, adoptées par certaines entreprises, révolutionne l'industrie en accélérant les délais de construction, réduisant les coûts et minimisant l'impact environnemental.

3.2 Innovations et solutions techniques

Comme souligné par Julien Hanset Romain Mège⁴², nous ne parviendrons pas à diviser par plus de 10 les émissions de gaz à effet de serre du secteur d'ici à 2050 (*cf supra* 1.1.2), sans modifier profondément les pratiques techniques. Alors que la construction neuve sera là uniquement pour servir de « démonstrateur »⁴³, la rénovation doit être massifiée et drastiquement décarbonée pour que le secteur atteigne l'objectif de 10 Mt_{eq} CO₂/an en 2050. La bonne nouvelle est que les solutions techniques existent : elles nous ont été présentées toute la semaine par les intervenants de la semaine internationale.

3.2.1. Développer la connaissance du parc

« Il faut accélérer, et pour cela nous avons besoin d'un plan de bataille » indique Julien Hans, qui précise que 20 % des logements représentent 50 % du potentiel d'économies carbone. Pour monter un plan de bataille qui permette de prioriser à la fois les bâtiments les plus énergivores et ceux qui seront les plus faciles à rénover, il est indispensable de développer la connaissance du parc. C'est l'objectif de la base de données nationale des bâtiments (BDNB) développée par le CSTB (Centre scientifique et technique du bâtiment). Cette base de données en accès libre (*open data*) pour tous les acteurs de l'immobilier et de la construction, contient une carte d'identité de chacun des 20 millions de bâtiments français, résidentiels et tertiaires. Structurée à la « maille » bâtiment, elle a été construite par croisement géospatial d'une vingtaine de bases de données issues d'organismes publics. Elle contient ainsi une variété de données relatives aux caractéristiques des bâtiments, telles que leur localisation géo-

⁴² • Julien Hans, *op.cit.* ; Romain Mège, *op.cit.*

⁴³ • Franck Boutté, *op.cit.*

graphique, leur année de construction, leur usage, leur structure, leurs équipements, leurs performances énergétiques ou leur prix.

Le croisement de ces différentes informations permet de calculer le gisement d'économie de carbone disponible par bâtiment et donc de cibler en priorité les bâtiments ou les zones géographiques où le potentiel est le plus important.

3.2.2. Cibler des typologies de bâtiment homogène pour concevoir des solutions répliquables

La 2^e étape pour construire le plan de bataille est de cibler sur une zone géographique donnée, une typologie homogène de logements. Cette typologie de logements doit à la fois présenter un potentiel important d'économies et être suffisamment répandue pour pouvoir ensuite dupliquer et massifier les solutions techniques de rénovation proposées. Les maisons individuelles de construction similaire peuvent ainsi être réhabilitées grâce à des offres optimisées de rénovation globale. L'objectif est « d'amener l'ingénierie au pied du bâtiment » pour aider les maîtres d'ouvrage et les entreprises en leur apportant la connaissance et des solutions techniques « clés en main ». En France, les projets « Renostandard » et « Restore » développés par le CSTB proposent cette approche sur une douzaine de chantiers pilotes en 2023 et 2024. Le savoir-faire et les solutions développées et fiabilisées avec les entreprises partenaires sur ces chantiers de référence seront ensuite répliquables ailleurs par les groupements de professionnels.

Brian Baewon Koh⁴⁴ nous a présenté le même type d'approche ciblée, appliquée cette fois sur le parc de logements collectifs coréen. En Corée du Sud, la politique de rénovation gouvernementale cible ainsi en priorité 8 typologies de bâtiments très répandues dans le pays et qui représentent à elles seules 90 % des économies potentielles d'énergie, dans ce pays où la construction est beaucoup plus uniforme qu'en Europe occidentale.

3.2.3. La conception au cœur de la rénovation décarbonée

Albane Gaspard⁴⁵ indique qu'une rénovation performante, c'est à la fois une rénovation qui permet de faire baisser significativement les émissions de carbone en phase d'usage du bâtiment, tout en optimisant le poids carbone des travaux réalisés.

L'étude menée par l'IFPEB (Institut français pour la performance du bâtiment) dans le cadre du Hub des prescripteurs montre qu'il est possible de diminuer significativement l'impact carbone des travaux sans surcoût important.

⁴⁴ • Brian Baewon Koh, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 8 avril 2024.

⁴⁵ • Albane Gaspard, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 8 avril 2024.

Guillaume Meunier⁴⁶ explique qu'« on arrive à décarboner de 10 à 70 % les travaux réalisés avec des surcoûts faibles voire inexistant dans certains cas ». Les études de cas réalisées montrent qu'il faut pour cela intégrer l'optimisation carbone dès la phase de conception des travaux de rénovation, en raisonnant pour cela en « temps de retour carbone » (TRC), c'est-à-dire en rapprochant les émissions de carbone générées par les travaux, des émissions carbonées annuelles évitées en phase exploitation. Cela passe d'abord par une réflexion sur le programme et sur son adaptation au bâtiment considéré, car un programme inadapté ne permettra pas, par exemple, d'optimiser l'utilisation des surfaces. Ensuite, le diagnostic ressources réalisé pendant la phase études amont peut permettre grâce au réemploi d'économiser jusqu'à 100 kg de CO₂/m², ce qui est significatif. Guillaume Meunier⁴⁷ préconise également la réalisation systématique d'une ACV (Analyse de cycle de vie) pour optimiser le carbone embarqué dans les matériaux neufs de la rénovation. Même si on peut déplorer qu'aucune méthode commune « ACV rénovation » ne soit encore reconnue par l'État, les différentes méthodes existantes sont bien intégrées par certaines équipes de maîtrise d'œuvre et d'économistes du bâtiment qui développent des outils performants d'analyse et d'aide à la décision. Autre levier important pour décarboner au maximum les travaux réalisés : ne pas négliger les lots techniques, qui représentent jusqu'à 2/3 du bilan carbone d'une rénovation. Sur les lots techniques, l'analyse consistera notamment à mettre en regard du bilan carbone des équipements à la fois leur performance énergétique et leur impact sur le confort des occupants.

La solution logicielle D-Archi développée et présentée par Brian Baewon Koh⁴⁸ permet de faciliter et de faire baisser sensiblement les coûts et la durée de cette phase d'étude des travaux de rénovation, en intégrant de multiples bases de données, par exemple celle des industriels fabriquant les matériaux ou la base de données relatives au bâtiment existant.

3.2.4. Privilégier la fabrication hors site pour accélérer et fiabiliser la mise en œuvre

Pour faciliter la mise en œuvre, la fabrication hors site d'éléments standardisés est une solution mise en avant par plusieurs intervenants. La fabrication en usine permet en effet une meilleure maîtrise des coûts et apporte de nombreux points positifs notamment en termes de sécurité et de qualité. Très peu d'accidents ou de non-qualité sont constatés dans les différentes phases de réalisations, d'assemblages, en usine ou

⁴⁶ • Guillaume Meunier, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 8 avril 2024.

⁴⁷ • Ibid.

⁴⁸ • Brian Baewon Koh, *op.cit.*

sur le terrain. Les points singuliers, interfaces et ponts thermiques, sont aussi mieux maîtrisés.

Marc Daumas⁴⁹ de GA SMART Building indique que dans une logique de massification de rénovation, un bâtiment identifié en « passoire thermique » est entièrement « désossé » en structure poteaux/poutres, pour ensuite incorporer des modules 3D préfabriqués, afin de recevoir une façade active incluant le traitement d'air. Dans le cadre de la densification urbaine, le hors site est aussi très efficace par l'ajout de modules 3D bois en structure légère à haute finition intérieure, posés au niveau du toit sur un délai de travaux et de nuisance d'une semaine pour les riverains.

La façade modulaire IUES (Incremental Unitary Envelope System) développée en Corée par la société Intégra et présentée par Brian Baewon Koh, est un autre exemple de solution intégrée fabriquée hors site. La fabrication en usine permet d'intégrer, dans un seul module, différentes technologies et équipements (isolation, menuiserie, air conditionné, traitement de l'air, panneaux photovoltaïques, ...) et de diminuer considérablement le temps de mise en œuvre (4 jours seulement de travaux pour changer les façades d'un immeuble).

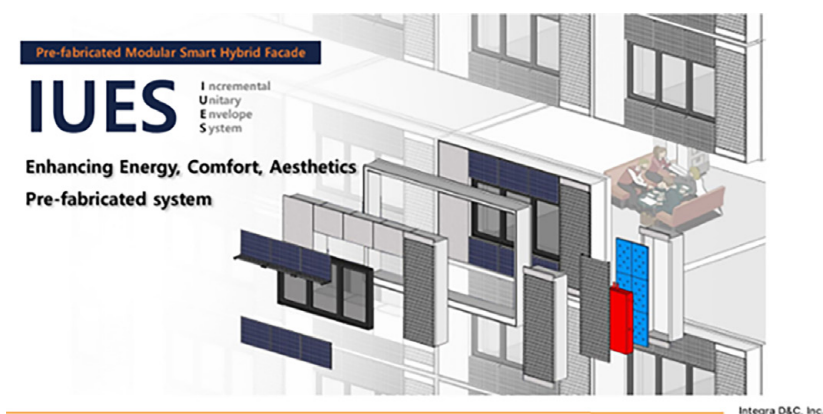


Figure 10. Façade modulaire préfabriquée Smart Hybrid © Brian Baewon Koh, « Integrated innovation for carbon neutral built environment », présentation à la conférence internationale MS@IBD du 08 avril 2024.

Le réseau européen EnergieSprong présenté par Thomas Miorin⁵⁰ s'est justement donné pour objectif de promouvoir des solutions de rénovation bas carbone abordables et de qualité en s'appuyant sur des solutions modulaires. Là aussi, les composants de la rénovation sont fabriqués hors site et l'industrialisation du process doit

⁴⁹ • Marc Daumas, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 11 avril 2024.

⁵⁰ • Thomas Miorin, *op.cit.*

permettre à terme de faire baisser significativement les coûts. Au delà de la fabrication hors-site, il s'agit d'une approche complète qui permet d'intégrer toutes les parties prenantes d'une rénovation : locataires, propriétaires bailleurs, financeurs, industriels, intégrateurs du projet. Les bénéfices mesurés en Italie comme dans les autres pays où la méthode est testée sont multiples : amélioration de l'efficacité énergétique, production d'énergie renouvelable pour les besoins thermiques, meilleure performance sismique, réduction des délais du chantier.

3.2.5. Développer une culture de la performance en rénovation

La mesure de la performance des travaux réalisés ne doit pas être réservée au neuf, souligne Julien Hans⁵¹. La méthode SEREINE développée par le CSTB permet de mesurer à la réception des travaux la qualité des travaux réalisés. Le protocole SEREINE va plus loin que la simple détection d'infiltration, c'est une garantie de performance énergétique. Au cours d'une rénovation, une première mesure est réalisée avant travaux, puis une seconde à la réception. L'habitation instrumentalisée de multicapteurs est alors mise en chauffe pendant 24 heures. Le chauffage est ensuite coupé de façon à mesurer la vitesse de refroidissement du bâtiment, permettant de calculer la performance de l'enveloppe.

Cet outil permet à l'artisan de prouver à son client la qualité des travaux d'isolation et d'étanchéité à l'air réalisés, et ainsi de restaurer la confiance entre les parties. Cette confiance est fondamentale pour inciter les Français et toute la filière à entreprendre une rénovation.

3.3 Changements culturels

3.3.1. Évolution de l'état d'esprit

« La dernière chose, mais en fait la plus importante, est l'état d'esprit. Il y a un état d'esprit très fort que nous devons changer pour faire bouger les choses », expliquait Delphine Laffay⁵².

Si le changement climatique est aujourd'hui acté dans l'esprit de tous, la modification des comportements est nécessaire pour qu'un réel changement et une vraie trajectoire puissent être dessinés.

Cette modification de notre façon de penser n'est évidente pour personne. Il s'agit de déconstruire nos habitudes. Il n'y a qu'à s'adonner à l'expérience très simple d'es-

⁵¹ • Julien Hans, *op.cit*

⁵² • Delphine Laffay, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 11 avril 2024.

sayer de croiser les bras dans l'autre sens que notre sens habituel pour se rendre compte à quel point il est difficile et « contre-nature » de modifier nos habitudes les plus simples.

Et pourtant, relativement au secteur de l'immobilier, c'est bien toute la chaîne d'acteurs, très nombreux, qu'il faut accompagner dans ce changement d'état d'esprit. Les acteurs publics, et plus particulièrement les offices publics de l'habitat ont pris de l'avance et apparaissent aujourd'hui exemplaires. Les acteurs privés, quant à eux, prennent ce sujet à bras le corps afin de conserver la valeur patrimoniale de leurs actifs, comme l'évoque Leslie Villatte⁵³. Cette prise de conscience doit maintenant être réalisée par l'ensemble des acteurs de la chaîne, des concepteurs à l'utilisateur final en y intégrant toutes les entreprises d'exploitation et de maintenance.

3.3.2. Évolution culturelle

Une transformation culturelle est nécessaire pour embrasser pleinement cette démarche de transition énergétique, comme l'indique Henry Buzy-Cazaux⁵⁴ lors d'une table ronde « la France n'a pas encore opéré cette conversion culturelle essentielle », Cette observation souligne un écart significatif entre les nécessités environnementales et la perception publique actuelle.

Albane Gaspard⁵⁵ met en avant la nécessité de forger un nouvel imaginaire collectif autour de la rénovation énergétique. Traditionnellement perçue comme une contrainte, la rénovation doit être recontextualisée comme une opportunité pour un futur désirable et bénéfique pour tous. Cette approche vise à remodeler les perceptions, transformant les contraintes en vecteurs d'épanouissement collectif.

L'architecte Philippe Madec⁵⁶, auteur du manifeste pour une Frugalité heureuse et créative, propose une vision où la rénovation énergétique n'est pas vue comme une limitation, mais comme une chance pour l'épanouissement collectif. Son approche suggère que des pratiques plus respectueuses de l'environnement peuvent coexister avec une amélioration de la qualité de vie, en harmonie avec les principes de durabilité.

L'engagement politique est déterminant dans l'accélération de ce changement culturel. En adoptant des politiques qui soutiennent et promeuvent activement la rénovation, le gouvernement peut jouer un rôle crucial dans la redéfinition des normes culturelles et des attentes en matière de construction et de rénovation durable.

⁵³ • Leslie Villatte, *op.cit.*

⁵⁴ • Henry Buzy-Cazaux, *op.cit.*

⁵⁵ • Albane Gaspard, *op.cit.*

⁵⁶ • Philippe Madec, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 9 avril 2024.

3.3.3. Évolution des usages

Les crises récentes, telles que la pandémie de Covid-19, la situation géopolitique, et l'inflation croissante, ont indéniablement accéléré les changements dans les comportements et les usages, bien qu'elles ne soient pas les causes premières de ces évolutions. Par exemple, la généralisation du télétravail, encouragée par la crise sanitaire, a profondément modifié le rapport au travail, tandis que l'inflation et la hausse des taux d'intérêt ont bouleversé le secteur de la promotion immobilière. Ces phénomènes entraînent une transformation notable des usages du bâtiment.

Dans ce contexte, Albane Gaspard⁵⁷ a mis en lumière l'émergence de contrats de performance énergétique destinés aux particuliers, notamment *via* les « opérateurs ensembliers ». Ces dispositifs visent à sensibiliser les particuliers à leur habitat, à leurs consommations énergétiques et à leurs besoins spécifiques. À une époque où des solutions comme les pompes à chaleur se généralisent, il est crucial que ces systèmes soient installés en toute connaissance de cause, garantissant ainsi une maîtrise complète de la part des usagers.

Par ailleurs, le concept d'hybridation et d'intensification des usages, introduit par Fabrice Bonnifet, repose sur le constat que la majorité des bâtiments sont conçus pour un usage unique, entraînant ainsi 49 % d'espaces non utilisés ou sous occupés. L'objectif est de promouvoir une occupation maximale des bâtiments selon le principe de la « haute qualité d'usage » (HQU). En optimisant l'utilisation des espaces, les bâtiments deviennent plus rentables, réduisant ainsi le besoin de nouvelles constructions.

Ces évolutions dans les usages et les solutions apportées dans le cadre de la rénovation des bâtiments existants témoignent d'une prise de conscience croissante des enjeux environnementaux et économiques. Elles illustrent également la nécessité d'adopter des approches innovantes pour répondre aux défis actuels et futurs, en matière de durabilité et d'efficacité énergétique.

Conclusion

La rénovation des bâtiments s'impose comme une nécessité pour faire face aux enjeux de développement durable et atteindre les objectifs environnementaux, tant pour la baisse des émissions de gaz à effet de serre qu'il faut diviser par 10 d'ici 2050, que pour la préservation des ressources naturelles et de la biodiversité.

Des obstacles réglementaires, financiers et techniques ont été soulignés par les différents intervenants de la semaine. L'inconstance et le manque de visibilité des politiques découragent les investissements dans les bâtiments existants. Les coûts élevés des rénovations, combinés à une complexité et une lourdeur administrative pour obtenir des aides, rendent les projets de rénovation difficiles à financer. Enfin, au

⁵⁷ • Albane Gaspard, *op.cit.*

niveau technique, le secteur souffre d'un manque de structuration et de savoir-faire. Sous l'effet combiné de ces différents freins, le résultat est qu'au rythme actuel des rénovations réalisées chaque année en France, il nous faudra 150 ans pour décarboner l'exploitation du parc.

Un changement profond de paradigme dans la filière du bâtiment est donc nécessaire pour développer des approches globales et intégrées. Ces approches doivent permettre de maximiser les bénéfices environnementaux des projets de rénovation et assurer la résilience des bâtiments face au changement climatique.

Les conférenciers ont partagé des propositions, initiatives et actions mises en œuvre en Europe et ailleurs, pour surmonter les obstacles à la massification de la rénovation. L'accent doit être mis sur le déploiement de technologies pertinentes, l'adoption de nouvelles méthodes de travail et sur l'adaptation des cadres législatifs pour faciliter et accélérer la rénovation à grande échelle.

Pour réussir le changement d'échelle, ces solutions doivent s'accompagner d'une véritable conversion culturelle (création d'un nouvel imaginaire) et du travail coopératif de l'ensemble des acteurs pour rendre enfin la rénovation désirable.

Introduction

Renovating existing buildings is a crucial environmental priority in the fight to slow climate change and protect natural resources. Renovation offers a wealth of opportunities to galvanize progress towards hitting our environmental targets, by improving energy efficiency, reducing greenhouse gas emissions, preserving resources and strengthening the resilience of our buildings in the face of extreme weather events.

Operating at different geographical scales and within different regulatory frameworks, a raft of multi-sector mitigation measures has been adopted to combat climate change linked to greenhouse gas emissions (GHGs). Mitigation measures to limit the consequences of climate change go hand-in-hand with adaptation measures, not least those affecting the way we build. Depending on the region in question, between 70 and 90% of the buildings which will make up our building stock in 2050 – a major milestone for global environmental efforts: the date by which we must achieve zero net carbon – are already standing.

In order to rise to the dual challenge of mitigating our impact and adapting our building stock, one thing to emerge clearly from this year's conference is that national policies – which for years have been focused predominantly on mitigation and improving the energy efficiency of buildings – must now shift towards a broader, more comprehensive understanding of renovation.

As we face up to the environmental, economic and sociocultural challenges posed by climate change, and attempt to overcome the obstacles currently standing in the way of widescale renovation of buildings, the good news is that solutions already exist: we have heard them discussed by our guest speakers throughout this international week, all of whom are directly involved with actions striving to make real estate carbon neutral.

1. The challenges of sustainable development for the renovation sector

1.1. Environmental stakes

From the COP (« Conference of the Parties ») at the global level down to the National Low Carbon Strategy (*Stratégie nationale bas-carbone*) adopted by the French government¹ not forgetting the numerous European Union (EU) directives, actions to tackle climate change are abundantly regulated.

1 • « Suivi de la Stratégie nationale bas-carbone », [ecologie.gouv.fr](https://www.ecologie.gouv.fr/suivi-strategie-nationale-bas-carbone), 19 décembre 2018. <https://www.ecologie.gouv.fr/suivi-strategie-nationale-bas-carbone>

11.1. The international and European frameworks

A chronological overview of the decisions taken at successive COP summits illustrates the growing awareness of climate challenges. The Rio summit of 1992 was of particular significance, establishing three fundamental principles: the precautionary principle, the principle of common but differentiated responsibilities, and the right to economic development. COP summits encourage parties to adopt ambitious energy regulations, financial commitments and social policies, with special emphasis on the importance of decent housing for all.

First things first, the energy consumption of buildings is a major preoccupation. Around 40% of global energy consumption and 30% of greenhouse gas emissions can be attributed to buildings. At the European level, efforts to promote sustainable building (the building sector accounted for around 16% of Europe's GHG emissions in 2021) are coordinated and stimulated by the EU and enshrined in written commitments: carbon neutrality by 2050, slashing emissions by at least 55% by 2030, other climate objectives written into EU law. These EU actions are part of a broader global shift toward sustainable building.

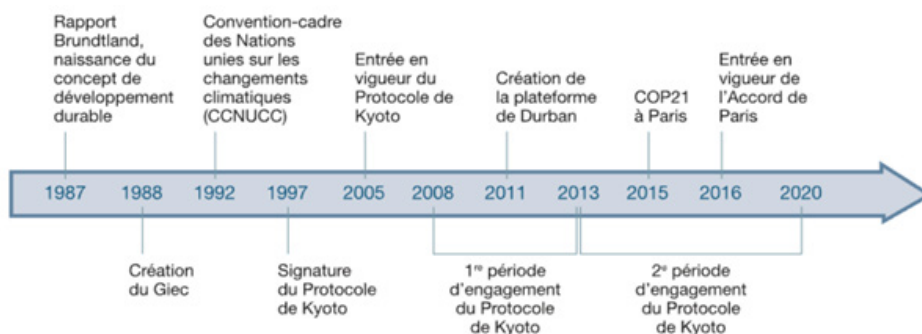


Figure 1. International Negotiations © CCNUCC, Bruno Fulda, avril 2024. www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/edition-numerique/chiffres-cles-du-climat/16-negociations-internationales

11.2. The national framework

At the national level, France is taking action on two fronts: legislative initiatives and multi-sector regulation enshrined in the SNBC, and economic intervention by the state.

As Julien Hans explains, in order to comply with France's international commitments, the SNBC proposes a tenfold reduction of the sector's GHG emissions gases

(gaz à effet de serre) over the next 30 years², from both construction and building management. The scale of the challenge requires nothing short of a revolution in the way we work!

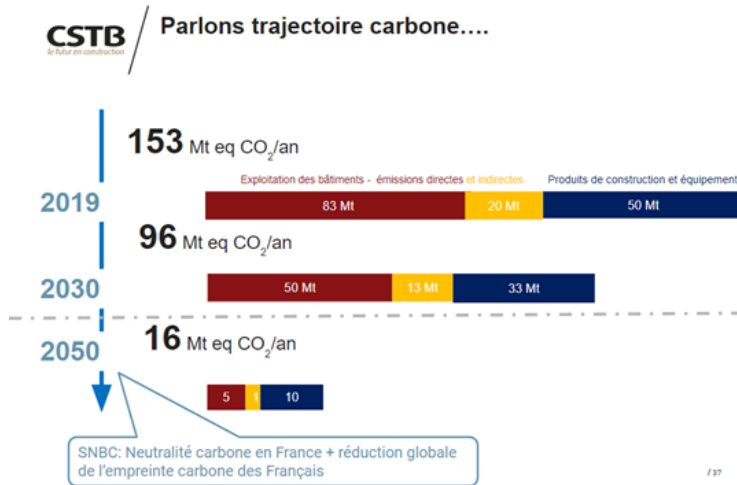


Figure 2. The decarbonization trajectory for the French building sector © Julian Hans, présentation à la conférence internationale MS@IBD en avril 2024.

A government-backed analysis of the current state of real estate in France illustrates just how challenging it will be to put these commitments into practice, increasing the burden of so-called "gray debt." This is the result of delays in implementing environmental measures, measures which are now non-negotiable. The state now faces a dual obligation, as both a major property owner (leading by example!) and an economic actor striving to decarbonize the sector.

Older buildings are often poorly insulated and fitted with inefficient energy systems, making them responsible for a large proportion of energy consumption. The purpose of energy renovation is to reduce this consumption by improving insulation, modernizing heating and cooling systems and making use of renewable energy sources. The goal is to "do better with less," to borrow the motto of architect Philippe Madec.

2 • Julien Hans, presentation at the IBD@MS International Conference, 12 April 2024.

11.3. Resource preservation and resilience

Meanwhile, the renovation of existing buildings also provides an opportunity to protect natural resources. The concept of Earth Overshoot Day neatly illustrates the scale of our over-consumption and the need to work with what we have, in terms of the resources and materials available to us (such as the reuse of available materials by means of methodical deconstruction operations, as proposed by Landager³, or the 'regenerative' model championed by Fabrice Bonnifet⁴), respecting the adage that "everything has value." The idea of reusing existing resources also extends to buildings, limiting our destruction of natural habitats. As Franck Boutté puts it, "mankind is a force for discontinuity" in natural habitats, and much of that impact is due to construction⁵. Planning and renovation work must be carefully considered in order to restore continuities and attenuate persistent discontinuities.

Moreover, the renovation of existing buildings provides an opportunity to restore and promote biodiversity in urban environments. By incorporating features such as green roofs, vertical gardens and green spaces when designing renovations, we can create new habitats for local fauna and flora while also improving quality of life for residents. Last but not least, renovation can contribute to adaptation to climate change. By increasing the resilience of buildings to extreme weather events such as heat waves, floods and storms, we can minimize the damage and costs occasioned by such events. This strategy of adaptation must complement the strategy of mitigation, respecting Bruno Fulda's injunction to "think in terms of the climate of the future, and the resources of the future" when conducting renovations.⁶ Above and beyond the task of reducing the ecological footprint of the building sector, and particularly the need to green existing building stock through better planning and renovation work, we need to ensure that these actions are part of a broader, consistent vision for the future. We thus need to rethink the way we design public spaces in our big cities in order to make them more "livable" (Lois Moulas⁷) rather than simply "bearable."

12. Human and social stakes

Energy renovation of existing buildings is a crucial priority which extends far beyond environmental considerations. It also touches upon any number of social, economic and technological challenges which will need to be taken into account. Something which emerged very clearly from our round-table discussion is that a genuine "cultural

3 • Fabrice Bonnifet, presentation at the IBD@MS International Conference, 9 April 2024.

4 • Anders Kiertzner, presentation at the IBD@MS International Conference, 9 April 2024.

5 • Franck Boutté, presentation at the IBD@MS International Conference, 9 April 2024.

6 • Bruno Fulda, presentation at the IBD@MS International Conference 9 April 2024.

7 • Lois Moulas, presentation at the IBD@MS International Conference, 12 April 2024.

conversion⁸ is needed so that renovation becomes the default choice, rather than systematically creating new buildings. This choice will have a significant impact on social issues such as energy poverty and the comfort and health of occupants.

12.1. Energy poverty

One major benefit of renovating existing buildings is that it contributes to the fight to end energy poverty. Almost 12 million French people are currently living in energy poverty, defined as spending more than 8% of their income – a sizeable proportion – on household energy bills. The number of people in this situation is increasing year-on-year, due to climate change and the considerable rise in energy prices witnessed in recent years: “gas and electricity bills rose by 15% in 2022, and more work has been needed to resolve power cuts and current issues.”⁹

This situation can be primarily attributed to the poor energy performance of old homes, which account for a large proportion of France's building stock. Energy renovation can significantly reduce energy bills, and thus boost the purchasing power of low-income households.

However, these households often do not have the means to cover the cost of expensive improvement works. Public subsidies exist, but the ONPE has described them as insufficient and difficult to access for private homeowners and co-owners.

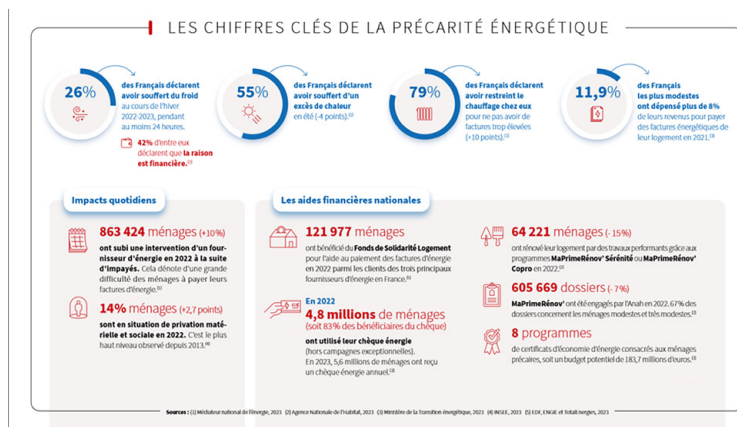


Figure 3. Key figures concerning energy poverty © Tableau de bord de la précarité énergétique 2023, Médiateur national de la précarité énergétique, novembre 2023.

⁸ Henry Buzy-Cazaux, presentation at the IBD*MS International Conference, 8 April 2024.

⁹ « Les ressources et chiffres clés de la précarité énergétique », Observatoire national de la précarité énergétique. <https://onpe.org/>

1.2.2. Comfort and health

Another essential human factor at play in energy renovation is the need to improve the comfort of occupants. Poorly-insulated buildings are often too cold in winter and too hot in summer, with deleterious consequences for the well-being of their inhabitants. In fact, more than half of the French population reported suffering from excessive heat in 2023, and more than a quarter reported being cold in their homes.¹⁰ Renovation must thus seek to improve levels of thermal comfort and indoor air quality, two essential health determinants.

Older homes may also suffer from damp, mold or the presence of toxic products which can cause or aggravate health problems, triggering various issues.¹¹ Between 400,000 and 420,000 private homes are believed to be "potentially unfit for habitation," and half of those homes are occupied by their owners. These homes present various risks to the health and safety of their occupants (intoxication, lead poisoning, electrocution etc.).

1.3. Economic stakes

In addition to the environmental, human and social factors at stake, it is indispensable to take full account of the economic challenges of renovating buildings. For the construction and building sector, but also for the real estate industry more broadly, renovating existing building stock is at once a challenge and a source of opportunities to be nurtured.

1.3.1. Galvanizing the renovation sector and developing the industry

- The renovation market: a potential source of growth opportunities

The FFB (Fédération française du bâtiment) estimates that turnover from renovation activities accounts for around 14% of total turnover in the construction sector. In volume terms, the market is growing (by around 2% in 2022), whereas the new construction sector slowed over the same period¹². At the European level, the FIEC (Fédération des industries européennes de la construction) reports that the renovation of existing buildings accounts for a third of total investment in the sector. That investment increased by 5.7% in 2021 and 1.1% in 2022.

The French market for energy renovation of private homes is currently worth around 20 billion Euros annually, a figure which has grown only slightly over the past 3 years¹³.

¹⁰ • « Dossier : La précarité énergétique », Médiateur national de la précarité énergétique, 2023. <https://www.energie-mediateur.fr/le-mediateur/dossiers/la-precarite-energetique/>

¹¹ • Ludovic Clerima, « Immobilier : comment fonctionne le permis de louer ». Le Monde, 26 avril 2024 https://www.lemonde.fr/argent/article/2024/04/26/immobilier-comment-fonctionne-le-permis-de-louer_6230050_1657007.html

¹² • « Le bâtiment en chiffres », FFB, juin 2023. <https://www.ffbatiment.fr/le-batiment-en-chiffres>

¹³ • Club de l'amélioration de l'habitat (d'après le Compte satellite du logement, 2021).

It is important to note that the present amount is barely 20% of the total investment required in renovation work each year if we are to reach the decarbonization objectives which the French government has set for the sector (*cf. infra* § 2.3.2).

At a time of crisis in the market for new buildings, renovation constitutes a great source of opportunities for the construction sector in France and Europe, and an important growth driver for the industry as the construction market continues to shrink.

- The construction sector

The construction sector is overwhelmingly dominated by small businesses: in France, almost 95% of companies in this industry have between 0 and 10 employees, accounting for just over a third of total turnover.¹⁴ Thomas Miorin¹⁵ describes a similar situation in Italy: the sector is fragmented, with over 500,000 businesses employing an average of 3 people each. In Italy, moreover, manpower in the sector is ageing: 20% of employees are currently in the 55-64 age group, a percentage which will rise to 30% by 2030.

Renovation is the primary activity of many of these SMEs: according to the CAPEB (Confederation of Tradespeople and Small Businesses in the Building Sector) home improvement and renovation work accounts for 56% of the total activity of French businesses with fewer than 20 employees. Dominique Naert¹⁶ notes that 95% of energy renovations in France are performed by tradespeople, directly or working as sub-contractors, with multiple trades working successively on renovation projects. Mobilizing, galvanizing and coordinating this multitude of small businesses in pursuit of renovation goals will therefore be essential, in order to develop and promote comprehensive building renovations.

- The industrial sector

In 2020, setting out France's National Low Carbon Strategy for the building sector, the Ministry for the Ecological Transition and Territorial Cohesion highlighted the need for France to "develop competitive industrial capacities in the low-carbon economy".¹⁷ In 2023, a report published by the Senate Commission on energy renovation also highlighted this point: "it is essential for the good of our country that the considerable sums allocated to materials and equipment are not all spent on imports, but that they

¹⁴ • « Le bâtiment en chiffres », *op.cit.*

¹⁵ • Thomas Miorin, presentation at the IBD@MS International Conference, 08 April 2024

¹⁶ • Dominique Naert, presentation at the IBD@MS International Conference, 8 April 2024

¹⁷ • « Stratégie nationale bas carbone. La transition écologique et solidaire vers la neutralité carbone », Ministère de la Transition écologique et solidaire, mars 2020, p. 71 <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/SNBC-2%20synthe%C3%80se%20VE.pdf>

contribute instead to the creation of a genuine industry".¹⁸ The example of heat pumps is particularly telling: 2/3 of all heat pumps installed in France are imported, and China has a virtual monopoly on the compressors they use.

Developing France's industrial capacities is important for two main reasons: to ensure France's economic sovereignty in renovation activities, and to reduce the carbon emissions associated with the transportation of the necessary materials and equipment.

1.3.2. Protecting the value of the existing building stock

Renovating existing buildings also raises important financial questions for property owners and managers, in the tertiary sector real estate market as well as the housing sector.

- The tertiary sector real estate market

With regard to real estate occupied by tertiary sector activities, Leslie Villatte¹⁹ is convinced that "buildings with clear sustainable strategies will be able to preserve their value and their profitability."

In terms of investment value, buildings with high environmental performance certifications have a higher market value than uncertified properties, and are also more attractive to tenants, with spaces often rented out before construction is even completed.

When valuing properties, experts now take extra-financial performance criteria into consideration. These ESG (Environmental, Social and Governance) criteria include energy consumption, GHG emissions and compliance with tertiary sector regulations. Cumulatively, they define the "green value" which sets eco-friendly buildings apart from buildings without green credentials, and particularly the most energy-inefficient premises.

On the rental market, buildings with the highest level of energy performance certification can be rented with a price premium of 6%. Moreover, these buildings find tenants more rapidly, and thus have a lower rate of inoccupancy.

- The housing market

With regard to the housing market, Henry Buzy Cazaux reports that, even before the adoption of the Climate and Resilience Act, the notaries' observatory had reported a significant decline in the value of poorly rated properties in markets where pressure on property prices is not intense. Since the Climate and Resilience Act was passed

¹⁸ • Report of the Senate Commission on the efficacy of public policies in the field of energy renovation, June 2023

¹⁹ • Leslie Villatte, presentation at the IBD@MS International Conference, 08 April 2024

in 2021, that trend has gathered pace and the value of properties is now correlated with their energy performance. SeLoger estimates that the market value of a poorly insulated property (Category G) is 14% lower than that of a comparable property with a D rating.²⁰ The margin for negotiation also varies in line with the energy efficiency rating: the average margin is just 3% for properties in Category A, and closer to 6% for Category G.

On the rental market, it is now illegal to increase the rent for homes in Categories F and G. The rental value of the most energy-inefficient homes should thus naturally decrease, in relative terms, compared with that of more efficient properties.

It is thus clear that the value of properties is directly connected to their environmental performance credentials. The challenge facing property owners is thus to maintain or improve the environmental performance of their properties through renovation, in order to maintain or improve their rental and sale value.

In short, renovating buildings is a response to an array of environmental challenges: not just reducing our energy consumption, but also the need to drive down greenhouse gas emissions and protect urban biodiversity. Adopting sustainable, integrated approaches will be crucial in order to maximize the environmental benefits of renovation projects, and to guarantee the resilience of buildings to climate change.

Renovation also offers a response to another major social challenge, the "climate inequality" described by Franck Boutté.²¹ Renovation must provide a means of reducing the vulnerability of those "involuntarily housebound for climate reasons"²², combating energy poverty while improving the comfort and health of occupants, alongside preserving their purchasing power.

In economic terms, renovation may also prove to be a source of opportunities for the building sector in France and Europe, and a growth driver for the construction industry as a whole. To capitalize on this potential, we must succeed in mobilizing, galvanizing and coordinating the vast ecosystem of small businesses operating in this market. The challenge is to develop strong industrial capacities in France, allowing for renovation on a large scale while maintaining economic sovereignty, as well as limiting the carbon costs associated with the transportation of materials and equipment.

For property owners, renovation offers solutions to a number of key questions: maintaining or improving the environmental performance of buildings to improve their rental and resale value, as well as boosting resilience in the face of extreme weather events caused by climate change.

²⁰ • Véronique Chocron, « Immobilier : le marché des passoires thermiques en recul », *Le Monde*, 27 March 2024, https://www.lemonde.fr/economie/article/2024/03/27/immobilier-le-marche-des-passoires-thermiques-en-recul_6224448_3234.html

²¹ • Franck Boutté, presentation at the IBD@MS International Conference, 9 April 2024

²² • *Ibid.*

2. Obstacles and limitations affecting the implementation of renovations

The energy renovation of existing buildings is a tool of utmost importance in our efforts to fulfil our sustainable development objectives, make homes more comfortable and galvanize local economies. Nevertheless, many renovation projects still end up being bogged down by various regulatory, financial and technical obstacles which impede their execution. These constraints are exacerbated by the erratic state of current policies and legislation, the inherent complexity of subsidy schemes and the lack of sufficient structure in this sector of the economy.

2.1. Regulatory obstacles

With the Energy and Climate Act of 2019 and the Climate and Resilience Act of 2021, France has reinforced its legislative framework with a view to accelerating the energy transition of its building stock. The environmental regulations published in 2020 (RE 2020) focus specifically on new buildings, imposing strict standards for CO₂ emissions and energy performance. However, the renovation of existing buildings, largely regulated by means of incentive schemes such as MaPrimeRénov', has run up against significant regulatory challenges.

2.1.1. Inconsistency and lack of clarity in public policies

"The principal source of complexity is the constant evolution of the regulations," as Leslie Villatte²³ explained in her presentation. All of our speakers were in agreement that the legislator has displayed a certain degree of instability, leading to a lack of cohesion in the regulations applicable to renovation. For example, the norms imposed by RE 2020 do not apply to existing buildings, establishing an imbalance between the standards expected of new and old homes. This inconsistency is discouraging investment in the renovation of older buildings. Regulatory instability also implies a lack of long-term visibility for actors in this sector, for whom stability is essential on account of the long time frames on which property projects operate. "All we see is tinkering, and a lowering of the bar because it is obvious that the professionals are not ready." (Henry Buzy-Cazaux²⁴) More recently, the new energy performance reform (DPE, February 2024) has adjusted the calculation system so that smaller homes are less penalized. The Minister for the Ecological Transition and Territorial Cohesion, Christophe Béchu, argues that this reform "takes 140,000 homes

²³ • Leslie Villatte, *op.cit.*

²⁴ • Henry Buzy-Cazaux, presentation at the IBD@MS International Conference, 08 April 2024

of under 40m² out of the lowest energy performance categories," equivalent to 15% of the 910,000 French homes which fall into Categories F and G.

2.1.2. An intricate patchwork of existing initiatives

"The real enemy here (when it comes to renovating buildings) is complexity" - Henry Buzy-Cazaux.

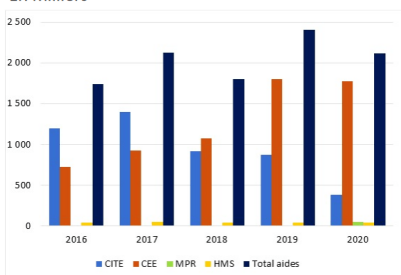
The complexity of the administrative procedures required to obtain planning permission and financial subsidies is a recurring lament: homeowners must navigate their way through various schemes such as MaPrimeRénov', Energy Saving Certificates (CEE) and various local subsidies, which can prove to be time-consuming and off-putting. Moreover, eligibility criteria and the value of the subsidies on offer vary depending on household income, location and the nature of the work, which generates further uncertainty as to how much of the bill will be left for households to pick up.

In 2020, 2.1 million homes in mainland France received one of the four principal subsidies available to finance renovation work.

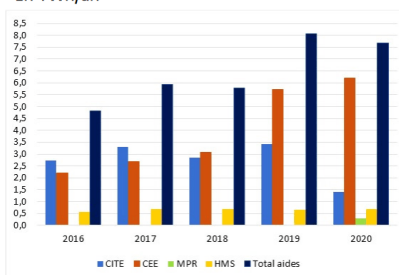
Nombre de logements aidés et économies d'énergie associées

Tous types de travaux

Nombre de logements aidés
En milliers



Économies d'énergie conventionnelles
En TWh/an



Champ : France métropolitaine.

Source : fichiers d'aides à la rénovation (DGFIP, Anah, DGEC), calculs SDES

Figure 4. Energy renovation subsidies © « Les aides à la rénovation énergétique : combien de logements ? Quels gestes ? », Commissariat général au développement durable, 14 avril 2023. <https://www.notre-environnement.gouv.fr/actualites/breves/article/les-aides-a-la-renovation-energetique-combien-de-logements-quels-gestes>

2.1.3. Resistance to change and changes of direction

Construction professionals and property owners are often reluctant to change their ways, a phenomenon known as resistance to change. As Julien Hans puts it, "Some people felt that RE 2020 went too far, too fast, when you think that the buildings we are putting up today could hardly be dismantled without using dynamite." Furthermore, the constant evolution of building standards and the complexity of the regulatory requirements are stoking the reluctance of actors in the sector to adapt their working practices. Regular changes to the regulations and subsidy schemes can also generate uncertainty, slowing down the decision-making process and delaying work. Converting buildings for different uses, for example transforming office buildings into homes, is an undertaking which often falls foul of administrative and regulatory difficulties (particularly fire safety regulations). This is a further obstacle to changing practices in the sector.

2.2. Financial and fiscal obstacles

2.2.1 Principal obstacles arising from the economic model

- The absence of an economic model for renovation

There are a certain number of obstacles to the energy transformation of the property sector. In France, the regulations currently in place appear to suggest that the government has yet to decide how best to split the cost of home renovations between the stakeholders concerned (landlords and tenants).

- The high cost of renovation

The cost of energy renovations remains a major obstacle, especially for jointly-owned buildings and individual homeowners. As Pierre-Henri Grenier notes,²⁵ the investments required are substantial, and often beyond the reach of smaller players without external financial assistance.

There are also fundamental differences in investment availability informed by the value of the properties involved, which can vary considerably from one territory to the next. It may, for example, it seems more profitable to carry out work at €1,000 or €2,000 per m² in Paris, where property prices are €10,000 per m², than in Saint-Etienne, where property prices don't exceed €1,200 per m².

The complexity of securing subsidies and the accompanying administrative burden are also off-putting to many homeowners.

²⁵ • Pierre-Henri Grenier, presentation at the IBD@MS International Conference, 10 April 2024

- Financing requirements still poorly evaluated and insufficient

Existing financing solutions are not always a good match for the specific requirements of energy renovation projects. Banks are often reluctant to issue loans for renovation work on jointly-owned buildings, on account of the difficulties involved in assessing risk and guaranteeing loan repayments. Furthermore, collective financing mechanisms are rare and complex to put in place.

- Lack of specific budget data

In France, a report published by the Cour des Comptes in 2024²⁶ indicates that the cost of adapting homes to withstand climate change cannot currently be evaluated, because there is no available prospective study on the total cost of adaptation, nor on how the costs might be split between the national government, local authorities, businesses and households. The first challenge is thus to better evaluate the budgetary requirements for a specific policy of comprehensive renovations in order to adapt buildings to withstand climate change.

Nevertheless, the French environment agency (ADEME) estimates that France will need to find around 40 billion Euros each year, solely for the energy renovation of buildings.²⁷ Pierre-Henri Grenier²⁸ explains that, according to the estimates included by Jean Pisani and Selma Mahfouz in the report they submitted to the French Prime Minister in May 2023,²⁹ substantially reducing the GHG emissions of buildings in France would require additional investment of 48 billion Euros per year between now and 2030. This sizeable sum should be understood in the context of France's total available savings, which are in the order of 600 billion Euros.

In Italy, Thomas Miorin³⁰ estimates the total investment required for full renovation of existing buildings at somewhere between 170 and 320 billion Euros, depending on the calculation method used.

Although difficult to estimate accurately, the investment required is definitely substantial. The sums set aside in the annual budget for renovation need to be increased dramatically (investment needs to be doubled for energy renovation alone).

²⁶ • Cour des comptes, *Annual public report 2024 – Adapting homes to climate change*.

²⁷ • National Assembly fact-finding mission on the energy renovation of buildings, October 2023

²⁸ • Pierre-Henri Grenier, *op.cit.*

²⁹ • Report to the PM by Jean PisaniFerry and Selma Mahfouz: 'The economic consequences of climate action' - May 2023 - Inspection Générale des Finances, p. 74

³⁰ • Thomas Miorin, EDERA, presentation at the IBD@MS International Conference, 08 April 2024

- Public funds

The French government set aside 7 billion Euros to fund the energy renovation of private homes in 2022, out of a total of 8.6 billion for all buildings.³¹

By way of comparison, Germany's federal fund for climate and transformation – which is closely involved with financing the energy renovation of buildings – has an endowment of 177.5 billion Euros for the period 2023–2026, equivalent to almost 45 billion Euros per annum.³²

As regards the type of work for which public subsidies are available, the latest report from France's Cour des Comptes³³ indicates that financing is primarily granted to "single-purpose" heating-related improvements, thus only partially contributing to the task of adapting our building stock to climate change. Just 3% of the total surface area renovated with the help of public subsidies was comprehensively renovated, which is to say that the homes in question received renovations including everything from ventilation and insulation to systems to protect against heat waves.

With regard to public funding for renovations, the challenge facing France is twofold: we need to increase the total value of subsidies available, while also ensuring that they are channeled toward comprehensive renovation projects which successfully adapt buildings to withstand climate change.

- Lending

The uptake of bank loans specifically intended to fund energy renovation work remains low: 82,049 Eco-PTZ (interest free loans to fund energy renovations) were issued in France in 2022. Although this is the highest number since the scheme was launched in 2009, it remains far below the target of 400,000 PTZ/year set by the government.³⁴

Recent increases in interest rates have made the eco-PTZ a more attractive proposition, and yet energy renovation projects are still predominantly financed by traditional bank loans, not specifically designed for this purpose. The administrative burden involved, along with the poor profitability for banks and lenders, are obstacles to uptake of the eco-PTZ scheme.

Pierre-Henri Granier³⁵ also points to the problem of guaranteeing the solvency of homeowners and co-owners, making improvement projects difficult to finance due to a lack of repayment guarantees from the banks.

³¹ • National Assembly fact-finding mission on the energy renovation of buildings, october 2023

³² • Club de l'amélioration de l'habitat. in Compte satellite du logement, 2021.

³³ • Cour des comptes, *Annual public report 2024 – Adapting homes to climate change*.

³⁴ • National Assembly fact-finding mission on the energy renovation of buildings, october 2023

³⁵ • Pierre-Henri Grenier, *op.cit*.

The obstacles involved are numerous: the eco-PTZ scheme needs to be made more attractive both for the banks and for lenders, but new mechanisms must also be found in order to convert the savings held by the banks into credit instruments specifically designed to fund the renovation of existing buildings. As Eric Groven³⁶ puts it: "renovating our existing building stock will require a very large amount of financial support, which is both a constraint and a market opportunity for the banks." The final challenge will be to establish a guarantee mechanism for less financially stable homeowners, enabling them to access credit.

2.2.2. Principal obstacles linked to the tax system

- Lack of fiscal incentives

In its present state, the French tax system does not offer sufficient incentives for thorough energy renovations. While schemes such as Ma Prime Rénov' do exist, they are often regarded as being insufficient to cover the high cost of the work required to meet the highest energy performance standards. Furthermore, the complexity and variability of tax incentives may prove confusing to homeowners, dissuading them from undertaking renovations.

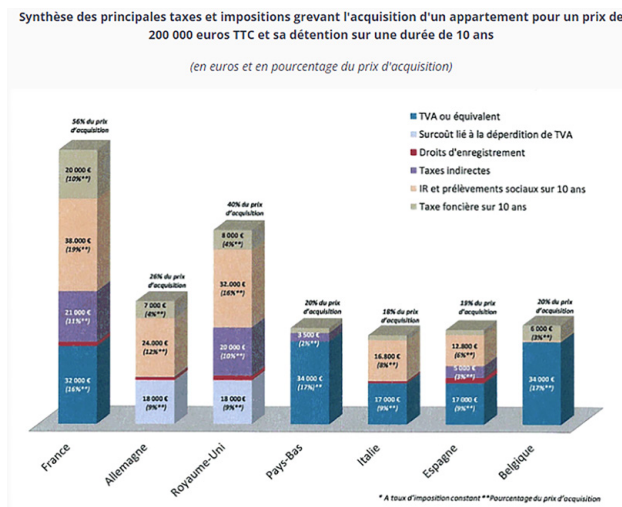


Figure 5. Taxes and charges applicable when buying an apartment © Étude du cabinet Fidal pour la fédération des promoteurs immobiliers, sur la fiscalité immobilière en Europe, octobre 2014. Citée par Guillaume Sainteny, « Plan Bleu », présentation à la conférence internationale MS@IBD en avril 2024.

36 • Eric Groven, presentation at the IBD@MS International Conference, 11 April 2024

Furthermore, high tax rates may be an obstacle to attracting investors to the real estate market, while also dissuading them from undertaking renovation work. This is illustrated by the graph below, which offers a comparison of the applicable taxes and charges in different European nations.

2.3. Technical obstacles/ know-how

The renovation of existing buildings in France is being hindered by various technical challenges, holding back progress and preventing the sector from achieving critical mass. Many of these obstacles are connected with the structure of the sector itself, its dependency on imported materials, and a lack of training and know-how.

2.3.1. An insufficiently structured renovation sector

The renovation sector is insufficiently structured in France, comprised of 90% independent tradespeople, who together form a highly diffuse ecosystem with little in the way of solid organization or collective action. Individual trades are used to working individually or in silo mode, which makes it particularly difficult to coordinate and optimize site work.

This situation is exacerbated by a heavy dependency on imported materials and equipment.

2.3.2. Massification of certain measures, but a lack of comprehensive renovations

Although public subsidies have succeeded in galvanizing demand for certain items of energy equipment, the majority of renovation projects are only partial in nature. In 2020, 2.1 million homes received at least one of the major government subsidies for energy renovation, but fewer than 10% of the operations subsidized were comprehensive renovations. This fragmented approach is impeding the overall efficacy of renovations in terms of both energy savings and social impact (reducing energy poverty).

2.3.3. Lack of know-how, declining productivity and quality issues

The construction sector – and so, by extension, the renovation sector – is being held back by a lack of productivity and know-how. In France, productivity in the construction sector has declined noticeably over the past 20 years due to a lack of the skills and optimized methods needed to deliver comprehensive, effective renovations. The initial and continuing training received by building professionals is not sufficient to

satisfy the specific requirements of renovation, and this skills shortfall is preventing the sector from delivering the complex, multi-disciplinary interventions required for comprehensive renovation.

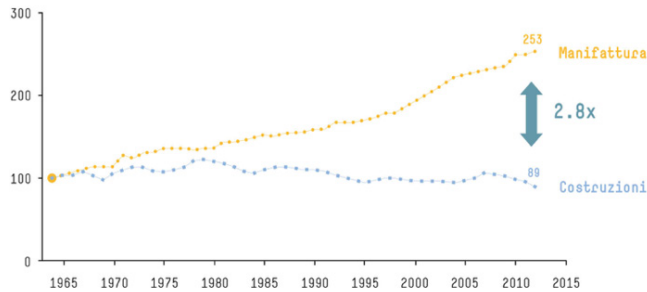


Figure 6. Variation in productivity in Italy between 1965 and 2015 for the manufacturing and construction industries
© Thomas Miorin, présentation à la conférence internationale MS@IBD en avril 2024.

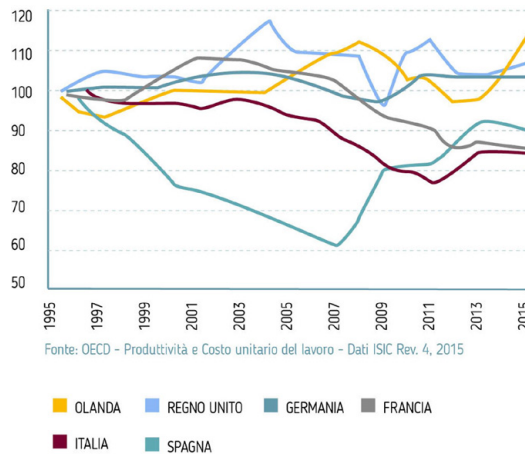


Figure 7. Variation in productivity in the construction sector in Europe between 1995 and 2015 © Thomas Miorin, présentation à la conférence internationale MS@IBD en avril 2024.

Thomas Miorin³⁷ notes that the productivity of Italy's construction sector has fallen by 10% over the past fifty years, while over the same period the productivity of the country's manufacturing industry has increased by 153%.

³⁷ Thomas Miorin, *op.cit.*

As well as impairing productivity, this lack of know-how also leads to quality issues with renovation work, which Julien Hans³⁸ suggests may be equivalent to as much as 20% of total turnover in the sector. He also highlights the lack of a performance culture in renovation: with no system of *a posteriori* evaluation in place, it is impossible to guarantee the quality of completed renovation work.

In summary, the energy renovation of buildings in France faces significant regulatory, financial and technical obstacles. At the regulatory level, the inconsistency and opacity of present policies, and particularly the fact that strict standards are imposed specifically on new buildings, are discouraging investment in existing buildings. From a financial perspective, the high cost of renovation, combined with the complexity and unwieldiness of the administrative processes needed to secure subventions, make it difficult for smaller actors without external support to cover the cost of renovation work. Last but not least, on a technical level the sector is lacking in structure and know-how, a state of affairs exacerbated by its dependency on imported materials, which limits the capacity to deliver effective, comprehensive energy renovations. The combined effect of these various factors, as highlighted by Romain Mege,³⁹ is that if we continue renovating at the current rate it will take 150 years to fully decarbonize France's building stock.

Consommation du parc français de bâtiments résidentiels

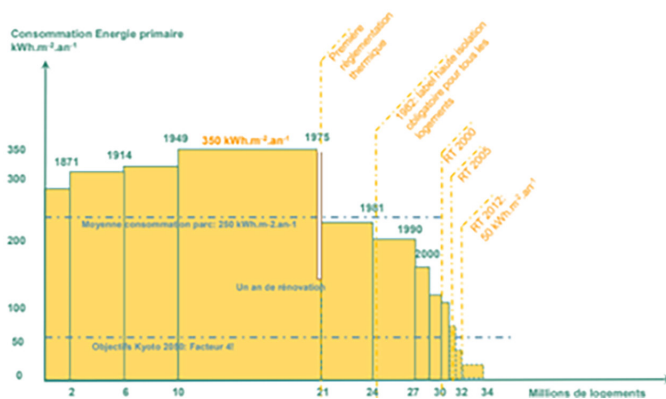


Figure 8. Consumption of French housing stock © Julien Hans, CSTB.

³⁸ Julien Hans, . *op.cit.*

³⁹ Romain Mège, presentation at the IBD@MS International Conference, 12 April 2024

3. Solutions and perspectives

In order to overcome the obstacles standing in the way of systematic renovation of existing buildings, the speakers assembled for IBD international week shared numerous proposals, initiatives and actions taken from all over Europe and further afield. The complexity and inconsistency of existing policies – and the regulations which they inform – have also been identified as obstacles. Nevertheless, it is important to note that well-designed legal frameworks can serve to galvanize economic actors. For example, the “ZAN” (Zero Net Artificialization)⁴⁰ and “RE 2020” (Environmental Regulations 2020) regulations were designed to encourage real estate developers to change their working practices, limiting the consumption of greenfield land and improving the energy efficiency of new buildings. The implementation of the ZAN regulations, contained in the Climate and Resilience Act adopted in 2021, is intended to reduce consumption of natural spaces and achieve “net zero soil artificialization” by 2050. By incentivizing more responsible land use, this measure could also be conducive to the renovation of existing buildings, particularly in the increasingly deserted centers of small and medium-sized towns.

The transition from RT2012 to RE 2020, with its stricter environmental criteria, was also discussed. There is now a clear emphasis not only on energy consumption, but also on the carbon emissions associated with new buildings. In terms of avenues for further progress, many speakers called for new reforms or adaptations to public subsidy schemes, as well as regulatory changes and various suggestions for tax reforms to increase the profitability of renovating properties rather than putting up new buildings.

Nevertheless, these measures will also require changes in our economic models, technical solutions and energy usage habits in order to be truly effective.

3.1. *Evolving economic models*

For real estate businesses, jointly-owned buildings and private homes, the evolution of economic models at every level will be an important factor in overcoming the difficulties currently hindering the renovation of existing building stock.

3.1.1. *Businesses*

Leslie Villatte⁴⁰ insists on the importance of proactive approaches to property acquisition and management, in order to ensure that assets remain sustainable. First things first, the acquisition process must begin with a rigorous sourcing exercise, selecting properties that are either certified or capable of being redeveloped to improve their environmental credentials. This exercise should culminate in provisional

⁴⁰ • Leslie Villatte, *op.cit.*

approval from an investment committee, guaranteeing the strategic and ethical soundness of the operation. The ensuing due diligence process must be informed by the rigorous application of an SRI (socially responsible investment) charter, evaluating assets on the basis of environmental and social criteria. This assessment must be backed up with detailed analysis of the associated action plans, ensuring that they comply with sustainable construction standards.

Once properties have been acquired, attention must shift to ensuring that they are managed responsibly, with contracts tailored to tenants. Responsible management must include regular monitoring of energy consumption, and due consideration for the operating conditions which determine the energy performance of buildings. One concrete example of this approach in action is the ECOWATT notification system, keeping users informed and helping them to manage their electricity consumption. Management practices must also be informed by broader climate strategies, based on the principles of mitigation, i.e. the reduction of energy consumption and greenhouse gas emissions, and adaptation, i.e. strengthening the resilience of properties to adverse climate conditions. Meanwhile, biodiversity conservation initiatives such as protecting natural spaces, planting available surfaces and ensuring the sustainable management of green spaces can all help to maintain ecological continuity.

3.1.2. Jointly-owned buildings

In the case of jointly-owned buildings, involving all tenants in energy renovation work is one way of overcoming the financial challenges facing greening operations. Pierre-Henri Grenier⁴¹ argues that third-party financing is the most practical solution, as it is capable of satisfying all stakeholders: bankers, building management boards, co-owners and the government. This approach offers a comprehensive solution, encompassing the financial, organizational and technical aspects of projects from the design phase through to execution, with suitable financial arrangements and proper follow-up of the entire operation, including in the post-renovation phase. Nonetheless, for less economically-stable jointly-owned buildings the capacity of co-owners to repay loans remains a major stumbling block: no bank is willing to lend money without clear guarantees to this effect. In such circumstances, government-backed guarantee funds appear to offer a promising solution for securing investments and facilitating the advancement of crucial renovation projects.

⁴¹ • Pierre-Henri Grenier, *op.cit.*

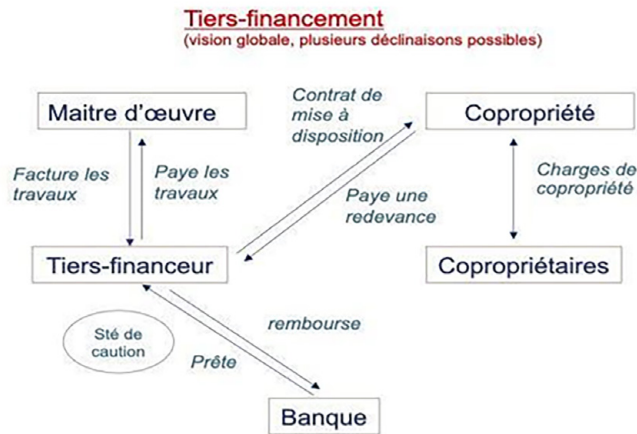


Figure 9. Financing the renovation of jointly-owned buildings © Pierre-Henri Grenier, « Comment massifier le financement de la rénovation », présentation à la conférence internationale MS@IBD du 10 avril 2024.

3.1.3. Private homeowners

The ORENO (Opérateurs ensemble de la rénovation / turnkey renovation service providers) call for proposals is a government initiative intended to promote solutions which provide a one-stop-shop for households, offering a guaranteed performance and a financing solution which reduces the cost to the consumer of energy renovation work. The aim of this scheme is to overcome existing technical, organizational and financial constraints by empowering operators – referred to as “turnkey providers” – to put together comprehensive packages of energy renovation services. They are also encouraged to use digital platforms to facilitate the technical and financial scoring of projects seeking financial backing.

Turnkey service providers are capable of handling the various phases of the project process, including:

- The planning, coordination and execution of work
- Finding financing solutions for all investments in renovation,
- Financial engineering to provide greater stability for household energy spending
- A contractual guarantee of improved energy performance for all or some forms of individual and/or communal energy usage

- Providing support to households with a view to achieving the expected energy savings and securing them for the long term, while making homes more comfortable.

In conclusion, we have seen that the adaptation of economic models has a role to play in rising to the growing demands of ensuring sustainability, making the construction sector more effective and more resilient. Nonetheless, this economic evolution cannot function effectively without rigorous technical implementation. For businesses in the building industry, making use of off-site fabrication techniques, already adopted by some companies, has the potential to revolutionize site work and cut construction lead times, slashing costs while also minimizing environmental impact.

3.2. Innovations and technical solutions

As both Julien Hans and Romain Mege⁴² rightly point out, there is no way that we can hit the target of cutting the sector's greenhouse gas emissions tenfold by 2050 (*cf. supra* 1.1.2) without a revolution in technical practices. In an era when new buildings are erected solely to serve as "models" (Franck Boutté)⁴³, renovation must be both massified and drastically decarbonized if the sector is to achieve its objective of 10 Mt eq CO₂/year by 2050. The good news is that technical solutions already exist: we have heard them discussed by our guest speakers throughout this international week.

3.2.1. Improving our understanding of building stock

"We need to move faster, and to do that we need a battle plan," argues Julien Hans, adding that just 20% of French homes account for 50% of potential carbon savings. In order to put together a battle plan which effectively prioritizes the least energy-efficient buildings and those which can be most easily renovated, attaining a more detailed understanding of the nature of current building stock is essential. This is the purpose of the National Buildings Database (BDNB) established by the CSTB (Centre for Construction Science and Technology/ Centre scientifique et technique du bâtiment). This open access database is available to all actors in the real estate and construction sector, and contains essential information on 20 million residential and tertiary buildings all over France. The data is organized at individual building level, attained by means of geospatial cross-compilation of twenty existing public databases. It also contains a wealth of information on the characteristics of buildings

⁴² • Julien Hans, *op.cit.* ; Romain Mege, *op.cit.*

⁴³ • Franck Boutté, *op.cit.*

including their geographical location, year of construction, usage, structure, facilities, energy performance and price.

Cross-comparing all of this information allows us to calculate the potential carbon savings to be made for each building, and thus to prioritize those buildings or geographical zones with the greatest potential.

3.2.2. Targeting similar buildings to develop replicable solutions

The 2nd step in the process of establishing an effective "battle plan" is to focus on a specific geographical area and a particular category of homes. The category of homes in question must have the potential to make significant energy savings, while also being sufficiently widespread that technical solutions developed during the renovation work can be replicated and deployed *en masse* elsewhere. For example, individual homes built to a similar design could be refurbished by means of an optimized package of comprehensive renovations. The goal is to "bring engineering solutions to your front door," helping project owners and businesses by providing essential knowledge and "turnkey" technical solutions. In France, the 'Renostandard' and 'Restore' packages developed by the CSTB have been testing this approach on a dozen pilot sites in 2023 and 2024. The know-how and solutions developed and trialed with partner businesses, working on pilot sites, can then be replicated elsewhere by professional consortia.

Brian Baewon Koh⁴⁴ presented a similar targeted approach developed in a different context, focusing on South Korea's collective housing stock. In South Korea, the government's renovation policy has identified 8 priority categories of buildings which are very common in the country, and collectively account for 90% of potential energy savings, in a country where construction is much more uniform than it is in Western Europe.

3.2.3. Design at the heart of decarbonized renovation

Albane Gaspard⁴⁵ defines an effective renovation as one which achieves a significant reduction in the carbon emissions generated by a building when in use, while also optimizing the carbon footprint of the renovation work itself.

A study conducted by the IFPEB (French Institute for Building Performance) as part of its Specialists' Hub program has shown that it is possible to significantly reduce the carbon footprint of such work without significantly increasing the cost.

⁴⁴ • Brian Baewon Koh, presentation at the IBD@MS International Conference, 8 April 2024

⁴⁵ • Albane Gaspard, ADEME, presentation at the IBD@MS International Conference, 8 April 2024

Guillaume Meunier⁴⁶ explains that "anywhere between 10 and 70% of renovation work can be decarbonized at little, or even no, extra cost." Case studies have shown that for this to work, carbon optimization must be integrated into renovation projects from the design phase onwards, calculating a "carbon return on investment" time (CROI) by weighing the carbon emissions generated by renovation work against the annual carbon emissions avoided over the course of the building's operational lifespan. This requires special attention to the works program and its compatibility with the building in question, because poorly-adapted plans will not, for example, succeed in optimizing the use of available floorspace. Next, the resource assessment conducted during the preliminary study phase must identify savings of up to 100kg of CO₂ per square meter from the reuse of materials, a significant sum. Guillaume Meunier⁴⁷ also recommends systematic use of LCA (Life Cycle Assessment) to optimize the carbon footprint of new materials used in renovation. Disappointing though it is that there is not yet any government-certified 'LCA renovation' methodology, the various methods already in existence have been enthusiastically adopted by some contracting teams and construction economists, who are developing powerful analytical and decision-making tools. Another important factor in maximizing the decarbonization of renovation work is not to neglect the importance of technical elements, which can account for as much of 2/3 of the carbon footprint of renovation work. When analyzing these technical elements, the carbon footprint of equipment items must be measured against their energy performance and their impact on the comfort of occupants.

The D-Archi software tool, developed and presented by Brian Baewon Koh,⁴⁸ facilitates and substantially reduces the cost and duration of this analytical phase for renovation work, integrating multiple databases including resources provided by materials manufacturers and information pertaining to existing buildings.

3.2.4. Prioritizing off-site fabrication for faster, more reliable execution

Off-site fabrication of standardized components is a solution championed by several speakers. Manufacturing such components in a factory setting allows for more effective cost control and also offers numerous other advantages, not least in matters of safety and quality. Very few accidents or quality defects have been detected during the fabrication and assembly phases, either in the factory or on site. This approach also makes it easier to manage heat spots, interfaces and heat bridges.

⁴⁶ • Guillaume Meunier, presentation at the IBD@MS International Conference, 8 April 2024

⁴⁷ • *Ibid.*

⁴⁸ • Brian Baewon Koh, *op.cit.*

Marc Daumas⁴⁹ of GA SMART Building illustrated how, in the interests of massifying renovation work, a building identified as being particularly energy-inefficient can be "stripped" down to its bare bones (pillars/beams) and rebuilt using prefabricated 3D units to create active façades with integrated air treatment systems. In terms of urban densification, off-site fabrication is particularly effective as it allows for the manufacturing of three-dimensional, lightweight, wooden units with precision-finished interiors, which can be installed on rooftops within a week, thus minimizing disruption to residents and neighbors.

The IUES (Incremental Unitary Envelope System) modular façade developed in South Korea by Intégra, and presented here by Brian Baewon Koh, is another example of an integrated solution which can be fabricated off-site. Fabrication in a factory setting also makes it possible to combine multiple technologies and devices in a single module (insulation, fittings, air conditioning, air filters, solar panels) and thus to considerably reduce delivery times (just four days to change the facades of an entire building).

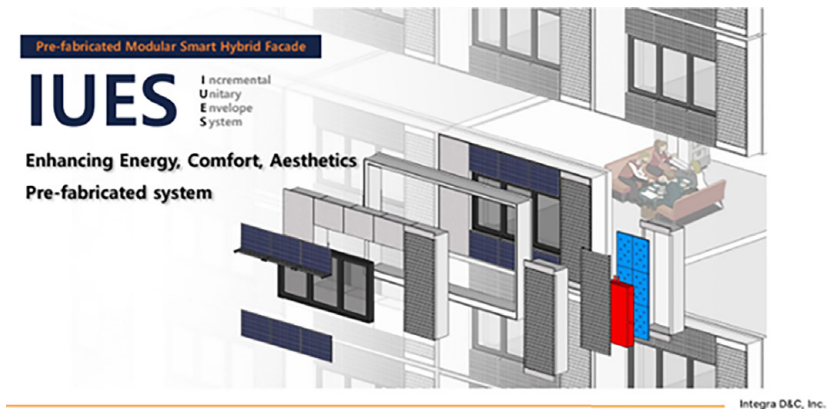


Figure 10. Pre-fabricated modular Smart Hybrid Façade © Brian Baewon Koh, « Integrated innovation for carbon neutral built environment », présentation à la conférence internationale MS@IBD du 08 avril 2024.

The European EnergieSprong network, presented by Thomas Miorin,⁵⁰ has set itself the goal of promoting affordable, high-quality, low-carbon renovation solutions based on modular design schemes. Here again, components used in renovation are fabricate off-site and the industrialization of the process should ultimately allow for a significant reduction in costs. In addition to off-site fabrication, what is needed is a comprehensive approach bringing together all of the stakeholders involved in renova-

⁴⁹ • Marc Daumas, presentation at the IBD@MS International Conference, 11 April 2024

⁵⁰ • Thomas Miorin, *op.cit.*

tion projects: tenants, landlords, financiers, industrial partners and project integrators. The benefits, as observed in Italy and other countries which have tested this method, are many and various: greater energy efficiency, renewable energies for heating, improved seismic performances, and shorter project lead times.

3.2.5. Developing a culture of performance in the renovation sector

Measuring the performance of construction work should not be the sole preserve of the new-build sector, as Julien Hans points out.⁵¹ The SEREINE method developed by the CSTB allows users to measure the quality of renovation work when finalizing the handover process. The SEREINE protocol goes far beyond detecting potential defects: it offers an energy performance guarantee. For renovation projects, initial measurements are taken before work begins, and a second round of measurements is then taken after completion. The building is fitted with multiple sensors and heated for 24 hours. The heating is then turned off to see how rapidly the building cools down. This allows the experts to calculate the thermal performance of the structure. This tool allows builders to provide clients with clear evidence of the quality and airtightness of their insulation work, and thus to establish trust between the two parties. That trust will be fundamental to encouraging French homeowners, and the industry as a whole, to invest in renovations.

3.3. Cultural changes

3.3.1. Changing the mindset

"One final thing, but actually the most important thing, is the mindset. There is a very deeply-rooted mindset which needs to change if we want things to move forward." - Delphine Laffay⁵²

While climate change is by now established at the forefront of everybody's mind, some serious behavioral adjustments are required if we are to achieve real change and plot a viable path for the future.

Changing one's way of thinking is never easy, but we need to deconstruct some of our habits. To get an idea of how hard that is, try this simple experiment: fold your arms in the opposite way than you usually would, and you get some idea of how difficult and "unnatural" it feels to change our simplest habits.

⁵¹ • Julien Hans, *op.cit.*

⁵² • Delphine Laffay, presentation at the IBD@MS International Conference, 11 April 2024

In the real estate sector, of course, we now need to bring about a change of mindset for an entire ecosystem and its many actors. The public sector, and particularly government housing agencies, have taken the lead in such matters and now serve as useful examples. In the private sector, meanwhile, many actors are now beginning to engage seriously with this challenge in order to protect the value of their assets, as Leslie Villatte explains.⁵³ This growing awareness now needs to be extended to all actors in the value chain, from designers to end users, not forgetting all businesses involved in building operations and maintenance.

3.3.2. Cultural evolution

A cultural transformation is needed if we are to truly make a success of the energy transition, as Henry Buzy Cazaux⁵⁴ opined during one of our round-table discussions: "France has not yet made that crucial cultural conversion." This observation highlights the substantial gap which still exists between environmental necessities and current public perceptions of the issue.

Albane Gaspard⁵⁵ insists upon the need to forge a new collective imaginary of energy renovation. Traditionally regarded as a constraint, renovation must now be recontextualized as an opportunity for a future which is both desirable and positive for all. The aim of this approach is to reshape perceptions, transforming constraints into catalysts for collective fulfilment.

Architect Philippe Madec⁵⁶, author of the manifesto for Happy and Creative Frugality, proposes a vision whereby energy renovation is no longer perceived as an obstacle, but instead as an opportunity for collective fulfilment. He suggests that environmentally friendly practices can coexist with an improved quality of life, in keeping with the principles of sustainability.

Political will has a decisive role to play in accelerating this cultural change. By adopting policies which actively support and promote renovation, governments can make a crucial contribution to the redefinition of cultural norms and expectations in matters of construction and sustainable renovation.

3.3.3. Changing the way we use buildings

Recent crises – including the Covid-19 pandemic, the geopolitical situation and rising inflation – have undeniably accelerated changes in behavior and usage habits, even if they are not the primary causes of these transformations. For example, the

⁵³ • Leslie Villatte, *op.cit.*

⁵⁴ • Henry Buzy-Cazaux, *op.cit.*

⁵⁵ • Albane Gaspard, *op.cit.*

⁵⁶ • Philippe Madec, presentation at the IBD@MS International Conference, 9 April 2024

rapid spread of remote working induced by the pandemic has profoundly modified attitudes towards work, while inflation and rising interest rates have rocked real estate developers. These phenomena have also driven a remarkable transformation in the way we use our buildings.

In this context, Albane Gaspard⁵⁷ highlights the emergence of energy performance contracts aimed at homeowners, not least the rise of "turnkey service providers." The aim of these contracts is to give people a better understanding of their homes, their energy consumption and their specific needs. As solutions such as heat pumps are becoming increasingly commonplace, it is crucial that users properly understand the systems they are installing, ensuring that they are able to use them correctly.

Furthermore, the concept of hybridization and intensification of uses, as explored by Fabrice Bonnifet, stems from the observation that the majority of buildings are designed for a single purpose, meaning that 49% of total space is either unused or underoccupied. The objective now is to promote optimal occupation of buildings, implementing the principles of "High Quality Usage" (HQU). By optimizing the use of space, buildings become more profitable and the need for new construction is reduced.

These changes in usage habits and the solutions offered by the renovation of existing buildings are testament to the increasing awareness of environmental and economic issues. They also illustrate the importance of adopting innovative approaches in order to rise to current and future challenges of sustainability and energy efficiency.

Conclusion

Renovating buildings is necessary in order to rise to the challenges of sustainable development and hit our environmental targets, in terms of reducing greenhouse gas emissions, which need to be slashed tenfold by 2050, as well as preserving natural resources and biodiversity.

Throughout the week, speakers highlighted the presence of regulatory, financial and technical obstacles. The inconsistency and insufficient visibility of public policies are not conducive to investment in existing buildings. The high cost of renovation work, combined with the administrative complexity involved in securing state subsidies, can make it difficult to finance renovation projects. Finally, on the technical level, the sector is being held back by a lack of structural organization and know-how. The collective result of these factors is that, if renovation were to continue at its current rate in France, it would take 150 years to achieve the operational decarbonization of our building stock. We thus need to see a profound paradigm shift within the building industry, in order to develop comprehensive, integrated approaches. These approaches must serve to

⁵⁷ • Albane Gaspard, *op.cit.*

maximize the environmental benefits of renovation projects and make buildings resilient to climate change.

The speakers who addressed our International Conference shared a wealth of proposals, initiatives and examples of actions already implemented in Europe and elsewhere, all with a view to overcoming persistent obstacles to the massification of renovation. More emphasis should be placed on the deployment of pertinent technologies, the adoption of new working methods and the adaptation of legislative frameworks to facilitate and accelerate renovation on a vast scale.

In order for this change of scale to be a success, these solutions will need to be backed up by a genuine change of culture (a new imaginary, indeed) and a new spirit of cooperation between all actors, in order to finally make renovation a desirable solution.

Bibliographie • References

Agence nationale de l'habitat. « Guide des aides financières 2024 ». *anah.gouv.fr*, juillet 2024. https://www.anah.gouv.fr/sites/default/files/2024-07/Anah-FR-Guide_des_aides_20240715-WEB-pages.pdf

Bornarel, Alain, Dominique GauzinMüller, Philippe Madec. « Manifeste pour une frugalité heureuse et créative ». Mouvement pour la frugalité heureuse et créative dans l'architecture et le ménagement du territoire, 18 janvier 2018. <https://frugalite.org/manifeste/>

Buzy-Cazaux, Henri. « Pourquoi il faut (vraiment) s'inquiéter pour la rénovation énergétique de nos logements ». *Capital.fr*, 26 février 2024. <https://www.capital.fr/immobilier/pourquoi-il-faut-vraiment-sinquieter-pour-la-renovation-energetique-de-nos-logements-1492779>

Cour des Comptes. « L'adaptation des logements au changement climatique ». In : *Rapport public annuel 2024*, *ccomptes.fr*, mars 2024 : 255288. <https://www.ccomptes.fr/sites/default/files/2024-03/20240312-RPA-2024-CDVI-adaptation-logements-changement-climatique.pdf>

Fédération française du bâtiment. « Le bâtiment en chiffres 2023 ». Fédération française du bâtiment, juin 2024. <https://www.ffbatiment.fr/le-batiment-en-chiffres>

Gaspard, Albane, JeanChristophe Visier. « Le bâtiment à l'horizon 2050 ». *Futuribles* 449, avril 2022 : 5-21.

Gontard, Guillaume. « Rapport de la commission d'enquête du Sénat sur l'efficacité des politiques publiques en matière de rénovation énergétique ». Sénat, juin 2023. <https://www.senat.fr/rap/r22-811-1/r22-811-1.html>

Laernoës, Julie, MeynierMillefert Marjolaine. « Mission d'Information commune sur la rénovation énergétique des bâtiments ». *assemblee-nationale.fr*, octobre 2023. <https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/16/organes/missions-information/mic/mi-renovation-thermique-batiments>

« La rénovation des bâtiments ». Xerfi, juillet 2024. https://www.xerfi.com/presentationetude/Le-marche-de-la-renovation-des-batiments-a-l-horizon-2025_22BAT66

Martin, Solange, Albane Gaspard (dir.). *Changer les comportements, faire évoluer les pratiques sociales vers plus de durabilité. L'apport des sciences humaines et sociales pour comprendre et agir*. Angers : ADEME, 2016.

Martin, Solange, Albane Gaspard. « Les comportements, levier de la transition écologique ? Comprendre et influencer les comportements individuels et les dynamiques collectives ». *Futuribles* 419, avril 2017 : 33-44.

Ministère de la Transition écologique. « Suivi de la Stratégie nationale bascarbone (SNBC) ». *ecologie.gouv.fr*, 26 juin 2024. <https://www.ecologie.gouv.fr/suivi-strategie-nationale-bas-carbone>

Ministère de la Transition écologique. « Tout savoir sur la rénovation énergétique ». *ecologie.gouv.fr*, 03 janvier 2024. <https://www.ecologie.gouv.fr/renovation-energetique>

Ministère de la Transition écologique et solidaire, Ministère de la Cohésion des territoires. « Plan de rénovation énergétique des bâtiments ». *ecologie.gouv.fr*, 2024. https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/Plan%20de%20r%C3%A9novation%20%C3%A9nerg%C3%A9tique_0.pdf

Mistral, Jacques (dir.). *Le climat va-t-il changer le capitalisme ?* Paris : Eyrolles, 2015.

Observatoire national de la précarité énergétique (ONPE). Home page. *onpe.org*, 2024. <https://onpe.org/>

PisaniFerry, Jean, Selma Mahfouz. « Rapport à la Première ministre de Jean Pisani-Ferry et Selma Mahfouz : les incidences économiques de l'action pour le climat ». Inspection générale des finances, mai 2023. <https://www.vie-publique.fr/rapport/289488-incidences-economiques-de-l-action-pour-le-climat-rapport-pisani-ferry>

« Rénovation énergétique des bâtiments : les collectivités demandent plus de moyens, de prévisibilité et de confiance ». France urbaine, 12 septembre 2024. <https://franceurbaine.org/actualites/renovation-energetique-des-batiments-les-collectivites-demandent-plus-de-moyens-de-previsibilite-et-de-confiance/>

Yoon, Yeo Beom, Byeongmo Seo, Brian Baewon Koh *et al.* « Heating energy savings potential from retrofitting old apartments with an advanced doubleskin façade system in cold climate ». *Frontiers in Energy* 14, 2020 : 224240. <https://doi.org/10.1007/s11708-020-0801-1>

Yoon, Yeo Beom, Byeongmo Seo, Brian Baewon Koh *et al.* « Performance Analysis of a Double-Skin Façade System Installed at Different Floor Levels of High-Rise Apartment Building ». *Journal of Building Engineering* 26, novembre 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.100900>

Les auteurs du Yearbook

The Yearbook authors



Armelle Arickx



Marouane Askri



Rita Abi Antoun



Philippe Adam



Soukaina El Amrani



Alexis Garnier



Charles Yervant

Les conférences

Speakers



Brian Baewon Koh

Directeur
INTEGRA



Henry Buzy-Cazaux

Président de l'Institut du
Management des Services
Immobiliers (IMSI)
IMSI



Bruno Fulda

Inspecteur général
IGEDD



Albane Gaspard

Coordinatrice scientifique
et technique, prospective du
bâtiment et de l'immobilier
ADEME



Guillaume Meunier

Consultant bas-carbone
IFPEB, A4MT



Thomas Miorin

Directeur
EDERA



Leslie Villatte

Directrice Investissement
La Française

L'architecture durable et la conception de bâtiments durables

*Sustainable architecture and designing
sustainable buildings*



Inès Amzal
Caroline Cazaux
Hugo Dherbecourt
Sylvain Dujols
Nicolas Henry
Vincent Mucha
Malcolm Paraiso
Sylvère Penciolelli



Introduction

Architectes et concepteurs sont directement concernés par le changement climatique et les évolutions démographiques. Ils sont chargés de concevoir nos lieux de vie, de travail, d'activité, de loisirs ou d'enseignement, et se trouvent au cœur d'enjeux planétaires, notamment l'adaptation de nos habitats aux conséquences du changement climatique. Le dérèglement est inéluctable, mais ses conséquences sont mouvantes, et difficilement prédictibles.

Le devenir de l'humanité et celui de son milieu naturel vont dépendre de plus en plus de notre capacité à garantir à tous, y compris aux populations les plus démunies, un logement sûr et décent ainsi que l'accès aux ressources essentielles : énergie, eau, nourriture, ... Le défi est d'assurer dignité, sécurité, et confort à une population en constante augmentation alors que les ressources naturelles s'épuisent.

Nous sommes entrés dans un système complexe, où les aménageurs doivent repenser leur approche, en tenant compte des interrelations entre l'immobilier et son environnement proche (quartier) ou plus éloigné (ville, territoire). Cette approche multi-échelle et transdisciplinaire, défendue par des experts comme Franck Boutté¹, invite à repenser les limites conventionnelles des projets architecturaux et urbains.

Comment les architectes intègrent-ils la complexité du contexte actuel dans leurs réalisations ? Quelles sont leurs propositions pour s'adapter au monde à venir ?

En rupture avec une approche qui était jusqu'alors plus technique qu'holistique, et énergie-centrée, les concepteurs doivent prendre en compte toutes les dimensions du projet : environnementale, climatique, scientifique, sociale et historique.

Après un constat sur les modèles existants et un rappel du contexte réglementaire, nous développerons ces différentes approches selon les pistes de réflexion suivantes : le rapport entre construction et nature, les technologies et les matériaux (*high tech*, *low tech* ou *right-tech*), la frugalité (faire mieux avec moins) et enfin les usages et la place de l'humain.

1. L'état des lieux de nos modèles

Les conséquences du changement climatique sont tangibles : inondations, feux, tornades, élévation du niveau de la mer, sécheresse, ... Les événements se multiplient et ne cessent de nous rappeler qu'il est urgent d'agir.

Le secteur de la Construction est responsable d'environ 30 % des émissions de gaz à effet de serre (GES), de 40 % des consommations énergétiques, et génère en France chaque année, 46 millions de tonnes de déchets dont 40 % sont placés en décharge.

¹ • Frank Boutté, ingénieur, architecte de formation et urbaniste, Atelier Franck Boutté, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 11 Avril 2024.

Nous devons revoir les modèles de conception et d'intégration au site, nos modes d'utilisation des matériaux. Nous devons par ailleurs évaluer les possibilités de rénovation du bâti ancien, et intégrer les critères du développement durable dans tous nos projets, dans le neuf et l'ancien. L'objectif est de réduire les impacts directs et indirects des constructions sur l'environnement.

1.1. Un modèle remis en cause par de nouveaux enjeux

Depuis le début du xx^e siècle, le développement de nos sociétés repose sur l'exploitation et l'utilisation de ressources naturelles considérées comme inépuisables. Or, nous savons désormais que les stocks s'épuisent et n'ont pas la capacité à se régénérer assez vite pour satisfaire la demande.

L'exploitation des énergies fossiles, des minerais, la production de matériaux de construction, dégradent et transforment l'environnement : émission de GES, pollution de l'air, de l'eau, des sols et perte de la biodiversité pouvant aller jusqu'à un effondrement complet.

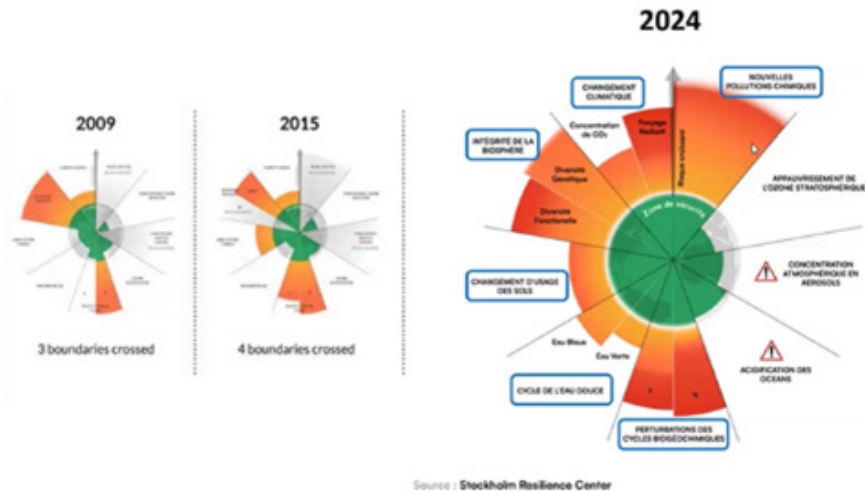


Figure 1. Illustration de dépassement de 6 des 9 limites © Stockholm résilience center.

La construction neuve en France est encadrée par des normes techniques, qui visent à concevoir des bâtiments à basse consommation d'énergie. La nouvelle réglementation va plus loin en imposant une ACV (Analyse du cycle de vie) et donc la prise en compte de l'énergie incorporée à l'ouvrage, aux matériaux de construction. En revanche il n'existe pas de réglementation équivalente à la RE2020 pour le secteur de la rénovation.

Toutefois, en considérant que le parc immobilier se renouvelle à un rythme inférieur à 1 % par an et que 80 % des logements de 2050 existent déjà en France, que la consommation moyenne des constructions neuves est de l'ordre de 50 kWh/m², alors que celle de l'existant est proche de 250 voire 500 kWh/m², il est désormais prioritaire d'intervenir sur l'existant.

Une autre évolution réglementaire importante concerne la nonartificialisation des sols. En 2017, en France, ce sont 23 907 hectares qui ont été pris sur les sols naturels pour réaliser des constructions, soit l'équivalent de la surface de la ville de Marseille. En près de quarante ans, le territoire français a vu ses espaces artificialisés augmenter de 72 %, selon les chiffres répertoriés par le SSP (Service de la statistique et de la prospective).

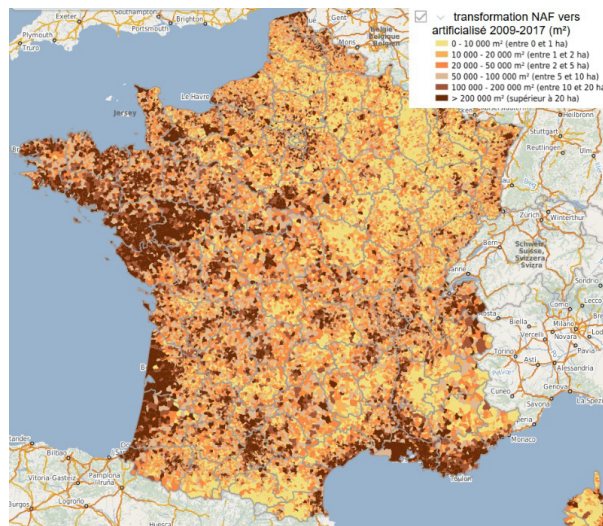


Figure 2. Carte d'artificialisation des sols en France 2009-2017 © CEREMA.

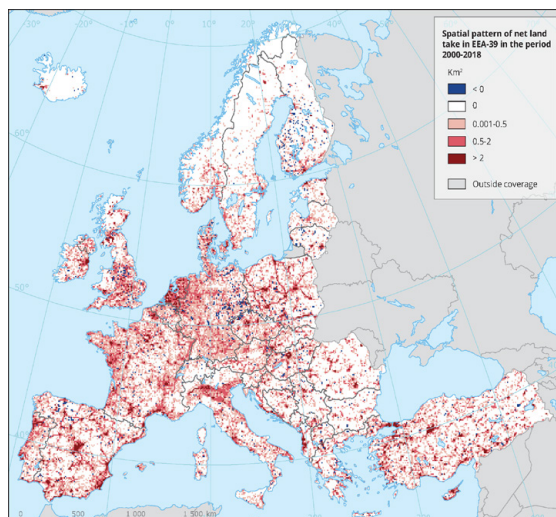


Figure 3. Artificialisation des sols en Europe © European Environment Agency.

Ce phénomène entraîne une fragmentation des habitats naturels pouvant isoler certaines populations animales ou végétales, réduisant ainsi drastiquement la biodiversité. De plus, les surfaces urbanisées ont une capacité d'infiltration de l'eau plus faible que les sols naturels, ce qui limite la régénération des nappes phréatiques et augmente le ruissellement ainsi que les risques d'inondation. Selon l'IGN (Institut national de l'information géographique et forestière) environ 17 % des communes françaises sont aujourd'hui concernées par des risques de mouvements de terrain liés à l'artificialisation des sols.

Ces données soulignent l'importance des mesures à prendre dans l'aménagement des territoires pour limiter le phénomène, en favorisant notamment une planification urbaine plus durable, la préservation des espaces naturels, la reconversion de friches industrielles estimées environ à 100 000 ha en France, ou encore la réhabilitation du bâti existant au lieu de la construction neuve.

Notons ici que la France est un des pays qui se réchauffe le plus au monde et que le parc immobilier existant n'est pas adapté aux conditions climatiques de 2050.

1.2. Une implication mondiale dans l'évolution des normes et réglementations

Le développement d'un droit de l'environnement à l'échelle mondiale a commencé dans les années 1970, avec la conférence de Stockholm en 1972. Le principe 17 de ce rapport encourage la mise en place d'institutions nationales chargées de planifier et de réglementer l'utilisation des ressources environnementales pour améliorer leur qualité. En France, cette impulsion a conduit à l'adoption de plusieurs lois emblématiques, telles que la loi sur l'eau de 1992, la loi sur les espaces boisés classés de 1973 et la loi sur la protection de la nature de 1976. Cependant, malgré ces avancées, les actions d'atténuation à l'échelle mondiale restent insuffisantes. Toutes les autres grandes conférences mondiales qui se sont succédées sur le climat ont été marquées par le constat de l'augmentation des températures.

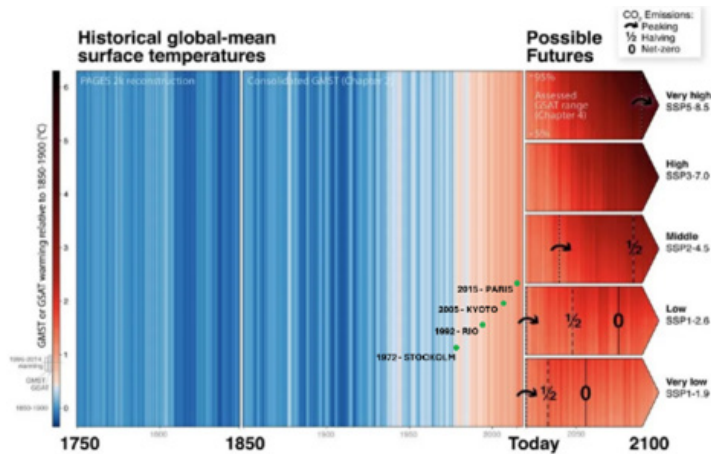


Figure 4. Warming stripes © Ed Hawkins.

La conférence des parties (COP 21) à Paris en 2015 a constitué un tournant, avec un consensus historique sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre. L'Accord de Paris vise à limiter l'augmentation de la température mondiale à 2 °C, voire 1,5 °C, avec une neutralité carbone envisagée d'ici la deuxième moitié du XXI^e siècle. En France, les Accords de Paris ont conduit à l'adoption de la Stratégie française sur l'énergie et le climat en 2019, avec des objectifs de neutralité carbone d'ici 2050. Cette stratégie repose sur trois piliers : l'adaptation au changement climatique, la réduction des consommations énergétiques et la décarbonation des secteurs d'activité.

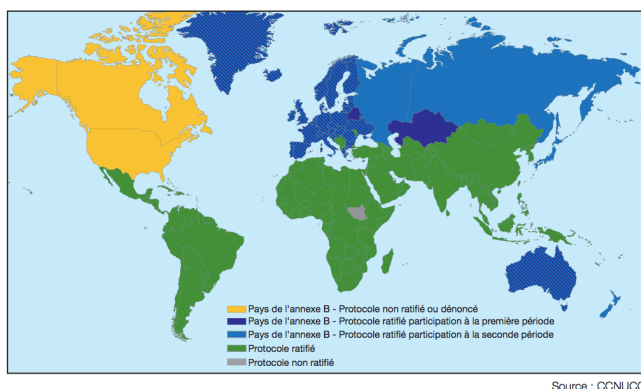


Figure 5. États signataires des accords de Kyoto © CCNUCC.



Figure 6. États signataires des accords de Paris © UNFCCC.

Pour contraindre la filière de la construction à suivre cette feuille de route, un arsenal législatif important a été mis en place, notamment la RE2020 pour les nouveaux ouvrages et le décret ZAN (zéro artificialisation nette) pour la nonartificialisation des sols. Cette stratégie semble porter ses fruits, avec une réduction des émissions de GES en France en 2023, notamment grâce à la participation des secteurs du bâtiment et de l'énergie.

1.3. Le poids de la technologie

On a parfois noté deux façons d'aborder la construction durable : la première en misant tout sur la recherche et de développement (R&D), l'innovation, les hautes technologies, le numérique et l'IA ; la seconde s'intéressant plus aux technologies passives, aux usages, aux changements de comportements. Nombreux sont maintenant ceux qui pensent que la haute technologie ne peut à elle seule résoudre tous les problèmes et permettre d'atteindre les objectifs environnementaux à l'horizon 2050, et qu'il existe une voie intermédiaire. On peut citer Philippe Bihouix², Philippe Madec³ ou encore Stéphane Bourg⁴ et bien d'autres. Les nouvelles technologies peuvent ainsi parfois générer des effets indésirables. Par exemple le numérique *via* les data centers consomme énormément d'énergie (autant que le secteur aérien !) et les batteries actuelles consomment des métaux et terres rares, matières non renouvelables, qui sont des ressources limitées et non locales. De plus, de nombreuses nouvelles technologies sont elles-mêmes énergivores lors de leur utilisation, avec des performances réelles souvent inférieures à celles annoncées, en raison d'un entretien insuffisant ou d'une durée de vie limitée.

Dans le secteur du bâtiment, le béton reste largement utilisé malgré ses fortes émissions de gaz à effet de serre. Les tentatives de réduire son impact carbone, comme le développement de béton bas carbone, se heurtent à d'autres problèmes environnementaux, puisque les matériaux de substitution sont souvent issus de processus de fabrication polluants. En revanche, les matériaux biosourcés constituent une alternative plus efficace car ils agissent naturellement comme des puits de carbone.

Dans le domaine de la conception, des outils comme le BIM, le Big Data et l'IA peuvent contribuer à optimiser l'utilisation des ressources et à améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments. Cependant, on l'a vu précédemment, ces outils nécessitent également des ressources et de l'énergie, ce qui est pénalisant dans un bilan carbone ou une ACV.

D'autres approches, telles que la fabrication hors site pour la rénovation, présentent des avantages en termes de maîtrise des émissions de gaz à effet de serre et de réduction des déchets. Cependant cette solution elle-même a des limites, concernant par exemple le transport sur de trop longue distance qui peut alourdir le bilan carbone.

2 • Philippe Bihouix, spécialiste des ressources minérales et promoteur des *low-tech*.

3 • Philippe Madec, architecte, pionnier de l'écoresponsabilité, et écrivain français

4 • Stéphane Bourg, directeur de l'OFREMI - BRGM

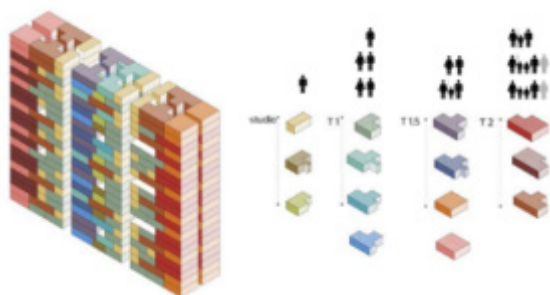


Figure 7. Solution EDERA pour une optimisation constructive.



Figure 8. Solution EnergieSprong.

L'intégration de nouvelles technologies dans le secteur de la construction pour répondre aux défis de la transition écologique doit être analysée avec un regard critique. Il est essentiel de revoir les modèles traditionnels de construction pour les rendre plus durables et résilients. Toute nouvelle approche doit être holistique, prenant en compte les défis environnementaux, sociétaux, démographiques et économiques auxquels nous sommes confrontés.

2. La conception bioclimatique dans son ensemble : modifier le rapport à la Nature en intégrant les spécificités du site et les éléments naturels comme opportunité et non comme obstacle

Faire évoluer les modèles est inéluctable. Mais pour cela, que proposent les architectes, quelles sont leurs idées ou leurs réponses à la complexité de concevoir et réaliser un projet aujourd'hui et pour les années à venir ?

Le premier point abordé ici est essentiel : l'architecture et le rapport à la Nature. La Nature est au cœur de tous les questionnements et de toutes les démarches. Elle est notre « mère » et pourtant nous nous en protégeons car elle peut être menaçante et mortelle. Elle est « nourricière » et pourtant nous la détruisons par exploitation abusive de ses ressources. L'homme est étroitement lié à la nature, qu'il essaye de contrôler, bien qu'elle soit toujours la plus forte. En ce sens le rapport de l'homme à la nature est paradoxal.

Aujourd'hui la Nature reprend ses droits, et demain encore plus qu'hier nous chercherons à nous protéger des événements climatiques extrêmes. Pour cela, il convient d'intégrer plus de Nature justement là où nous l'avons éradiquée ou modifiée. La renaturation est en marche, dans les villes comme en milieu rural, la Nature a subi, au cours du siècle dernier, d'énormes modifications et atteintes qu'il faut réparer. Et pourquoi ne pas construire en laissant entrer la nature dans les bâtiments ?

« Faire avec ce que la nature nous offre » : Philippe Madec, dans l'aménagement des territoires urbains et ruraux, prône une approche de la construction en parfaite harmonie avec la Nature. Au lieu de chercher à contrer les phénomènes naturels, il propose de les intégrer dans la conception architecturale, créant ainsi des bâtiments qui cohabitent de manière symbiotique avec leur environnement. En concevant des structures qui s'adaptent aux variations climatiques et qui tirent parti des ressources naturelles disponibles, il est possible de créer des environnements bâtis qui sont à la fois résilients, durables et esthétiquement intégrés à leur contexte environnemental. Cette approche permet non seulement de minimiser l'impact environnemental des bâtiments, mais aussi de valoriser la richesse et la diversité des paysages naturels.

2.1. Le végétal

Depuis longtemps la nature inspire l'architecte et le concepteur par ses formes dites organiques : c'est le biomimétisme, l'architecture organique, l'architecture intégrée à la nature. L'intégration se fait surtout du point de vue esthétique par le paysage ou les

matériaux de construction. Matériaux eux-mêmes issus de l'environnement proche, la pierre, le bois, la terre, l'ardoise, la paille, extraits au plus près de la construction, pour limiter l'effort et l'énergie du transport. La nature a toujours été une ressource de matière. Les concepteurs en revanche à travers l'histoire, ont cherché à protéger les constructions des éléments naturels, du froid, de l'eau, de la chaleur et du vent. Ils sont alors considérés comme des menaces dont il faut se prémunir.



Figure 9. Écohameau danois

© Anders Bang Kiertzner, présentation à la Conférence internationale MS®IBD du 11 avril 2024.

Certains architectes parlent dorénavant d'Intégration harmonieuse dans l'environnement. Que ce soit en milieu urbain ou rural, chaque projet est pensé en tenant compte des spécificités du paysage environnant, favorisant ainsi la préservation de la biodiversité et la qualité des écosystèmes locaux, considérant les éléments non plus comme des obstacles, mais comme une formidable ressource, puissante et inépuisable.

« Les formes de notre architecture sont obtenues en fonction des matériaux disponibles ». Cette déclaration défend la philosophie du groupe Lendager, représenté par Anders Bang Kiertzner⁵.

Dans le projet d'éco hameau en milieu rural danois, le végétal recouvre les toitures, jusqu'à fondre les bâtiments dans le paysage.

Un autre exemple très représentatif est la ville de Singapour qui intègre la nature, et plus particulièrement le végétal, à la verticale dans le moindre interstice. La nature revient ou s'installe désormais dans le milieu urbain, au-delà des parcs et jardins, comme une composante des bâtiments.

⁵ • Lendager Group (cf bibliographie) représentée par Anders Bang Kiertzner son directeur : agence danoise, spécialiste de la construction durable, mettant l'accent sur l'économie circulaire. L'architecture produite par le groupe se fait avec les matériaux disponibles sur site. Les constructions sont façonnées par les matériaux utilisés ou réutilisés et non l'inverse.

Il est acquis que le moindre arbre, le moindre massif, fait partie de la canopée urbaine, absorbe du CO₂ et contribue à diminuer l'effet d'îlot de chaleur.



Figure 10. Parkroyal on Pickering de Singapour, hôtel de la « ville jardin », Chine.

2.2 L'air et le vent

« La nature a une action continue, l'homme intervient dans la discontinuité, il crée des frontières, des murs, des zones, des limites de propriété... », nous dit Franck Boutté, et l'homme revendique cette discontinuité, même s'il met en péril les cycles naturels. « Aucun enfermement entre les notions de matériaux, bâtiment, territoire ne devrait être la règle, tout est dans un ensemble cohérent appartenant au système Terre. L'urbaniste porte cette vision transverse afin d'évaluer, pour chaque échelle, les conséquences des choix sur les grands équilibres. »

Ainsi Franck Boutté nous explique qu'il faut passer de la géographie à l'intime : laisser entrer le vent dans les rues, à l'échelle de la ville, du quartier, de l'îlot et du bâtiment, pour finalement l'accueillir dans la pièce de vie.

Philippe Madec explore l'échange entre intérieur et extérieur, et utilise les éléments naturels, la lumière et le vent. Dans le projet du square Delzieux à Saint-Nazaire, l'orientation bioclimatique des bâtiments permet de se protéger des vents dominants, chaque pièce comporte une fenêtre pour laisser entrer la lumière et l'air, et un système ingénieux de cheminées en toiture permet d'apporter de l'air renouvelé dans les logements, se dispensant de ventilation mécanique. On se protège des vents trop forts et en même temps on le laisse entrer de façon douce par la toiture.

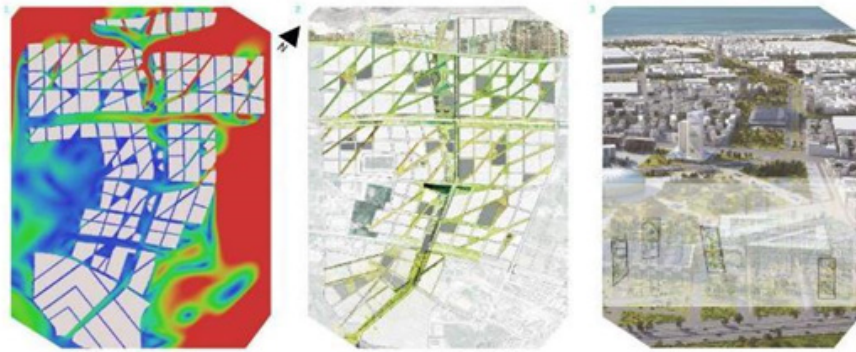


Figure 11. La trame aéraulique de l'Écocité Zenata

© Franck Boutté, présentation à la conférence Internationale MS@IBD du 11 avril 2024.

Ainsi Franck Boutté nous explique qu'il faut passer de la géographie à l'intime : laisser entrer le vent dans les rues, à l'échelle de la ville, du quartier, de l'ilot et du bâtiment, pour finalement l'accueillir dans la pièce de vie.

Philippe Madec explore l'échange entre intérieur et extérieur, et utilise les éléments naturels, la lumière et le vent. Dans le projet du square Delzieux à Saint-Nazaire, l'orientation bioclimatique des bâtiments permet de se protéger des vents dominants, chaque pièce comporte une fenêtre pour laisser entrer la lumière et l'air, et un système ingénieux de cheminées en toiture permet d'apporter de l'air renouvelé dans les logements, se dispensant de ventilation mécanique. On se protège des vents trop forts et en même temps on le laisse entrer de façon douce par la toiture.



Figure 12. Saint-Nazaire projet Ville Port : Réalisation de 96 logements

© Philippe Madec, présentation à la conférence Internationale MS@IBD du 11 avril 2024.

Un autre exemple pour une médiathèque, où de petites fenêtres latérales peuvent être ouvertes pour créer des courants d'air, et rafraîchir l'air ambiant.



Figure 13. Médiathèque © Philippe Madec, présentation à la conférence Internationale MS® IBD du 11 avril 2024.

2.3. Le soleil et l'ombre

Anne Démians⁶ définit ainsi le rapport entre l'architecture et le site : « Le rapport intime de l'architecture au site crée un récit dynamique [...] La vision mécanique, nous a éloignés de la vision antique et de la Renaissance, qui considère que la poésie du monde est dans l'incalculable, dans la perfection de la nature, dans l'immanence. Notre lien avec un imaginaire collectif autour de la nature est donc à reconstruire. »

L'exemple du Centre de Congrès d'Alicante, dans le sud-est de l'Espagne, est une illustration de son approche. Ce bâtiment se veut le reflet de l'histoire du site, marquée par la fin de la guerre d'Espagne en 1939, tout en tenant compte des contraintes climatiques de la région. L'architecture proposée, conçue pour minimiser les dépenses énergétiques et l'empreinte carbone, met en valeur le concept « d'éloge de l'ombre », pour répondre au climat caniculaire, hommage à l'œuvre poétique de l'écrivain japonais Jun'ichiro Tanizaki (cf. bibliographie). Les espaces publics sont pensés pour être ventilés et confortables toute l'année, favorisant ainsi les rencontres et les échanges. En intégrant les récits historiques, les défis climatiques et les spécificités locales, le bâtiment devient un exemple de symbiose entre l'architecture et son environnement. Il illustre la capacité de l'architecture à raconter des histoires, à créer des liens avec son contexte tout en anticipant les besoins futurs de la société.

Un autre exemple de l'approvisionnement des rayons du soleil, dans le travail de Philippe Madec, avec cette mantille en bois, comme une double peau, qui filtre le rayonnement, tout en laissant passer gracieusement la lumière et le vent.

6 • Anne Démians, architecte, directrice de l'agence Architectures Anne Démians, présentation à la conférence internationale MS®IBD du 11 avril 2024.



Figure 14. Centre de Congrès d'Alicante

© Anne Démians, présentation à la conférence Internationale MS®IBD du 11 avril 2024

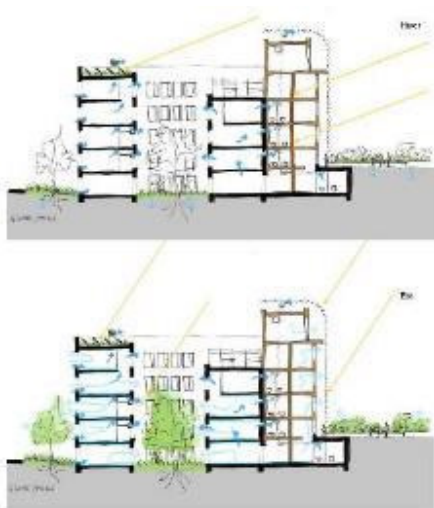


Figure 15. Plans en coupe et vue d'un immeuble
© Philippe Madec, présentation à la conférence internationale MS®IBD du 11 avril 2024.



2.4. Le territoire et l'eau

La forêt en France a bénéficié une attention particulière depuis le Moyen Âge, car elle était au cœur de la vie économique et sociale, gage de puissance économique et militaire. Toutefois la Forêt française, bien qu'elle occupe toujours une part importante du territoire, est fragilisée voire menacée car la filière bois n'est pas suffisamment bien organisée pour pouvoir fournir du bois de construction de qualité en quantité suffisante, alors que la construction bois tend à se développer.

Le milieu agricole a subi des modifications profondes au lendemain de la deuxième guerre mondiale, s'appuyant sur un modèle productiviste recherchant des rendements élevés. Les agriculteurs ont modernisé leur activité en mécanisant l'exploitation agricole. Les parcelles ont été remembrées pour augmenter les gains de productivité, conduisant à la destruction des obstacles naturels : haies, bosquets, assèchement des mares, ayant pour conséquence la destruction de la biodiversité. Le nombre d'agriculteurs a fortement baissé, les exploitations se sont donc agrandies, profitant du regroupement des exploitations existantes et des modifications parcellaires. Et pourtant, comme le déclare Guillaume Sainteny⁷ : "les espaces naturels fonciers non bâtis, agricoles et forestiers, sont en situation de rentabilité négative". L'hectare d'espace naturel en France est taxé et réglementé comme nul autre pays en Europe, faisant de l'hectare français le plus dévalorisé des pays européens, ce qui explique selon lui en grande partie l'artificialisation des sols.

Certains architectes défendent la frugalité des territoires, et vont dans le sens de la loi ZAN. Dans le but encore une fois de faire mieux avec moins, d'utiliser les ressources en territoire exploitables, sans artificialiser d'avantage. Néanmoins cette notion pour la ruralité n'est pas vraiment abordée par les intervenants, on parle d'avantage du milieu urbain que du milieu rural. Or, certains territoires ruraux mériteraient eux-aussi d'être réinventés, pour répartir la population, redynamiser d'anciens centres-villes délaissés, valoriser des espaces culturels et historiques, et bénéficier de conditions climatiques bien plus supportables qu'en agglomérations.

Enfin, l'eau, ennemie du bâti mais élément de vie, entraînant pénurie ou excès. Dans le projet de l'éco-village des Noés à Val-de-Reuil, l'eau entre sur le terrain. Sur les rives de l'Eure, le positionnement des constructions dans le site permet d'accueillir les débordements de la rivière dans un voisinage serein et attendu. Sans reconstruire dans les zones inondables, ce qui a amené certains actifs à être « échoués », le projet de l'architecte invite encore une fois à accueillir l'élément, sans le combattre. Lorsque le terrain n'est pas inondé, il sert de plaines de jeux.

⁷ • Guillaume Sainteny, spécialisé en sciences politiques et développement durable, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 11 avril 2024



Figure 16. Projet éco-village des Noés à Val-de-Reuil

© Philippe Madec, présentation à la conférence Internationale MS@IBD du 11 avril 2024.

3. Faire mieux avec moins : *Best but less* / *Right-tech*

3.1 La question des ressources

3.1.1 La sobriété en matériaux

L'innovation, dans le secteur de la construction, se tourne de plus en plus vers des solutions éco responsables pour répondre aux défis du changement climatique et de durabilité. Parmi elles, se distingue une approche dénommée *right-tech*, qui prône l'utilisation de technologies appropriées, souvent simples, et respectueuses de l'environnement en visant l'emploi de ressources locales proches du lieu de construction, le bon matériau (ou la bonne technologie) au bon endroit.

L'exemple du « béton d'huître » utilisé sur le secteur du bassin d'Arcachon en est une parfaite illustration. Il s'agit d'un type de béton qui incorpore des coquilles d'huîtres broyées comme substitut partiel ou total des agrégats traditionnels tels que le gravier. Résolument écologique, son utilisation comme matériaux de construction permet de réduire les déchets, mais aussi de limiter la consommation de ressource plus critique. Autre intérêt, il réduit le coût carbone lié à l'extraction et aux transports des agrégats. Les premières études démontrent que les coquilles d'huîtres améliorent la résistance à la compression du béton.

Toujours dans une approche *right-tech*, une autre technique réapparaît : le pisé, alliant harmonieusement tradition et modernité. Il s'agit d'un mode de construction traditionnel composé de terre crue compactée. La terre crue, utilisée depuis des millénaires,

fait un retour dans la construction moderne grâce à ses qualités écologiques, sa disponibilité locale et ses performances en confort d'été.

Son impact environnemental est minimal puisque la terre crue ne nécessite aucune cuisson ni traitement chimique important. Ce matériau régule naturellement l'humidité et la température favorisant le maintien d'un climat intérieur confortable, en absorbant ou en relâchant l'humidité selon les conditions.

Idéale pour la construction de maisons, d'ateliers, d'écoles et autres bâtiments où le confort thermique est une priorité, la terre crue peut aussi être utilisée pour des éléments de design intérieur comme les murs de séparation ou les enduits décoratifs.



Figure 17. Murs en pisé, Cantenac Brown

© Philippe Madec, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 11 avril 2024.

L'adoption de matériaux tels que ceux exposés pourrait transformer l'industrie de la construction en réduisant son empreinte écologique / carbone. L'intégration de ces matériaux, permet de répondre non seulement aux normes environnementales de plus en plus strictes mais aussi à une demande croissante pour des bâtiments plus durables.

Réglementer leurs emplois, modifier la perception publique et former massivement les professionnels, est une partie des défis à relever pour démocratiser les pratiques *right-tech*.

3.1.2 Le réemploi des matériaux

Le réemploi des matériaux dans la construction est en pleine expansion car le processus contribue à la réduction de l'impact environnemental. Cette approche novatrice soulève néanmoins quelques questions d'ordre juridique, assurantiel et technique. En effet, dans certains domaines comme celui de l'incendie, il est par exemple exigé la fourniture de procès-verbaux. À cela s'ajoute des enjeux de traçabilité : procédé de démontage, transport et (re) mise en œuvre.

Une première approche de solution consiste à développer des banques de matériaux. Pour cela, des plateformes comme Cycleup, Mineka, Opalis ou Valobat, (*cf.* bibliographie) rayonnent déjà sur le secteur européen. Le fournisseur Mobius Réemploi (*cf.* bibliographie), s'engage quant à lui sur la fourniture d'une assurance décennale et civile sur ses matériaux de réemploi.

Par ailleurs, cette pratique nécessite l'acquisition de nouvelles compétences, notamment en matière d'évaluation, de traitement et de réintégration des matériaux usagés dans de nouveaux contextes de construction. Cela a conduit à la création de nouveaux cursus de formation et filières professionnelles dédiés à l'économie circulaire dans le secteur de la construction.

Ces initiatives illustrent bien comment le réemploi des matériaux peut transformer l'industrie de la construction, non seulement en termes de durabilité, mais aussi en créant de nouvelles opportunités économiques et éducatives.

À l'avenir, on pourrait très bien envisager, dès la phase construction ou dépôt d'un permis de construire, d'annexer une notice de démontage des matériaux et équipements, en vue de sa déconstruction (et non plus démolition), favorisant ainsi grandement le réemploi de matériaux de construction ou de rénovation de futurs bâtiments.

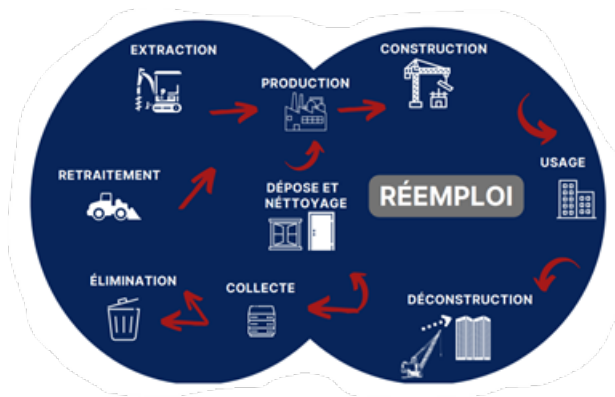


Figure 18. Le réemploi des matériaux © RLB | SQA, <https://rlbfrance.fr/>

3.1.3 *Urban mining* : équipement financé par l'équipementier matériaux / service

Le concept d'*urban mining*⁸ promeut une gestion durable des ressources urbaines, en encourageant la récupération et la réutilisation de matériaux et d'énergie. Dans ce modèle, l'équipementier conserve la propriété de l'équipement mais il est responsable du cycle de vie complet du produit. Cela signifie que les équipements, tels que les systèmes CVC⁹, l'éclairage ou même les véhicules, ne sont pas vendus mais fournis en tant que service. Ce modèle encourage les fabricants à concevoir des produits plus durables, faciles à entretenir, réparer et recycler, réduisant ainsi les déchets et optimisant l'utilisation des ressources.

Une application innovante illustrant le concept est celle des véhicules électriques utilisés comme dispositifs d'énergie pour les bâtiments : la nuit, ces véhicules sont chargés, puis, le jour, ils fournissent de l'énergie aux infrastructures urbaines, créant un système énergétique régénératif. Ce modèle favorise l'économie circulaire, réduit les déchets et améliore l'efficacité énergétique, redéfinissant ainsi les interactions entre transport, énergie et urbanisme.

3.2 L'énergie

Au cours des quinze dernières années, l'accent mis exclusivement sur la recherche de la performance énergétique dans la construction est considéré par certains experts comme une erreur.

Anders Bang Kietzner par exemple, soutient que la focalisation sur la performance énergétique a peut-être détourné l'attention d'autres approches également efficaces pour réduire l'impact écologique des bâtiments. Selon lui, viser une basse consommation d'énergie ne signifie pas nécessairement zéro consommation et peut parfois résulter de pratiques d'utilisation restrictives ou contre-productives.

Aux États-Unis, le concept de bâtiments à énergie zéro est défini par le ministère de l'Énergie comme des constructions où l'énergie annuelle nette consommée est égale ou inférieure à l'énergie renouvelable produite sur site.

Cette définition s'inscrit dans le cadre du l'IECC (International Energy Conservation Code), qui, depuis les années 1970, réglemente la sécurité et la conservation de l'énergie dans les bâtiments américains. Les appendices « Zero Code » de l'IECC encouragent une efficacité énergétique accrue et l'utilisation des énergies renouvelables pour les bâtiments résidentiels et commerciaux dans le but de minimiser la consommation énergétique et les émissions de carbone.

⁸ • L'*urban mining*, ou « exploitation minière urbaine », est un concept qui vise à extraire les matières premières nécessaires à la fabrication des produits, non pas du sol ou de la nature, mais de la « ville ».

⁹ • Climatisation, ventilation, chauffage

3.2.1 Chauffage et refroidissement systèmes mécaniques

Les systèmes CVC présentent des consommations énergétiques et auxiliaires importantes tout au long du cycle de vie d'un bâtiment. Certaines approches visent à réduire la dépendance à ces systèmes en promouvant une intégration harmonieuse de l'architecture dans son environnement naturel.

Le *modus operandi* de Philippe Madec mais aussi ceux suggérés par certaines normes américaines liées à l'efficacité énergétique, se présentent comme des voies innovantes pour repenser le chauffage et le refroidissement des bâtiments.

En défendant une vision novatrice de la construction durable, bien loin du high-tech et des systèmes et solutions traditionnels, Philippe Madec incite les professionnels du secteur à abandonner les solutions technicistes telles que la climatisation et la VMC¹⁰, qu'il juge responsables d'une consommation excessive d'énergie. Il prône un design qui atteint le niveau passif, où les besoins en chauffage sont quasiment nuls grâce à une stratégie efficace combinant isolation extérieure, inertie thermique à l'intérieur, et une utilisation judicieuse des apports solaires. La généralisation de cette approche nécessiterait probablement une évolution des réglementations.



Figure 19. Plan traversant ventilation naturelle

© Philippe Madec, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 11 avril 2024.

Aux États-Unis, la norme ASHRAE¹¹ 90.1 - 2019, mise à jour en 2022, reflète également une tendance vers une plus grande efficacité énergétique. Cette norme impose des critères stricts pour l'enveloppe du bâtiment (murs, sols, fenêtres) ainsi que pour la performance des équipements mécaniques de chauffage, de refroidissement et de production d'eau chaude. Ces exigences visent à minimiser la consommation énergétique globale des constructions, en mettant l'accent sur l'efficacité et la durabilité.

¹⁰ • Ventilation mécanique contrôlée

¹¹ • American Society of Heating, Refrigerating and air-Conditioning Engineers

3.2.2 Le tout électrique ou la surconsommation de ressources en minéraux

Le développement de l'électricité, notamment dans le cadre de la transition énergétique vers des sources plus propres, soulève des préoccupations importantes concernant les impacts environnementaux indirects, en particulier l'extraction accrue de métaux rares et de cuivre. Fabrice Bonnifet¹² et Aurore Stéphan¹³, mettent en lumière les défis cachés d'un « pseudo ou fausse transition ».

La transition vers des technologies basées sur l'électricité, comme les voitures électriques, les énergies renouvelables et les infrastructures de réseaux intelligents, exige une quantité significative de métaux rares et de cuivre. Ces matériaux sont essentiels pour la fabrication de batteries, de moteurs électriques, de turbines éoliennes, de panneaux solaires et d'autres composants clés des systèmes énergétiques modernes. Aurore Stéphan souligne que cette transition pourrait multiplier par trois la demande mondiale de cuivre, métal indispensable à une bonne conductivité électrique.

Or, l'extraction de cuivre et de métaux rares est une activité à forte intensité énergétique et souvent associée à des problèmes écologiques significatifs, comme la déforestation, la pollution de l'eau et du sol, ainsi que des conflits sociaux liés aux droits des communautés locales et des travailleurs dans les mines. Ces impacts soulèvent des questions sur la durabilité réelle de la transition énergétique si elle repose sur des ressources non renouvelables et difficiles à extraire.

Un des grands défis serait donc le développement d'une économie circulaire appliquée à ces matériaux. Recycler le cuivre et les métaux rares devient un impératif pour réduire les quantités de matériaux extraits ainsi que la dépendance aux pays producteurs ou transformateurs (notamment le Chine). Mais les infrastructures actuelles de recyclage sont insuffisantes pour répondre à la demande croissante. L'innovation dans ce domaine devient urgente.



Figure 20. Mine de cuivre à ciel ouvert.
Associated press/Abraham Teran

¹² • Fabrice Bonnifet, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 11 avril 2024

¹³ • Aurore Stéphan, ingénieure géologue minier, diplômée de l'École nationale supérieure de géologie de Nancy.

3.2.3 Chauffage urbain / mix énergétique

Le chauffage urbain, associé à un mix énergétique diversifié, constitue une stratégie clé pour accroître l'efficacité énergétique et réduire les émissions carbone des zones urbaines. Le principe : utiliser un réseau centralisé et mutualisé pour fournir de la chaleur provenant de diverses sources énergétiques telles que la géothermie, la biomasse, le solaire thermique ou encore la récupération de chaleur des processus industriels. Le mix énergétique ainsi verdi en intégrant plusieurs sources d'énergie, offre une solution flexible et durable pour répondre aux besoins de chauffage des bâtiments tout en minimisant l'impact environnemental.

Le projet Nancy Thermal, mené par Anne Démians, constitue un bon exemple pour comprendre comment le chauffage urbain et un mix énergétique innovant peuvent être exploités pour optimiser la gestion des ressources énergétiques tout en minimisant l'empreinte carbone d'une infrastructure publique.

Nancy Thermal tire parti d'une source d'eau chaude thermale locale. Cette singularité géologique permet au projet de se distinguer par son excellence énergétique. La source thermale fournit une grande partie de l'énergie nécessaire pour chauffer les bassins et les espaces du complexe, réduisant ainsi considérablement la dépendance aux sources d'énergie conventionnelles plus polluantes.

De plus, Nancy Thermal est intégré au réseau de chauffage urbain de la ville. Cette connexion permet une gestion optimisée et partagée de la distribution de la chaleur.

Ce projet est un exemple éloquent de la manière dont les technologies de chauffage urbain et les stratégies de mix énergétique peuvent être appliquées de manière innovante et écologiquement responsable. Il montre comment les villes peuvent rentabiliser des ressources locales, géologiques ou autres, pour réduire leur dépendance aux énergies fossiles et améliorer la durabilité des infrastructures.



Figure 21. Les thermes de Nancy, élévations

© Anne Démians, présentation à la conférence internationale MS®IBD du 11 avril 2024.

4. L'humain comme levier du changement

La réduction des émissions de gaz à effet de serre est l'un des défis environnementaux les plus préoccupants. D'autant que tous les pays ne contribuent pas de manière égale à ces émissions. Cette disparité entre le « *global north* » et le « *global south* » souligne la nécessité d'un changement radical de certains modes de consommation et de production.

4.1 L'intensification et la diversification des usages, jusqu'à la réversibilité

Le modèle régénératif, approche innovante, vise à réduire l'impact environnemental et à favoriser une croissance durable. Ce modèle transcende le *Business As Usual* traditionnel en mettant l'accent sur la réduction des émissions de carbone, l'inclusion sociale, et le respect des limites planétaires. Le concept de BHEP (bâtiment hybride à économie positive), développé par Bouygues en collaboration avec Carbone 4¹⁴, illustre cette approche. Il repose sur quatre grandes idées : une conception bioclimatique, des systèmes de chauffage et de refroidissement sans aucun système mécanique (thermorégulation), une hybridation et une intensification des usages, et le réemploi des matériaux (banque dédiée).

L'hybridation et l'intensification des usages sont des éléments clés du BHEP. De nombreux bâtiments sont conçus pour un usage unique, entraînant des niveaux élevés de sous-occupation. Près de 49 % des espaces ne sont pas utilisés ou sont sous-occupés. Le BHEP propose de repenser ces espaces, en favorisant une « haute qualité d'usage », par exemple en louant une partie de son logement ou en permettant à d'autres utilisateurs d'occuper des espaces inutilisés.

L'impact est double : une réduction de la nécessité de construire de nouveaux bâtiments et l'optimisation de l'utilisation des ressources existantes.

Le BHEP intensifie également l'utilisation des bâtiments tertiaires qui ne sont utilisés qu'entre 20 % et 25 % du temps, le télétravail accentuant cette désertification. Les espaces partagés entre plusieurs types d'utilisateurs augmentent la durée d'utilisation globale. Si l'intensification d'usage soulève des questions de sécurité et de conformité réglementaire, les outils numériques peuvent y apporter des réponses efficaces.

Plus coûteux à construire, ces bâtiments offrent des coûts d'exploitation réduits et ils génèrent des recettes d'exploitations de l'ordre de 20 %, selon Fabrice Bonnifet. L'énergie produite in situ est autoconsommée, l'excédent est vendu au voisinage immédiat. L'utilisation des espaces s'adapte aux usages selon l'heure de la journée. Hors horaires de travail, les salles de réunion, l'auditorium, le restaurant, le rooftop peuvent être loués. Le parking devient un hub d'électromobilité pour les habitants du quartier...

14 • Cabinet de conseil spécialisé dans la transition écologique et la lutte contre le changement climatique

Ce concept de BHEP encourage la flexibilité des bâtiments pour assurer leur adaptabilité, contribuant à une approche plus durable et régénérative. Anne Démians développe ces mêmes approches dans son travail. Elle met en lumière les limites de la standardisation dans l'architecture et plaide pour des solutions agiles, sur mesure. Elle milite pour une approche réglementaire et décisionnelle plus flexible, capable de répondre aux besoins changeants des usagers, aux rythmes économiques fluctuants et aux réalités environnementales.

Dans le projet Black Swan à Strasbourg, son concept de « réversibilité » prend vie. Elle démontre la capacité de l'architecture à s'adapter aux différentes fonctions sans compromettre son intégrité structurelle. La réalisation des Black Swan incarne sa réflexion théorique et opérationnelle sur l'architecture réversible. Cette flexibilité unique repose autour de cinq axes spécifiques : un pas d'étage de trois mètres, une trame structurale unique, des noyaux verticaux intégrant les réglementations conservatoires, des plans sans murs porteurs et des espaces extérieurs généreux abrités du soleil et des regards. Cette réversibilité permet aux bâtiments de s'adapter à diverses fonctions au cours de leur cycle de vie, favorisant la rentabilité et la durabilité à long terme.

Trois principaux ajustements réglementaires sont nécessaires pour permettre cette réversibilité : la réglementation fiscale qui diffère selon le type d'usage, la réglementation incendie distincte entre bureaux et logements, et les procédures administratives pour permettre le dépôt de permis à double usage dès le début du projet.

Cette vision flexible des bâtiments s'oppose à la culture du jetable et propose une alternative durable. L'affirmation d'Anne Démians, « construire un bâtiment réversible, c'est une proposition militante, contre le gaspillage, et comme une alternative à la société du jetable, la société Kleenex, qui a prévalu jusqu'à aujourd'hui », traduit bien cet esprit.

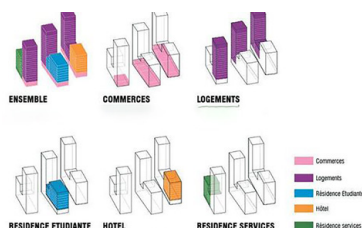


Figure 22. Projet Black Swan © Anne Démians, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 11 avril 2024.

Le concours d'architecture du projet Black Swan, dont l'objectif était de revitaliser la presqu'île André Malraux, démontre aussi l'importance d'une approche en trois échelles : le territoire, le quartier et le bâtiment. À l'échelle du territoire, la revitalisation

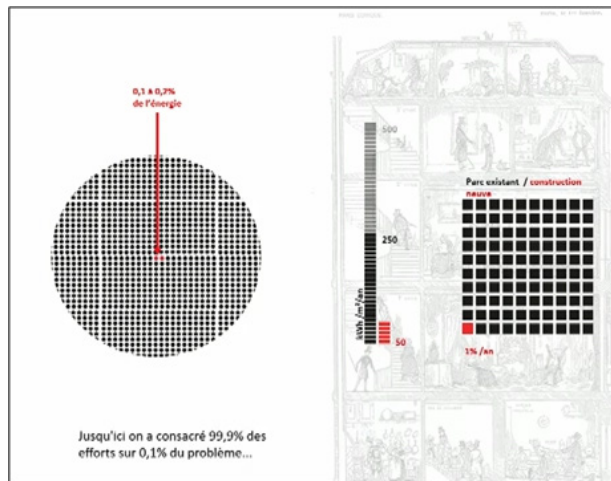
de la presqu'île fait contribuer l'architecture à la redéfinition des connexions urbaines et à la création d'espaces publics de qualité. À l'échelle du quartier, la densité verticale, la proximité entre lieux de vie et de travail permettent une utilisation plus efficiente des ressources. Au niveau du bâtiment, la flexibilité et la réversibilité des espaces offrent des opportunités de changement.

Ces visions transcendent les limites traditionnelles de la conception et de la construction des bâtiments actuelles. La complexité réside dans cette adaptation aux usages. Ces solutions architecturales hybrides, adaptables et réversibles, plaident pour une occupation optimale permettant d'envisager des villes plus durables.

4.2 Les stratégies de « l'atténuation » et de « l'adaptation »

Depuis les années 2000, les enjeux de la transition écologique ont été principalement abordés sous l'angle de la consommation d'énergie et de l'isolation thermique des bâtiments. Cette stratégie d'atténuation s'est limitée à la construction neuve.

Or, comme souligné dans notre constat, le neuf représente une part marginale de l'effort global à considérer compte tenu des enjeux énergétiques emportés et du stock de logements existants.



Figures 23 et 24. « Jusqu'ici on a consacré 99,9 % des efforts sur 0,1 % du problème »
© Franck Boulté, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 11 avril 2024.

Réhabiliter les structures existantes devient crucial plutôt que de construire du neuf. Il est maintenant fondamental de développer des stratégies d'adaptation, après avoir mis l'accent sur la baisse de la consommation d'énergie et la réduction d'émissions de GES.

Néanmoins des freins majeurs à la réhabilitation comme la localisation et donc l'attractivité, sa configuration ou encore son irrigation en matière de mobilité, ralentissent la généralisation de ce modèle. Pourtant, ce modèle présente de forts avantages comme la réduction de l'énergie grise. Il consomme bien moins de matériaux neufs et réduit ainsi l'impact de processus énergivores comme la fabrication et le transport de matériaux.

De plus, la réhabilitation permet une diminution significative des déchets ainsi que la préservation de la biodiversité. En évitant de construire sur des terrains vierges, elle favorise la préservation des habitats naturels et la biodiversité locale.

Le renouvellement urbain étant limité, le concept « la réhabilitation par défaut, le neuf par exception » prend tout son sens. Les événements récents, comme la crise sanitaire et les étés meurtriers de 2022, ont mis en lumière l'urgence de cette adaptation. Le faible taux de renouvellement de la ville impose d'optimiser ce qui est déjà construit. Franck Boutté¹⁵ souligne que cette adaptation nécessite « le » grand changement.

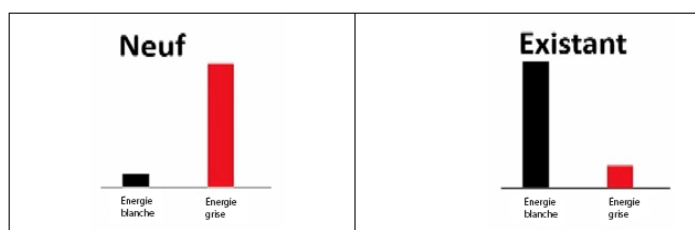


Figure 25. Énergies blanches/grises.

© Franck Boutté, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 11 avril 2024¹⁶.

¹⁵ Conférence de Franck Boutté à l'École nationale supérieure d'architecture de Grenoble (ENSAG), donnée le 17 avril 2023.

¹⁶ Énergie grise : énergie de stock qui représente le carbone stocké dans les matériaux de construction et les équipements techniques. Énergie blanche : énergie des flux ou de consommation.

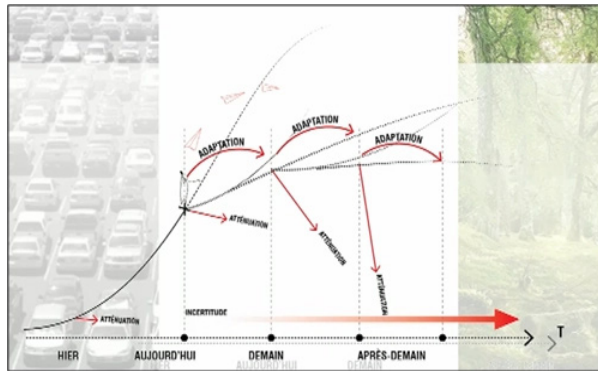


Figure 26. De l'atténuation ... à l'adaptation

© Franck Boutté, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 11 avril 2024.

Le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) a montré qu'il est fort peu probable de revenir aux conditions antérieures. L'optimisation des bâtiments existants devra se faire avec vigilance afin de supporter au mieux les épisodes caniculaires et scénarios futurs. Adapter la capacité de résilience climatique dans un objectif de confort d'été et veiller à ne pas la dégrader, est devenu un enjeu majeur.

Pour relever les défis de demain, l'adaptation doit innover. La construction neuve doit être appréhendée en rupture, comme un terrain d'expérimentation afin d'améliorer le territoire d'accueil et de concevoir de nouvelles synergies urbaines. Franck Boutté souligne que « le neuf doit être l'exception par la rareté et le caractère exceptionnel ».

L'expérimentation ainsi permise dans le neuf sert d'effet de levier pour de nouvelles pratiques vers la mise en œuvre de dispositifs innovants, transposables à l'existant, pour finalement être massifiés.

L'adaptation, l'atténuation sont les éléments essentiels qui permettront de faire face aux enjeux du bâtiment dans un contexte évolutif. La décarbonation doit être abordée dans son ensemble, en s'attaquant non seulement aux émissions directes des bâtiments, mais aussi en incitant les comportements à faible impact carbone et en servant de modèles pour infléchir les politiques publiques. Pour atteindre ces objectifs ambitieux de réduction des émissions de GES, l'engagement de tous les acteurs, y compris la mobilisation citoyenne, est indispensable.



Figure 27. Équivalent CO² par habitant par an

© Franck Boutté, présentation à la conférence Internationale MS@IBD du 11 avril 2024.

4.3 Le concept de *frugalité heureuse* ... n'est pas la sobriété

Philippe Madec envisage durablement notre relation à notre environnement naturel et social. Il prône une économie des ressources, ainsi qu'une adaptabilité aux besoins évolutifs de la société. Il développe dans son livre *Mieux avec moins* l'idée que les bâtisseurs doivent œuvrer pour le bien-être des gens avec moins de ressources, tout en créant des bâtiments harmonieux et fonctionnels.

En rédigeant le *Manifeste pour une frugalité heureuse*, Philippe Madec, théorise le concept de frugalité, qui évoque une vision positive du monde, par opposition à la sobriété, qu'il considère comme une injonction négative, où l'on cherche à optimiser les ressources tout en respectant l'histoire, la culture, le tissu local et les habitants. Et il donne la définition suivante : « La frugalité c'est la récolte du fruit. Elle est toujours juste et fructueuse quand elle ne blesse pas la terre et rassasie ceux qui la font. »

Le rapport du Club de Rome de 1997, intitulé *Facteur 4*, propose de multiplier par deux le bien-être tout en consommant deux fois moins de ressources. Les principes de la frugalité heureuse reposent sur ces fondamentaux. Quatre types de frugalité sont distingués :

- en ressources : elle vise à minimiser le gaspillage matériel et le réemploi des matériaux et l'utilisation avec justesse des ressources disponibles ;
- en technologie : plus un système est complexe, plus il est susceptible de tomber en panne. Les solutions simples doivent être privilégiées, comme la ventilation naturelle au lieu de la climatisation ;
- en énergie : le soleil fournit chaque jour l'énergie verte nécessaire pour soutenir l'établissement humain. Il s'agit de moissonner cette énergie de manière simple et efficace ;
- en territoire : il s'agit d'utiliser le moins possible de territoire et de privilégier la valorisation des bâtiments existants. Faire avec ce qui est là, faire évoluer ce qui est là, réparer ce qui est là, réhabiliter ce qui est là.

Enfin, les architectes et bâtisseurs doivent se rappeler que leur métier est politique. Ils ne sont pas là seulement pour rendre les choses belles, créer des objets esthétiques. Leur travail est aussi d'accueillir les sociétés dans les territoires, en tenant compte des attentes des utilisateurs et des cultures locales. La frugalité propose une voie équitable, responsable et durable qui, en plus d'être nécessaire pour l'environnement, peut également rétablir des liens entre les individus et le tissu local.

4.4. La transversalité des compétences et des savoir-faire

Les acteurs de la construction doivent désormais penser au-delà d'une approche linéaire et verticale pour intégrer des visions plus complexes et systémiques. Cela signifie conjuguer la complexité de l'immobilier dans ses valeurs intrinsèques actuelles et futures, tout en tenant compte des écosystèmes du monde vivant. Il est essentiel de changer de paradigme, passant d'une approche linéaire à une démarche matricielle qui implique une mutation dans la façon de conduire les projets. Franck Boutté appelle cela la transdisciplinarité, où les limites sont interrogées non seulement dans leur périmètre immédiat, mais aussi au-delà. Aucun acteur, dans le contexte actuel, particulièrement complexe, quel que soit son domaine d'expertise, ne peut répondre seul aux questions posées.

La formation et la transmission des savoirs et des savoir-faire sont des enjeux majeurs du secteur. Les compagnons, par exemple, démontrent leur capacité à embrasser cette approche en faisant des détours pour rejoindre des chantiers, tout en incitant les autres compagnons rencontrés en chemin à participer également. Cela illustre la nature collaborative et collective nécessaire pour aborder des projets dans un contexte où la complexité règne en maître. Pour répondre aux défis des systèmes complexes, le travail collaboratif, l'apprentissage continu et le partage des connaissances sont plus importants que jamais.

4.5. L'envie de changement vs la réticence aux changements

Les questions sociales et écologiques sont au cœur des préoccupations actuelles. Anne Démians l'affirme : « Nous savons que nous allons devoir penser autrement nos villes, nos campagnes avec le réchauffement climatique, notamment pour atteindre cette fameuse neutralité carbone ». Son affirmation traduit son interrogation sur la direction que nous prenons dans un contexte où l'écologie est parfois perçue comme punitive, prônant la décroissance comme seule issue, tandis que la technocratie rationalise sans définir des objectifs clairs et humanistes.

Pour imaginer la ville du futur, il ne s'agit pas seulement de survivre dans un monde en transition, mais de trouver des moyens d'y vivre pleinement. Nos cadres de vie de demain devront être esthétiques. Cela implique de penser l'équilibre complexe et pluriel entre réalités climatiques, scientifiques, sociales, techniques et besoin de durabilité, d'innovation, de participation citoyenne et de respect de nos cultures et de nos histoires. L'usager doit être au centre des projets. Il est nécessaire de réfléchir en amont pour qui et pourquoi nous construisons. Les progrès technologiques apportent des bénéfices, mais la modernité, ou la pensée moderniste, a parfois une vision du monde trop mécaniste, éloignant la poésie et l'immanence de la nature. Le temps du narratif, du partage, de l'expérience sensible doit être restauré. La normalisation et la

pensée technocratique ne devraient pas brider l'imagination de l'être humain, qui a besoin de créativité et d'imaginaire pour se projeter dans l'avenir. Comme le disait Einstein, « L'imagination est plus importante que la connaissance car la connaissance est limitée, tandis que l'imagination englobe le monde entier, stimule le progrès, suscite l'évolution ». Cela rappelle que la voie normative ne peut être la seule approche pour atteindre la neutralité carbone.

L'un des défis majeurs est la résistance au changement. Nous sommes pour le progrès mais contre le changement.

L'agence d'architecture danoise Lendager a élaboré le projet UN 17 Village, qui respecte les dixsept objectifs de développement durable. Ce projet est une démonstration de la possibilité du changement. Les caractéristiques écologiques, sociales et économiques ont été intégrées. Le travail des concepteurs a été de considérer l'harmonisation des besoins en phase avec l'évolution des mentalités de toutes les parties prenantes : acteurs de la construction, usagers et utilisateurs.

Anne Démians, dans ses projets d'architecture, s'attache à développer la dimension poétique et artistique, essentielle pour créer du lien et de l'encapacitation citoyenne. Ses réflexions mettent en lumière la manière dont l'architecture révèle la poésie du monde et transcende la nature. La création architecturale est une reconquête de la liberté créative ; elle illustre la capacité à parler un langage universel et à traverser les arts, permettant des échanges fructueux entre le passé et le futur.

Philippe Madec considère que la vocation des bâtisseurs est de contribuer au bonheur des gens. Cependant, la réalité montre que l'industrie du bâtiment a souvent contribué à détruire le support de son propre métier, la planète. Pour changer de paradigme, il s'emploie à « réenchanter » le monde en travaillant avec les ressources locales, en utilisant moins, en collaborant avec les gens pour réhabiliter un monde habité. La démarche consiste à aller sur le terrain, rencontrer les habitants un par un, leur présenter les maquettes des projets et les impliquer dès la phase de conception. Il constate qu'un permis de construire déposé avec les habitants n'est pas contesté. Le projet est porté par l'intelligence collective.

L'architecture ne se limite pas à la construction. Elle parle des territoires, des cultures. Elle facilite l'acceptation humaine et sociale. Elle favorise la vie collective, la solidarité, et le vivre ensemble. La concertation citoyenne détermine la réussite des projets. Elle permet d'écouter les peurs, les préoccupations et les perspectives diverses. Les habitants s'engagent, créent un projet qui répond à leurs attentes et qui s'enracine dans l'intelligence collective.

Un autre aspect de la conception bioclimatique est le bien-être des occupants en créant des espaces intérieurs confortables, agréables et connectés harmonieusement à l'environnement extérieur. La collaboration avec les parties prenantes locales, le recours à des techniques traditionnelles, et la promotion de jardins partagés ou de

services de proximité sont des moyens d'encourager la solidarité et de renforcer la cohésion citoyenne.

Une réflexion collective, la promotion du vivre ensemble, l'interaction sociale et l'inclusion des habitants sont des principes qui permettent de réinventer notre relation avec le monde et de poser des questions fondamentales sur le type de villes et de sociétés que nous voulons bâtir. Construire durablement ne coûte pas plus cher. L'architecture peut accompagner ce processus de mutation en étant flexible et innovante, capable de répondre aux enjeux écologiques et en favorisant des solutions qui vont au-delà des réglementations.

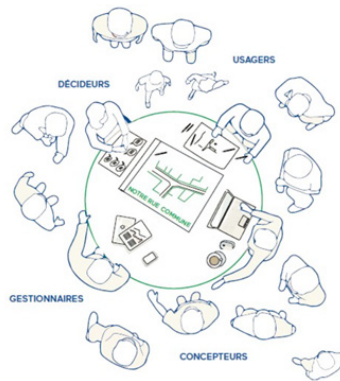


Figure 28. La rue commune © Franck Boutté, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 11 avril 2024.

Conclusion

Pour aborder les défis des villes d'aujourd'hui et de demain, la priorité doit être donnée à l'adaptation. Nous devons revoir la façon dont nous abordons la construction, en mettant l'accent sur la frugalité et l'utilisation responsable des ressources. Le constat d'un faible taux de renouvellement de la ville, nous indique que la réhabilitation des bâtiments existants est essentielle, et que la construction neuve devrait être l'exception, absolument pas la règle.

La réhabilitation doit devenir une pratique courante pour donner une seconde vie à des espaces existants et répondre aux besoins des habitants sans gaspiller des ressources devenues précieuses. Cela signifie repenser l'architecture, non seulement dans sa forme mais aussi dans son objectif, le bien-être des gens, et dans ses moyens, faire mieux avec moins, afin de garantir des espaces existants adaptés aux besoins actuels et futurs.



Figure 29 *Réparons la ville !*, de Christine Leconte, Sylvain Grisot © éditions Apogée, février 2022

Le dérèglement climatique rend nécessaire la Stratégie nationale bas-carbone, exigeant une réduction des émissions de GES du secteur du bâtiment de 95 % d'ici 2050. Cela nécessite de repenser la structure et la fonction des bâtiments existants, tout en garantissant leur efficacité énergétique. La rénovation, la transformation et l'adaptation des espaces existants doivent être privilégiées, bien plus que la construction de nouvelles structures.

Pour y parvenir, sont nécessaires des compétences qui relèvent plus de l'artisanat que de la construction industrielle, des pratiques collaboratives qui accompagnent les habitants, des solutions innovantes qui créent des espaces favorisant la communauté et l'inclusion. En évitant la démolition et en maximisant l'utilisation des ressources existantes, nous pouvons créer des villes plus durables et résilientes. Il s'agit de renverser le paradigme qui encourage la construction neuve et l'étalement urbain. Ne plus jeter et reconstruire, nous devons apprendre à transformer et à ajuster, en acceptant l'héritage architectural tout en répondant aux défis du moment : valoriser ce qui est déjà là, favoriser l'inclusion sociale et respecter notre legs environnemental.

Si à l'avenir, les métiers de l'architecture intègrent des missions de conseil, de programmation et d'écoute, les élus locaux accompagnent cette évolution. Leur rôle est prépondérant dans l'animation de la participation citoyenne. Ils agissent comme garants de la démarche et non comme seul décideur et la créativité formelle rend la ville plus désirable. Les programmes, les modes de gestion et les montages opérationnels, juridiques ou financiers permettent cette mutation. Les politiques nationales et la mobilisation financière doivent soutenir l'adaptation globale du bâti et dépasser les seules questions énergétiques.

En fin de compte, comme l'écrivent à deux voix Christine Leconte¹⁷ et Sylvain Grisot¹⁸ dans *Réparons la ville !*, recueil d'une longue conversation, à l'attention des citoyens comme des décideurs, « il ne s'agit pas de rêver d'une ville du futur, mais d'écrire le

¹⁷ • Christine Leconte est architecte, présidente du Conseil national de l'ordre des architectes et enseignante à l'ENSA Versailles.

¹⁸ • Sylvain Grisot est urbaniste, fondateur de dixitnet, agence de conseil et de recherche urbaine engagée pour les transitions et la fabrique de la ville.

futur de nos villes avec ce qui est déjà là ». Recréer une ville humaine et durable où il fait bon habiter commence par la reconnaissance du bâti existant dans sa capacité à être réhabilité. Des transformations créatives, sensibles et fonctionnelles doivent être pensées pour servir le bien commun, tout en ayant à l'esprit que la ville n'est pas simplement un espace à vendre, mais un patrimoine commun à préserver, et à faire évoluer avec soin. Les champs du possible n'ont finalement pour limites, que celles de notre imaginaire.

Introduction

Architects and designers are directly affected by climate change and demographic trends. They are responsible for designing the places where we live, work, play and learn, and are at the heart of global issues such as adapting our habitats to the consequences of climate change. Disruption is inevitable, but its consequences are changeable and difficult to predict.

The future of humanity and that of our natural environment will increasingly depend on our ability to guarantee all people, including the most disadvantaged populations, safe and decent housing and access to essential resources such as energy, water and food. The challenge is to provide dignity, security and comfort for a constantly growing population, while natural resources are running out.

We have entered a complex system in which developers need to rethink their approach, taking into account the interconnections between real estate and its immediate environment (the neighborhood) or its wider surroundings (the city, the region). This multi-scale, interdisciplinary approach, championed by experts such as Franck Boutté,¹⁹ invites us to rethink the conventional limits of architectural and urban projects.

How do architects incorporate the complex nature of the current context into their designs? What are their suggestions for adapting to the world of the future?

Breaking with an approach that has previously been more technical than holistic, and energy-centric, designers need to take into account all the various aspects of a project: environmental, climatic, scientific, social and historical.

After an overview of existing models and a reminder of the regulatory context, we will develop these different approaches along the following lines: the relationship between building and nature, technologies and materials (high tech, low tech and right-tech), frugality (doing better with less) and, finally, forms of use and the role of people.

1. The existing models

The consequences of climate change are tangible, including floods, fires, tornadoes, rising sea levels and drought. Climate events are multiplying and constantly reminding us of the urgent need to act.

The construction sector is responsible for around 30% of greenhouse gas (GHG) emissions and 40% of energy consumption, and generates 46 million tons of waste in France every year, 40% of which is sent to landfill.

¹⁹ • Frank Boutté, engineer, trained architect and urban planner, Atelier Franck Boutté, presentation at the IBD@MS International Conference on April 11, 2024.

We need to rethink our design and site integration models, and the way we use materials. We also need to assess the potential for renovation of older buildings, and integrate sustainable development criteria into all our projects, both for new builds and renovations. The aim is to reduce the direct and indirect impact of buildings on the environment.

1.1. A model challenged by new issues

Since the beginning of the 20th century, the development of our societies has depended on the exploitation and use of natural resources considered to be inexhaustible. But we now know that stocks are being depleted and cannot regenerate fast enough to meet demand.

The exploitation of fossil fuels and minerals, and the production of building materials, all damage and transform the environment: GHG emissions, air, water and soil pollution, and loss of biodiversity could even lead to complete collapse.

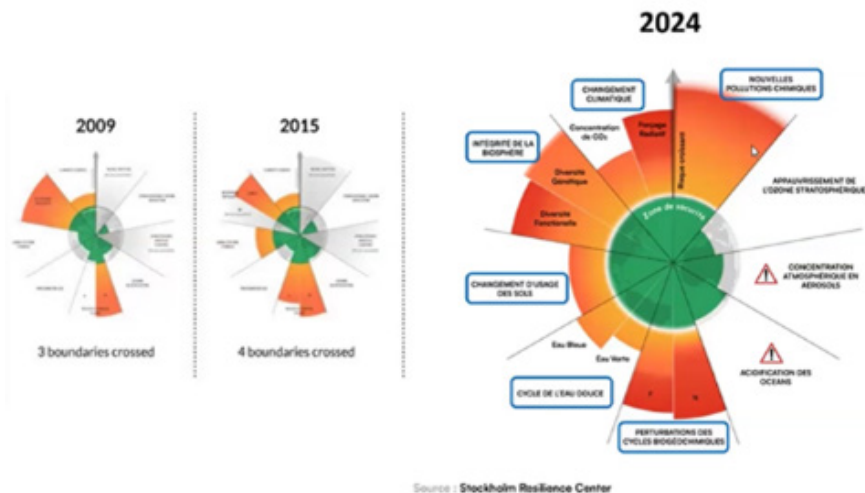


Figure 1 Illustration of how six of the nine planetary boundaries have been crossed
© Stockholm resilience center.

New construction in France is governed by technical standards aimed at designing low-energy buildings. The new regulations go even further, requiring a Life Cycle Assessment to take into account the energy incorporated into the structure and building materials. However, there are no regulations equivalent to the RE2020 for the renovation sector.

Given that the housing stock is being renewed at a rate of less than 1% a year, and that 80% of the homes of 2050 already exist in France, and that the average energy consumption of new buildings is around 50 kWh/m² while that of existing buildings is close to 250 or even 500 kWh/m², priority now needs to be given to action on existing buildings.

Another important regulatory change concerns the prevention of soil artificialization. In 2017, in France, 23,907 hectares of natural land were taken for construction, equivalent to the surface area of the city of Marseille. In the space of almost forty years, France has seen a 72% increase in built-up areas, according to figures compiled by the SSP (Statistics and Forecasting Department/*Service de la statistique et de la prospective*).

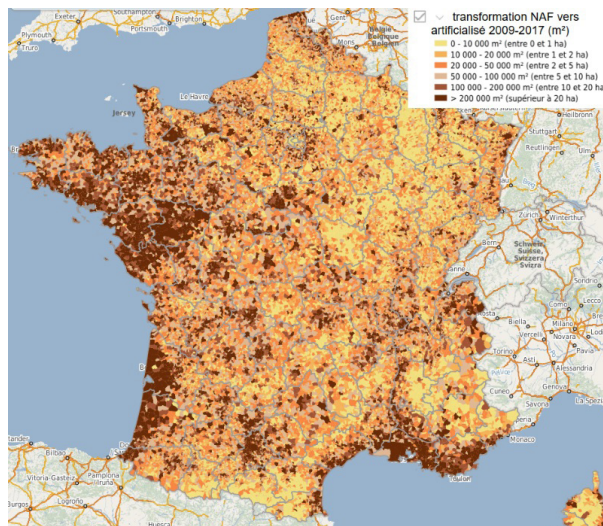


Figure 2. Map of land artificialization in France 2009-2017 © CEREMA.

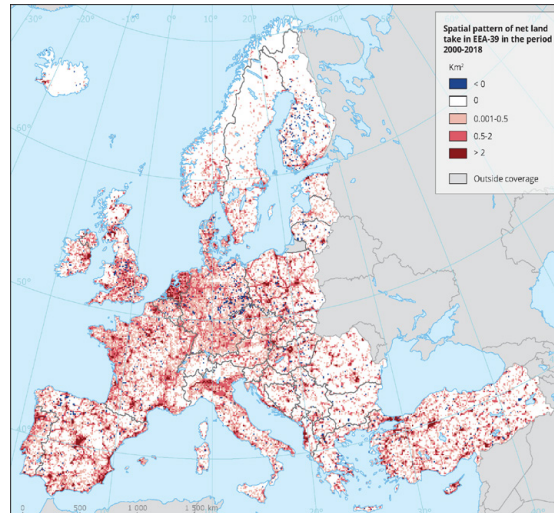


Figure 3. Land artificialization in Europe © European Environment Agency.

This leads to the fragmentation of natural habitats, which can isolate certain animal or plant populations, drastically reducing biodiversity.

On top of this, urbanized surfaces have a lower water permeability than natural surfaces, which limits groundwater regeneration and increases runoff and the risk of flooding. According to the IGN (French National Institute of Geographic and Forest Information/*Institut national de l'information géographique et forestière*), around 17% of French municipalities are currently affected by the risk of ground movement due to land artificialization.

This data underlines the importance of taking measures in regional planning to limit the phenomenon, in particular by encouraging more sustainable urban planning, the preservation of natural areas, the conversion of industrial wasteland estimated at around 100,000 ha in France, and the renovation of existing buildings rather than new construction.

It should be noted that France is one of the world's fastest warming countries, and the existing housing stock is not adapted to the climate conditions of 2050.

1.2. Worldwide involvement in the development of standards and regulations

The development of environmental law on a global scale began in the 1970s, with the Stockholm Declaration in 1972. Principle 16 of this report encourages the establishment

of national institutions responsible for planning and regulating the use of environmental resources to improve their quality.

In France, this impetus led to the adoption of several emblematic laws, such as the 1992 Water Act, the 1973 Classified Wooded Areas Act and the 1976 Nature Protection Act. However, despite these advances, mitigation actions on a global scale remain insufficient. Every other major global climate conference has been dominated by the observation that temperatures are rising.

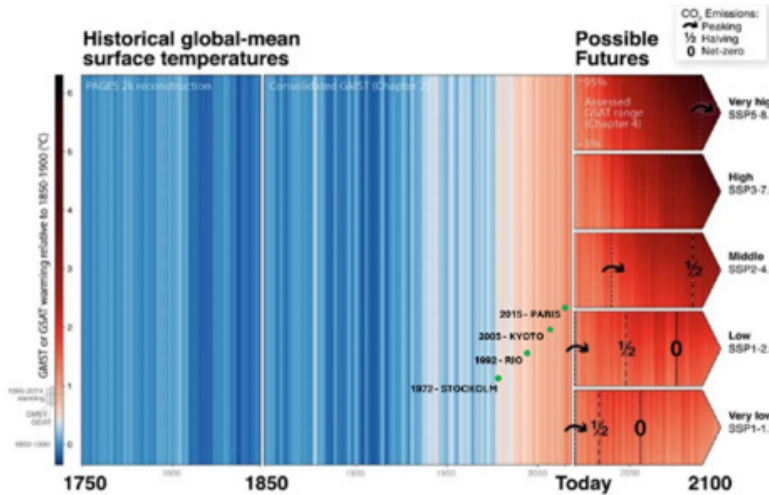


Figure 4. Warming stripes © Ed Hawkins.

The Conference of the Parties (COP 21) in Paris in 2015 was a turning point, with a historic consensus on reducing greenhouse gas emissions. The Paris Agreement aims to limit global temperature rise to 2°C, or even 1.5°C, with carbon neutrality envisaged by the second half of the 21st century.

In France, the Paris Agreement led to the adoption of the French Strategy on Energy and Climate in 2019, with targets for carbon neutrality by 2050. This strategy is based on three pillars: adapting to climate change, reducing energy consumption and decarbonizing business sectors.

To oblige the construction industry to follow this roadmap, a major legislative arsenal has been put in place, notably the RE2020 for new buildings and the ZAN (zero net artificialization) decree for the non-artificialization of land. The strategy appears to be paying off, with a reduction in greenhouse gas emissions in France in 2023, thanks in particular to the participation of the construction and energy sectors.

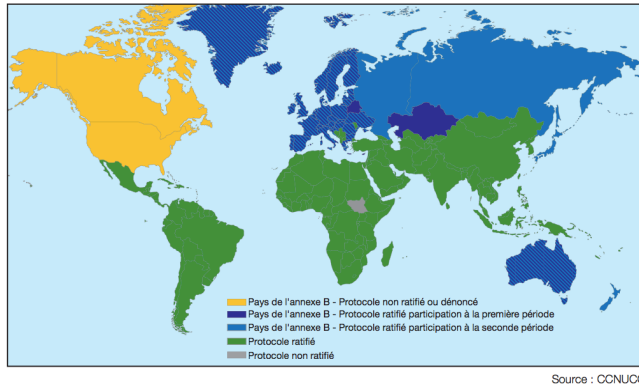


Figure 5. List of parties to the Kyoto Protocol © UNFCCC.



Figure 6. List of parties to the Paris Agreement © UNFCCC.

1.3. The influence of technology

We have sometimes noted two approaches to sustainable construction: the first focuses on R&D, innovation, high technology, digital technology and AI; the second is more interested in passive technologies, uses and changes in behavior. Many people now believe that high technology alone cannot solve all the problems and meet the environmental targets for 2050, and that there is a compromise possible. Among these people are Philippe Bihouix,²⁰ Philippe Madec²¹ and Stéphane Bourg.²² New technology can sometimes generate undesirable effects. For example, data centers in the digital sector consume enormous amounts of energy (as much as the airline

²⁰• Philippe Bihouix, specialist in mineral resources and promoter of low-tech.

²¹• Philippe Madec, architect, eco-responsibility pioneer and French writer.

²²• Stéphane Bourg, director of OFREMI – BRGM.

industry!), and today's batteries consume non-renewable metals and rare-earth elements, which are limited and are non-local resources. In addition, many new technologies consume a lot of energy during use, with actual performance often lower than expected, due to insufficient maintenance or a limited lifespan.

In the building sector, concrete is still widely used despite its high level of greenhouse gas emissions. Attempts to reduce its carbon footprint, such as the development of low-carbon concrete, have come up against other environmental problems, as alternative materials often come from manufacturing processes that cause pollution. Biobased materials, on the other hand, are a more effective alternative because they act as natural carbon sinks. In the field of design, tools such as BIM, Big Data and AI can help optimize the use of resources and improve the energy efficiency of buildings. However, as we saw earlier, these tools also require resources and energy, with a negative impact on the carbon balance or LCA.

Other approaches, such as off-site manufacturing for renovation, offer advantages in terms of controlling greenhouse gas emissions and reducing waste. However, this solution itself has its limitations, such as long-distance transport, which can add to the carbon footprint.

The use of new technologies in the construction sector to meet the challenges of the ecological transition needs to be approached with a critical eye. Traditional construction models need to be reviewed to make them more sustainable and resilient. Any new approach must be holistic, taking into account the environmental, societal, demographic and economic challenges we are facing.

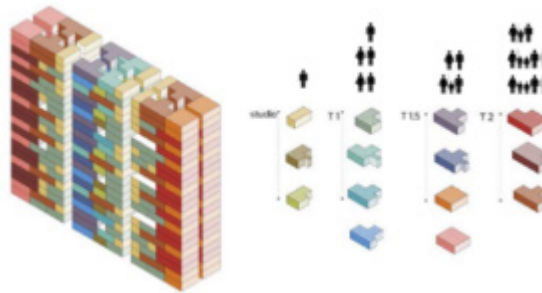


Figure 7. Solution EDERA pour une optimisation constructive.



Figure 8. Solution EnergieSprong.

2. Bioclimatic design as a whole: changing the relationship with nature by considering the specific features of the site and natural elements as an opportunity rather than an obstacle

A change in models is inevitable. But how do architects propose to do this? What are their ideas and responses to the complexities of designing and building a project today and in the years to come?

The first point addressed here is essential: architecture and the relationship with nature.

Nature is at the heart of everything we do. It is our "mother" and yet we protect ourselves from it because it can be threatening and deadly. It "nourishes" us, and yet we are destroying it by abusing its resources. Humans are closely connected to nature, which we attempt to control, despite it always coming out the strongest. In this sense, our relationship with nature is paradoxical.

Today, nature is reclaiming its rights, and tomorrow, even more so than yesterday, we will need to protect ourselves from extreme climatic events. To do so, we need to introduce more nature into the very places where we have eradicated or modified it. Restoration of natural spaces is underway, in both urban and rural areas. Over the last century, nature has undergone enormous changes and has suffered damage that must be repaired. And why not build in such a way as to bring nature into our buildings?

"Work with what nature has to offer": When it comes to urban and rural planning, Philippe Madec⁵ advocates an approach to construction that is in perfect harmony with Nature. Instead of trying to fight natural phenomena, he suggests integrating them into architectural design, creating buildings that coexist in a symbiotic relationship with their environment. By designing structures that adapt to climatic variations and draw on available natural resources, it is possible to create built environments that are resilient, sustainable and aesthetically integrated into their environmental context. This approach not only minimizes the environmental impact of buildings, but also enhances the richness and diversity of natural landscapes.

2.1. Plants

Nature has long inspired architects and designers with its organic forms, from biomimicry to organic architecture and architecture integrated with nature. This integration is mainly aesthetic, in terms of the landscape and building materials. The materials themselves come from the local environment: stone, wood, earth, slate and straw, extracted as close as possible to the construction site, to limit the effort and energy required for transport. Nature has always been a resource of materials. By contrast, designers throughout history have sought to protect buildings from the natural elements, from cold, water, heat and wind. They are seen as threats to be guarded against.

Some architects now speak of harmonious integration into the environment. Whether in an urban or rural setting, each project is designed to take account of the specific features of the surrounding landscape, thus helping to preserve biodiversity and the quality of local ecosystems, and treating the elements not as obstacles, but as a formidable, powerful and inexhaustible resource.

"Our architecture is shaped according to the materials available". This statement defends the philosophy of the Lendager Group, represented by Anders Bang Kiertzner²³.

In this eco-hamlet project in rural Denmark, the roofs are covered in vegetation, blending the buildings into the landscape.

²³ • The Lendager Group (see bibliography) represented by its director Anders Bang Kiertzner: Danish agency specializing in sustainable construction, with a focus on the circular economy. The architecture produced by the group uses materials available on site. Their buildings are shaped by the materials used or reused, not the other way around.

Another excellent example is the city of Singapore, which integrates nature, and more specifically plants, vertically into the smallest of spaces. Nature returns and takes root in the urban environment, beyond parks and gardens, as a very component of buildings. Every tree, every flower bed, is part of the urban canopy, absorbing CO₂ and helping to reduce the heat island effect.



Figure 9. Danish Eco Hamlet

© Anders Bang Kiertzner, presentation at the IBD@MS International Conference on April 11, 2024.



Figure 10. Singapore's Parkroyal on Pickering, a "garden city" hotel, China.

2.2 The air and wind

"Nature's work is continuous, whereas humans intervene in discontinuity, creating boundaries, walls, zones and property limits" says Franck Boutté, and humans assert this discontinuity, even when it jeopardizes natural cycles. "There should be no boundaries between the notions of materials, buildings and territory, everything should be part of a coherent whole belonging to the Earth system. Urban planners take this cross-disciplinary view in order to assess the consequences of their choices on the major balances at each level."

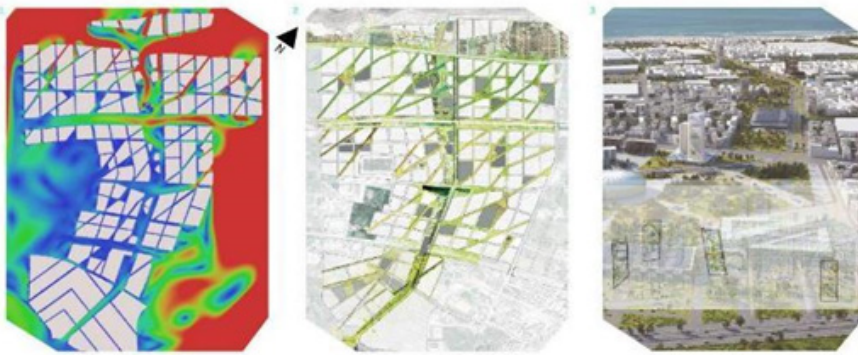


Figure 11. The aerodynamic structure of the Zenata Ecocity

© Franck Boutté, presentation at the IBD@MS International Conference, April 11, 2024.

Franck Boutté explains that we need to shift from geography to intimacy: let the wind blow through the streets, the city, the neighborhood, the block and buildings, and finally welcome it into the living room.

Philippe Madec explores the exchange between interior and exterior, using natural elements such as light and wind. In the Square Delzieux project in Saint Nazaire, the bioclimatic orientation of the buildings protects them from prevailing winds, each room has a window to let in light and air, and an ingenious system of chimneys brings fresh air into the homes, doing away with the need for mechanical ventilation. Homes are protected from strong winds but at the same time let a gentle breeze in through the roof.

Another example is a media library, where small side windows can be opened to create a draft and cool the ambient air.



Figure 12. Saint-Nazaire Ville Port project, Development of 96 housing units
© Philippe Madec, presentation at the IBD@MS International Conference on April 11, 2024.



Figure 13. Media library
© Philippe Madec, presentation at the IBD@MS International Conference on April 11, 2024.

2.3. Sun and shade

Anne Démians²⁴ defines the relationship between architecture and the site as follows: *"The intimate relationship between architecture and place creates a dynamic narrative [...] The mechanical vision represented a break from the vision of Antiquity and the Renaissance, when it was believed that the poetic beauty of the world lay in its incalculability, in the perfection of nature, its immanence. We now need to reestablish that connection with a collective imaginary attuned to nature."*

²⁴ • Anne Démians, architect, director of the agency Architectures. Anne Démians, presentation at the IBD@MS International Conference on April 11, 2024.



Figure 14. Alicante Convention Center

© Anne Démians, presentation at the IBD@MS International Conference on April 11, 2024.

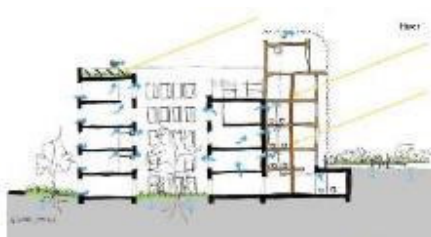
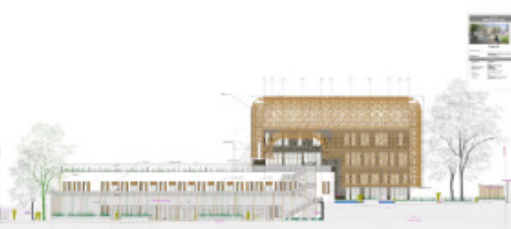


Figure 15. Building

© Philippe Madec, presentation at the IBD@MS International Conference on April 11, 2024.



The example of the Alicante Convention Center in south-east Spain illustrates this approach. The building reflects the history of the site, marked by the end of the Spanish Civil War in 1939, while taking into account the climatic constraints of the region. The architecture was designed to minimize energy expenditure and carbon footprint, and highlights the concept of "the praise of shade" in response to the scorching climate, a tribute to the poetic work of the Japanese writer Jun'ichiro Tanizaki (see bibliography). The public spaces are designed to be airy and pleasant all year round, encouraging people to meet and talk. By integrating historical narratives, climatic challenges and local specificities, the building becomes an example of symbiosis between architecture and its environment. It illustrates the way in which architecture can tell stories and create links with its context, while anticipating the future needs of society.

Another example of taming the sun's rays can be seen in Philippe Madec's work, with this wooden shell, like a double skin, which filters the sun's rays while gracefully letting the light and wind through.

2.4. Land and water

Since the Middle Ages, France has paid particular attention to its forests, which were at the heart of economic and social life, and a guarantee of economic and military power. However, although the French forest still covers a large part of the country, it is under threat. The timber industry is not sufficiently well organized to supply the requisite quantities of quality construction timber, even though construction using timber is on the rise.

Farming underwent profound changes following the Second World War, focusing on a productivist model that sought high yields. Farmers modernized their operations by introducing machinery. Plots of land were consolidated to increase productivity, leading to the destruction of natural obstacles: hedges, groves, drying up of ponds, resulting in the destruction of biodiversity. The number of farmers fell sharply, so farms expanded, taking advantage of the consolidation of existing farms and changes in plots of land. And yet, as Guillaume Sainteny says:²⁵ *"natural undeveloped agricultural and forestry land areas are in a situation of negative profitability"*. A hectare of natural space in France is taxed and regulated like in no other country in Europe, making the French hectare the most devalued of all European countries, which in Sainteny's view largely explains the artificialization of land.

²⁵ • Guillaume Sainteny, specialist in political science and sustainable development, presentation at the IBD@MS International Conference on April 11, 2024.

Some architects defend the frugality of territories, in line with the ZAN law. Again, the aim is to do better with less, and to use exploitable land resources without further artificialization. However, the rural side of things is not really addressed by the speakers, who focus more on the urban environment. And yet, some rural areas could also benefit from being redesigned, to better distribute the population, revitalize neglected old town centers, enhance cultural and historical spaces, and benefit from climatic conditions that are much more bearable than in urban areas.

Last but not least, water, the enemy of buildings but a basic element of life, leading to shortages and excesses.

In the Eco-village des Noés project in Val de Reuil, water comes onto the land. These buildings are on the banks of the Eure, and are positioned so that the river's overflowing waters can be accommodated in a serene and predictable manner. Without rebuilding in flood-prone areas, which has led to some assets being "stranded", the architect's project once again invites us to welcome the element, rather than fight it. When the land is not flooded, it is used as a playground.



Figure 16. Eco-village des Noés project in Val-de-Reuil

© Philippe Madec, presentation at the IBD@MS International Conference on April 11, 2024.

3. Doing better with less: “Best but less” / Right-Tech

3.1 The question of resources

3.1.1 Sober use of materials

Innovation in the construction sector is increasingly turning towards eco-responsible solutions to meet the challenges of climate change and sustainability. These include the “right-tech” approach, which advocates the use of appropriate, often simple, and environmentally friendly technologies, focusing on the use of local resources close to the building site, and the right material (or technology) in the right place.

The example of the “oyster concrete” used in Arcachon is a perfect illustration. This type of concrete incorporates crushed oyster shells as a partial or total substitute for traditional aggregates such as gravel. It is a decidedly environmentally friendly construction material, reducing waste but also limiting the consumption of more sensitive resources. Another advantage is that it reduces the carbon cost of extracting and transporting aggregates. Initial studies show that oyster shells improve the compressive strength of concrete.

In keeping with the right-tech approach, another technique is making a comeback: adobe, a harmonious blend of tradition and modernity. This is a traditional construction method using compacted raw earth. Raw earth, which has been used for thousands of years, is enjoying a resurgence in modern construction thanks to its environmentally-friendly qualities, local availability and performance in providing summer comfort.

Its environmental impact is minimal, since raw earth requires no firing or major chemical treatment. This material naturally regulates humidity and temperature, helping to maintain a comfortable indoor climate by absorbing or releasing moisture according to conditions.

It is ideal for the construction of homes, workshops, schools and other buildings where thermal comfort is a priority. Raw earth can also be used for interior design elements such as partition walls or decorative plasters.

The adoption of materials such as those presented could transform the construction industry by reducing its environmental/carbon footprint. Using these materials enables us to meet not only increasingly stringent environmental standards, but also the growing demand for more sustainable buildings.

Regulating their use, changing public perception and providing widespread training for professionals are just some of the challenges that need to be met to democratize “right-tech” practices.



Figure 17. Cantenac Brown adobe walls

© Philippe Madec, presentation at the IBD@MS International Conference, April 11, 2024

3.1.2 Reusing materials

The reuse of materials in the construction industry is booming, as the process helps to reduce environmental impact. This innovative approach nevertheless raises a number of legal, insurance and technical questions. Indeed, in certain areas such as fire safety, for example, certificates are required. Added to this are the challenges of traceability concerning the process of dismantling, transport and (re)installation.

A first step towards a solution is to develop material repositories. Platforms such as Cycle-up, Mineka, Opalis and Valobat (see bibliography) are already active in the European sector. The supplier Mobius Réemploi (see bibliography) undertakes to provide ten-year and civil liability insurance for its reused materials.

This practice requires the acquisition of new skills, particularly in terms of assessing, processing and reintegrating used materials into new construction contexts. This has led to the creation of new training courses and professions dedicated to the circular economy in the construction sector.

These initiatives illustrate how the reuse of materials can transform the construction industry, not only in terms of sustainability, but also by creating new economic and educational opportunities.

In the future, we could very well envisage, as early as the construction phase or the submission of a building permit, attaching a dismantling notice for materials and equipment, with a view to their deconstruction (rather than demolition), thus greatly encouraging the reuse of construction and renovation materials for future buildings.

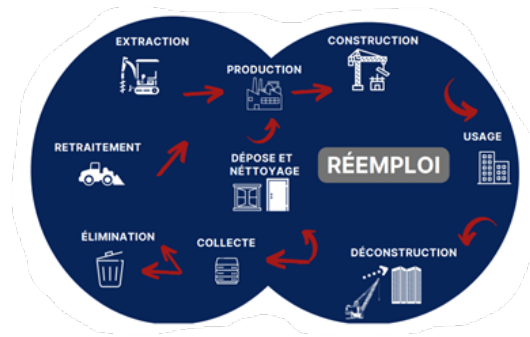


Figure 18. Reuse of materials © RLB | SQA, <https://rlbfrance.fr/>

3.1.3 Urban mining: equipment financed by the equipment manufacturer Materials / service

The Urban Mining concept (see bibliography) promotes sustainable management of urban resources, encouraging the recovery and reuse of materials and energy. In this model, the equipment manufacturer retains ownership of the equipment, but is responsible for the entire product life cycle. This means that equipment, such as HVAC systems,²⁶ lighting or even vehicles, is not sold, but provided as a service. This model encourages manufacturers to design more durable products that are easy to maintain, repair and recycle, thereby reducing waste and optimizing the use of resources.

An innovative application that illustrates the concept is that of electric vehicles used as energy devices for buildings: at night, these vehicles are charged and then, during the day, they supply energy to urban infrastructures, creating a regenerative energy system. This model promotes the circular economy, reduces waste and improves energy efficiency, redefining the interactions between transport, energy and urban planning.

3.2 Energy

The exclusive focus on energy performance in construction over the last fifteen years is considered by some experts to be a mistake.

Anders Bang Kietzner, for example, argues that the focus on energy performance may have diverted attention from other equally effective approaches to reducing the environmental impact of buildings. In his view, aiming for low energy consumption does not necessarily mean zero consumption, and can sometimes result in restrictive or counterproductive usage practices.

²⁶ • Heating, ventilation, and air conditioning

In the United States, the concept of zero-energy buildings is defined by the Department of Energy as buildings where the net annual energy consumed is equal to or less than the renewable energy produced on site.

This definition is part of the IECC²⁷ framework, which has been regulating energy safety and conservation in American buildings since the 1970s. The IECC's "Zero Code" appendices encourage greater energy efficiency and the use of renewable energy in residential and commercial buildings, with the aim of minimizing energy consumption and carbon emissions.

3.2.1 Mechanical heating and cooling systems

HVAC systems consume significant amounts of energy and auxiliaries throughout a building's life cycle. Some approaches aim to reduce dependence on these systems by promoting the harmonious integration of architecture into its natural environment.

Philippe Madec's *modus operandi*, as well as the suggestions made by certain American energy efficiency standards, offer innovative ways of rethinking the heating and cooling of buildings.

Defending an innovative vision of sustainable construction, far removed from high-tech and traditional systems and solutions, Philippe Madec encourages professionals in the sector to move away from technically oriented solutions such as air conditioning and CMVs,²⁸ which he believes are responsible for excessive energy consumption. He advocates a design that achieves the passive level, where heating requirements are virtually nil thanks to an effective strategy combining exterior insulation, interior thermal inertia and judicious use of solar energy. Widespread adoption of this approach would likely require a change in regulations.



Figure 19. Through-ventilated floor plan © Philippe Madec, presentation at the IBD@MS International Conference, April 11, 2024.

²⁷ • International Energy Conservation Code

²⁸ • Controlled mechanical ventilation systems.

In the USA, the ASHRAE standard²⁹ 90.1 - 2019, updated in 2022, also reflects a trend towards greater energy efficiency. This standard imposes strict criteria for the building shell (walls, floors, windows) as well as for the performance of mechanical heating, cooling and hot water production equipment. These requirements aim to minimize the overall energy consumption of buildings, with an emphasis on efficiency and sustainability.

3.2.2 Going all-electric or the overconsumption of mineral resources

The growing use of electricity, particularly as part of the transition to cleaner energy sources, raises major concerns about the indirect environmental impacts, in particular the increased extraction of rare metals and copper. Fabrice Bonnifet³⁰ and Aurore Stéphan³¹ highlight the hidden challenges of a "pseudo or false transition".

The transition to electricity-based technologies, such as electric cars, renewable energy and smart grid infrastructure, requires large quantities of rare metals and copper. These materials are essential for the manufacture of batteries, electric motors, wind turbines, solar panels and other key components of modern energy systems. As Aurore Stéphan points out, this transition could triple global demand for copper, a metal essential for electrical conductivity. Extracting copper and rare metals is an energy-intensive activity, often associated with significant environmental problems such as deforestation, water and soil pollution, and social conflicts linked to the rights of local communities and mine workers. These impacts raise questions about the true sustainability of the energy transition if it relies on non-renewable resources that are difficult to extract.

One of the major challenges is therefore to develop a circular economy applied to these materials. Recycling copper and rare metals has become essential if we are to reduce the quantities of materials extracted and our dependence on producing or processing countries (particularly China). But current recycling infrastructure is insufficient to meet growing demand. Innovation in this field is becoming a matter of urgency.

²⁹ • American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

³⁰ • Fabrice Bonnifet, presentation at the IBD@MS International Conference on April 11, 2024.

³¹ • Aurore Stéphan, mining geology engineer, graduate of the École Nationale Supérieure de Géologie de Nancy (France).



Figure 20. Open-pit copper mine
© Associated Press/Abraham Teran

3.2.3 District heating / energy mix

District heating, combined with a diversified energy mix, is a key strategy for increasing energy efficiency and reducing carbon emissions in urban areas. The principle involves using a centralized, pooled network to supply heat from a variety of energy sources, including geothermal, biomass, solar thermal and heat recovery from industrial processes. By using several different energy sources, this green energy mix offers a flexible, sustainable solution for meeting building heating needs while minimizing the environmental impact.

The Nancy Thermal project, led by Anne Démians, is a good example of how district heating and an innovative energy mix can be harnessed to optimize the management of energy resources while minimizing the carbon footprint of public infrastructure.

Nancy Thermal takes advantage of a local thermal hot spring. This unique geological feature sets the project apart for its energy excellence. The thermal spring provides much of the energy needed to heat the pools and other areas of the complex, considerably reducing dependence on conventional energy sources that produce more pollution.

Nancy Thermal has also been integrated into the city's district heating network. This connection enables optimized, shared management of heat distribution.

This project is a prime example of how district heating technologies and energy mix strategies can be applied in innovative and environmentally responsible ways. It shows how cities can make the most of their local geological and other resources to reduce their dependence on fossil fuels and improve the sustainability of their infrastructure.



Figure 21. Nancy Thermal, elevations

© Anne Démians, presentation at the IBD@MS International Conference on April 11, 2024.

4. Humans as a lever for change

Reducing greenhouse gas emissions is one of the most pressing environmental challenges. Especially as not all countries are equally responsible for these emissions. This disparity between the “*global north*” and “*global south*” underlines the need for a radical change in certain consumption and production patterns.

4.1 Intensification and diversification of uses, to the point of reversibility

The regenerative model, an innovative approach, aims to reduce environmental impact and promote sustainable growth. This model transcends the traditional “business as usual”, focusing on carbon reduction, social inclusion and respect for planetary limits. The BHEP concept (Positive Economy Hybrid Buildings/*bâtiment hybride à économie positive*), developed by Bouygues in collaboration with Carbone 4,³² illustrates this approach. It is based on four key ideas: bioclimatic design, heating and cooling systems without any mechanical systems (thermoregulation), hybridization and intensification of uses, and reuse of materials (dedicated repository).

Hybridization and intensification of uses are key elements of the BHEP. Many buildings are designed for a single use, leading to high levels of underoccupation. Nearly 49% of spaces are unused or underoccupied. BHEP promotes a rethink of these spaces, promoting a High Quality of Use, for example by renting out part of one's home or allowing other users to occupy unused spaces.

The impact is twofold: reducing the need for new buildings and optimizing the use of existing resources.

The BHEP also intensifies the use of tertiary buildings, which are only used between 20% and 25% of the time, with remote working accentuating this desertification. Spaces shared by several types of user increase overall usage time. While

32 • Consulting firm specializing in the ecological transition and the fight against climate change

increased usage raises questions of security and regulatory compliance, digital tools can provide effective answers.

These buildings are more expensive to build, but offer lower operating costs and generate operating revenues of around 20%, according to Fabrice Bonnifet. The energy produced on-site is also consumed on-site, while the surplus is sold to others in the immediate vicinity. Spaces can be adapted to suit different uses at different times of day. Outside working hours, the meeting rooms, auditorium, restaurant and roof top are available for hire. The parking lot becomes an electro-mobility hub for local residents.

This BHEP concept encourages flexibility in buildings to ensure their adaptability, contributing to a more sustainable and regenerative approach. Anne Démians looks at these same approaches in her work. She highlights the limits of standardization in architecture and calls for agile, customized solutions. She advocates a more flexible regulatory and decision-making approach, capable of responding to changing user needs, fluctuating economic patterns and environmental realities.

The Black Swan project in Strasbourg is a prime example of her concept of "reversibility". She demonstrates the ability of architecture to adapt to different purposes without compromising its structural integrity. The creation of the Black Swans embodies her theoretical and operational approach to reversible architecture. This unique flexibility is based on five specific principles: a story height of three meters, a unique structural grid, vertical cores integrating conservation regulations, plans without load-bearing walls and generous outdoor spaces sheltered from the sun and offering privacy. This reversibility allows buildings to adapt to different purposes over their life-cycle, promoting long-term profitability and sustainability.

Three main regulatory adjustments are needed to make this reversibility possible: tax regulations that differ according to the type of use, different fire regulations for offices and housing, and administrative procedures to enable the filing of dual-use permits from the outset of the project.

This flexible vision of buildings goes against the throwaway culture and offers a sustainable alternative. Anne Démians presents this spirit well: *"Building a reversible building is a militant act, fighting against waste, and as an alternative to the throwaway society which has prevailed until now"*.

The Black Swan project was part of an architectural competition whose aim was to revitalize the André Malraux peninsula, and demonstrated the importance of an approach covering three levels: the region, the district and the building. On a regional level, revitalizing the peninsula brings architecture into redefining urban connections and creating high-quality public spaces. On a district level, vertical density and proximity between living and working areas enable more efficient use of resources. At

the building level, the flexibility and reversibility of the spaces offer opportunities for change.

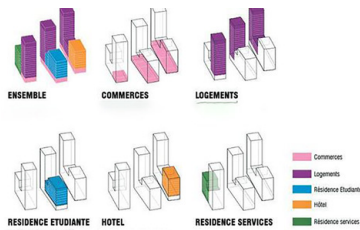


Figure 22. Black Swan project
© Anne Démians, presentation at the IBD@MS International Conference on April 11, 2024.

These visions transcend the traditional boundaries of today's building design and construction. The complexity lies in adapting to different uses. These hybrid, adaptable and reversible architectural solutions promote optimal occupancy, enabling us to imagine more sustainable cities.

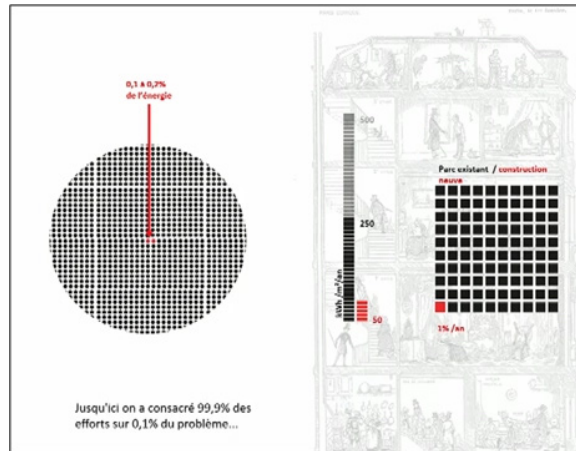
4.2 Mitigation and adaptation strategies

Since the 2000s, the challenges of ecological transition have mainly been addressed from the angle of building insulation and energy consumption. This mitigation strategy has been limited to new construction. However, as we pointed out in our report, the new-build sector represents a marginal share of the overall effort to be considered, given the energy issues involved and the stock of existing housing.

Renovating existing structures, rather than building new ones, has become crucial. Developing adaptation strategies is now fundamental, after having focused on lowering energy consumption and reducing GHG emissions.

Nevertheless, major obstacles to renovation, such as location (and therefore attractiveness), configuration and mobility, are slowing the spread of the model. And yet, this model offers major advantages, such as the reduction of gray energy. It requires significantly fewer new materials, reducing the impact of energy-intensive processes such as manufacturing and transporting materials.

In addition, renovation significantly reduces waste and protects biodiversity. As it avoids building on virgin land, it helps to preserve natural habitats and local biodiversity.



Figures 23 and 24. to date, 99.9% of our efforts have been focused on 0.1% of the problem

© Franck Boutté, presentation at the IBD@MS International Conference on April 11, 2024.



Figure 25. White/gray energy

© Franck Boutté, presentation at the IBD@MS International Conference, April 11, 2024.³³

With limited possibility for urban renewal, the concept of "*renovation by default, new build by exception*" is particularly meaningful. Recent events, such as the health crisis and the deadly summers of 2022, have highlighted the urgency of making this

³³ • Gray energy: stock energy representing the carbon stored in building materials and technical equipment. White energy: flow or consumption energy.

[illegible]

The IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) has shown that a return to previous conditions is highly unlikely. Existing buildings will need to be carefully optimized to withstand future heatwaves and events. It has become a major challenge to adapt climatic resilience with a view to summer comfort, and to ensure that this resilience does not deteriorate.

The experimentation thus made possible in the new-build sector will act as a lever for new practices, leading to the introduction of innovative systems that can be transposed to existing buildings, and ultimately rolled out on a mass scale.

34 • Franck Boulté lecture at Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble (ENSAG), given on April 17, 2023.



Figure 27. Equivalent CO₂ per inhabitant per year

© Franck Bouütté, presentation at the IBD®MS International Conference, April 11, 2024.

4.3 The concept of happy frugality... is not sobriety

Philippe Madec takes a long-term view of our relationship with our natural and social environment. He advocates saving resources and adapting to the changing needs of society. In his book *"Mieux avec moins"* (Better with Less), he develops the idea that builders should work for people's well-being with fewer resources, while creating harmonious, functional buildings.

In his *Manifeste pour une frugalité heureuse* (Manifesto for a Happy Frugality), Philippe Madec theorizes the concept of frugality, which evokes a positive vision of the world, as opposed to sobriety, which he sees as a negative command to optimize resources while respecting history, culture, the local fabric and local people. And he gives the following definition: *"Frugality is like harvesting fruit. It is always fair and successful when it does no harm to the earth and satiates those who practice it."*

The 1997 Club of Rome report, entitled *Factor 4*, suggests that we could double well-being while consuming half as many resources. The principles of happy frugality are based on these fundamentals. Four areas of frugality are distinguished:

- resources: minimizing the waste of materials, promoting the reuse of materials and making the best possible use of available resources
- technology: the more complex a system, the more likely it is to fail. Simple solutions should be favored, such as natural ventilation instead of air conditioning
- energy: every day, the sun provides the green energy needed to sustain human life. We need to harvest this energy simply and efficiently
- land use: using as little land as possible, and optimizing existing buildings. Making do with what exists already, developing what exists already, repairing what exists already, restoring what exists already.

Finally, architects and builders must remember that their profession is political. They are not just there to make things beautiful, to create aesthetic objects. Their job is also to welcome companies to the local area, taking into account the expectations of users and local cultures. Frugality offers a fair, responsible and sustainable way forward which, in addition to being necessary for the environment, can also re-establish links between individuals and the local fabric.

4.4. Cross-disciplinary skills and expertise

Construction players now have to think beyond a linear, vertical approach to integrate more complex, systemic visions. This involves combining the complexity of real estate in its present and future intrinsic values, while taking into account the ecosystems of the living world. A paradigm shift from a linear to a matrix approach is essential, and requires a change in the way projects are managed. Franck Boutté calls this cross-disciplinarity, where boundaries are questioned not only within their immediate perimeter, but also beyond. In today's particularly complex environment, no single stakeholder, regardless of their field of expertise, can answer the questions raised.

Training and the transmission of knowledge and expertise are major issues for the sector. Journeyman craftsmen, for example, embrace this approach by taking detours to reach work sites, encouraging other journeymen they meet along the way to join in. This illustrates the collaborative and collective nature required to tackle projects in a context where complexity reigns supreme. To meet the challenges of these complex systems, collaborative working, continuous learning and knowledge sharing are more important than ever.

4.5 Desire for change vs. reluctance to change

Social and environmental issues are now at the heart of concerns. Anne Démians says: "We know that we are going to have to think differently about our towns and countryside as a result of global warming, particularly if we are to achieve carbon neutrality." Her statement reflects her questioning of the direction we are taking in a context where ecology is sometimes perceived as punitive, advocating degrowth as the only way out, while technocracy rationalizes without defining clear, humanist objectives.

Imagining the city of the future is about more than just surviving in a world in transition, it's about finding ways to enjoy this life to the full. Our future living environments need to be aesthetically pleasing. This means that we need to think about the complex, multi-faceted balance between climatic, scientific, social and technical realities and the need for sustainability, innovation, citizen participation and respect for our cultures and histories. Users must be at the heart of our projects. We need to think about who we are building for and why. Technological progress brings benefits, but modernity, or modernist thinking, sometimes takes an overly mechanistic view of the world, distancing itself from the poetry and immanence of nature. We need to restore time for storytelling, sharing and sensitive experience. Standardization and technocratic thinking should not curb the imagination of human beings, who need creativity and imagination to project themselves into the future. In the words of Einstein, "Imagination is more important than knowledge. For knowledge is limited, whereas imagination embraces the entire world, stimulating progress, giving birth to evolution".

This reminds us that standardization cannot be the only approach to achieving carbon neutrality. One of the biggest challenges is resistance to change. We are in favor of progress, but against change.

The Danish architectural firm Lendager developed the "*UN17 Village*" project, which complies with the seventeen objectives of sustainable development. This project is a demonstration of the possibility of change. It incorporates environmental, social and economic characteristics. The designers were tasked with harmonizing needs in line with the changing mentalities of all stakeholders: those involved in construction and end users.

Anne Démians strives to develop the poetic and artistic aspects of her architectural projects, which are essential for creating links and encouraging participation among citizens. Her work highlights the way in which architecture reveals the poetry of the world and transcends nature. Architectural design is a way of reconquering creative freedom; it illustrates the ability to speak a universal language and to transcend the arts, enabling fruitful exchanges between the past and the future.

Philippe Madec believes that the vocation of builders is to contribute to people's happiness. However, in reality, the construction industry has often contributed to destroying the very foundation of its own profession: the planet. He wants to change the paradigm by "re-enchanting" the world, working with local resources, using less, working with people to rebuild the world we live in. The approach involves going out into the field, meeting residents one by one, presenting them with project models and involving them right from the design phase. He notes that a building permit filed along with residents is one that will not be contested. The project is driven by collective intelligence.

Architecture isn't just about building. It is about territories and cultures. It facilitates human and social acceptance. It promotes community life, solidarity and living together. Citizen consultation determines the success of projects. It allows us to listen to people's different fears, concerns and perspectives. Residents get involved, and create a project that meets their expectations and is rooted in collective intelligence.

Another aspect of bioclimatic design is the well-being of occupants, creating interior spaces that are comfortable, pleasant and harmoniously connected to the outside environment. Collaboration with local stakeholders, the use of traditional techniques, and the promotion of shared gardens or local services are ways of encouraging solidarity and bolstering community cohesion.

Collective discussion, the promotion of living together, social interaction and the inclusion of residents are principles that enable us to reinvent our relationship with the world and ask fundamental questions about the type of cities and societies we want to build. Building sustainably doesn't cost more. Architecture can support this

process of change by being flexible and innovative, capable of meeting environmental challenges and promoting solutions that go beyond the regulations.

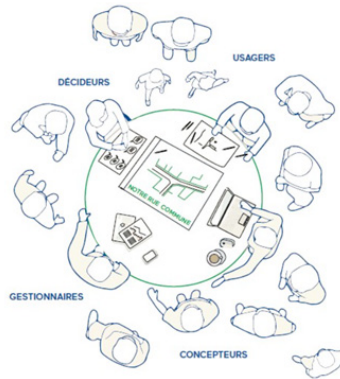


Figure 28. "La rue commune"

© Franck Boutté, presentation at the IBD@MS International Conference on April 11, 2024.

Conclusion

To meet the challenges of the cities of today and of the future, we need to give priority to adaptation. We need to rethink the way we approach construction, with an emphasis on frugality and the responsible use of resources. The low rate of renewal in the city makes the renovation of existing buildings essential, and new construction should be the exception, not the rule.



Figure 29. Réparons la ville! by Christine Leconte, Sylvain Grisot
© published by Apogée, February 2022.

Renovation must become common practice to give a second life to existing spaces and meet the needs of residents without wasting resources that are now precious. This means rethinking architecture, not only in its form but also in its purpose - people's well-being - and in its means - doing better with less - to ensure that existing spaces are adapted to current and future needs.

Climate change has highlighted the need for the French National Low Carbon Strategy (*Stratégie Nationale Bas Carbone*), which calls for a 95% reduction in greenhouse gas emissions from the building sector by 2050. This involves rethinking the structure and function of existing buildings, while guaranteeing their energy efficiency. Renovation, transformation and adaptation of existing spaces should be favored over the construction of new structures.

To achieve this, we need skills that are more akin to craftsmanship than industrial construction, collaborative practices that support residents, and innovative solutions that create spaces that foster community and inclusion. By preventing demolition and maximizing the use of existing resources, we can create more sustainable and resilient cities. We need to reverse the paradigm that encourages new construction and urban sprawl. Instead of throwing things out and rebuilding, we need to learn to transform and adjust, accepting the architectural heritage while responding to present challenges: enhancing what is already there, fostering social inclusion and respecting our environmental legacy.

If, in the future, the architectural profession is to include advisory, programming and consultation roles, local elected representatives will support this development. They play a key role in promoting citizen participation. They act as guarantors of the process, rather than sole decision-makers. Formal creativity makes the city more desirable. Programs, management methods and operational, legal and financial arrangements will make this change possible. National policies and financial mobilization must support the overall adaptation of buildings and look beyond energy issues alone.

In the end, as Christine Leconte³⁵ and Sylvain Grisot³⁶ write in *Réparons la ville!*, a long conversation addressed to citizens and decision-makers alike, "it is not about dreaming of a city of the future, but about writing the future of our cities using what is already there". Recreating a human and sustainable city that is a pleasure to live in begins with recognizing the capacity of existing buildings to be renovated. Creative, sensitive and functional transformations must be designed to serve the common good, bearing in mind that the city is not simply a space for sale, but a common heritage to be preserved and carefully developed. In the end, the only limits to what is possible are those of our imagination..

³⁵ • Christine Leconte: architect, president of the Conseil National de l'Ordre des Architectes, teacher at ENSA Versailles.

³⁶ • Sylvain Grisot: urban planner, founder of dixit.net, a consulting and urban research agency committed to transitions and the creation of the city.

Bibliographie • *References*

Allix, Grégoire. « Dans la construction, il faut être frugal en matériaux, en énergie, en technique ». *Le Monde*, 12 décembre 2018. https://www.lemonde.fr/climat/article/2018/12/12/dans-la-construction-il-faut-etre-frugal-en-materiaux-en-energie-en-technique_5396521_1652612.html

Caubet, Maud. « Tribune libre : Vers une Architecture écologique, sociale et poétique ». *Archistorm*, n°116, septembre octobre 2022. <https://www.archistorm.com/tribune-libre-architecture-architecture-ecologique-sociale-poetique-maud-caubet/>

Démians, Anne. « L'architecture, un art d'assemblage ». *Architectures Anne Démians*, 2019. <https://www.annedemians.com/manifeste>

Démians, Anne. *La Réversibilité des bâtiments pour une ville décarbonée. Concevoir des bâtiments réversibles*. Paris : Éditions du Moniteur, 2023

Gauzin Müller, Dominique, Philippe Madec. Manifeste pour une Frugalité heureuse et créative dans l'architecture et l'aménagement des territoires urbains et ruraux. <https://frugalite.org/manifeste/>

Leconte, Christine, Sylvain Grisot. *Réparons la ville !*. Paris : Éditions Apogée, 2022.

Leray, Christophe. « Philippe ou la bonne fortune de la vertu ». *Chronique d'architecture*, 16 avril 2024. <https://chroniques-architecture.com/philippe-madec-ou-la-bonne-fortune-de-la-vertu/>

Lendager Group. Home page. www.lendager.com

Madec, Philippe. *Mieux avec moins. Architecture et frugalité et pour la paix*. Paris : Éditions Terre Urbaine, 2021.

Morin, Edgar. *Pour sortir du vingtième siècle*. Paris : Fernand Nathan, 1981.

Tanizaki, Junichirô. *Éloge de l'ombre*. Paris : Verdier, 2011

Plateformes de réemploi de matériaux :

Cycle-up. Home page. <https://www.cycle-up.fr/>

Mobius Réemploi. Home page. <https://www.mobius-reemploi.fr>

Mineka. Home page. <https://mineka.fr>

Opalis. Home page. <https://opalis.eu/fr>

Valobat. Home page. <https://www.valobat.fr>.

Les auteurs du Yearbook

The Yearbook authors



Caroline Cazaux



Hugo Dherbecourt



Ines Amzal



Malcolm Paraiso



Nicolas Henry



Sylvain Dujols



Sylvere Penciolleli



Vincent Mucha

Les conférenciers

Speakers



Anders Bang Kiertzner

Director, Circular Advising
Lendager Architecture



Franck Boutté

Urbaniste, président fondateur
de l'Atelier Franck Boutté
Franck Boutté Consultants



Fabrice Bonnifet

Directeur Développement
durable
Bouygues



Anne Demians

Architecte urbaniste, membre
de l'Académie des Beaux-arts
Architectures Anne Demians



Philippe Madec

Architecte urbaniste,
Atelier Philippe Madec
(APM), *Architecture & associés*



Rima Taher

PhD, PE, Senior University
Lecturer
*New Jersey Institute of
Technology, Hillier College of
Architecture & Design*

Les financements pour l'immobilier et le bâtiment durables

*Financing sustainable real estate
and building*



David Bami
Jonathan Budzin
Zerîn Cacan
Gaëlle Christory-Martin,
Patrice Gandrey
Nathan Nakache
Frank Ndagssi
Ekaterina Popovskaia



Contextualisation et état des lieux du secteur du bâtiment et de l'immobilier durable

« Le métier de bâtisseur est un métier pour offrir du bien-être, du bonheur aux usagers » déclara Philippe Madec¹. Le secteur du bâtiment et de l'immobilier durable est confronté à des défis majeurs, à la fois économiques et environnementaux, qui nécessitent une approche intégrée pour atteindre les objectifs de décarbonation et de développement durable.

43 % de la consommation annuelle d'énergie du pays sont imputables aux bâtiments. Ces derniers représentent une part significative des émissions mondiales de gaz à effet de serre – GES – (environ 38 %) selon l'Agence Internationale de l'Énergie. En France, particulièrement, le secteur est responsable d'environ 25 % des émissions nationales de GES, principalement dues à la consommation énergétique des bâtiments². La conjoncture économique influence fortement les investissements dans le secteur, mais offre également des opportunités pour accélérer la transition vers des pratiques plus durables. Afin de diminuer ces émissions, la France réglemente, incite et sensibilise les différents acteurs du secteur³.

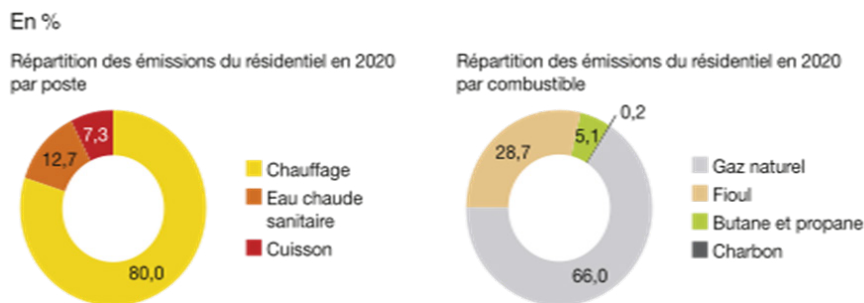


Figure 1 Répartition des émissions du résidentiel en 2020 par poste et par combustible en pourcentage
© Secten Citepa et SDES, d'après Ceren, 2021.

Les périodes de crise économique peuvent impacter les investissements dans la construction et la rénovation de bâtiments durables. Toutefois, elles offrent également une occasion de réorienter les politiques et les financements vers des projets favori-

1 • Philippe Madec, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 09 avril 2024

2 • Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie - ADEME : <https://www.ademe.fr/>

3 • Le vendredi 14 octobre 2022 : <https://www.ecologie.gouv.fr/construction-et-performance-environnementale-du-batiment#:~:text=Le%20secteur%20du%20b%C3%A2timent%20repr%C3%A9sente,sensibilise%20les%20acteurs%20du%20secteur>

sant la décarbonation et le développement durable, contribuant ainsi à la résilience économique à long terme⁴.

Au-delà de la réduction des émissions de GES, le secteur de l'immobilier et du bâtiment durable intègre des aspects plus larges du développement durable, tels que l'utilisation efficace des ressources, la préservation de la biodiversité et l'amélioration de la qualité de vie des occupants des bâtiments⁵. Le financement est essentiel pour promouvoir la durabilité dans l'immobilier comme dans le bâtiment. Les mécanismes financiers novateurs tels que les obligations vertes, les prêts à taux bonifiés et les incitations fiscales sont cruciaux pour soutenir les initiatives de construction et de rénovation durables⁶.

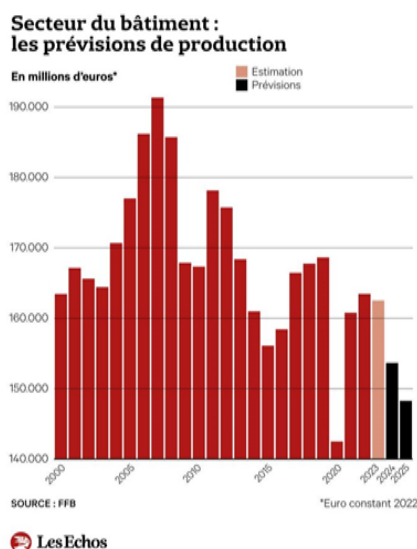


Figure 2. Prévision de production du secteur du bâtiment © FFB, Les Échos, 2023.

4 • Rapport du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat

5 • Programme des Nations unies pour l'Environnement - PNUE

6 • Banque Européenne d'Investissement

1. Tendances, avancées et défis en France et en Europe

1.1. Construction neuve

En France, la construction neuve est confrontée à de nombreux défis. La demande croissante de bâtiments à faible consommation d'énergie, l'intégration de technologies innovantes telles que l'IA⁷ et d'énergies renouvelables sont complexifiées par le fait que 80 % du parc immobilier faisant partie des objectifs de 2050 est déjà construit. Selon le ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, de mars 2023 à février 2024, 364 800 logements ont été autorisés à la construction, soit 21,8 % de moins que l'année précédente. Sur la même période, on estime que 283 900 logements ont été mis en chantier, soit 25,2 % de moins qu'entre mars 2022 et février 2023.

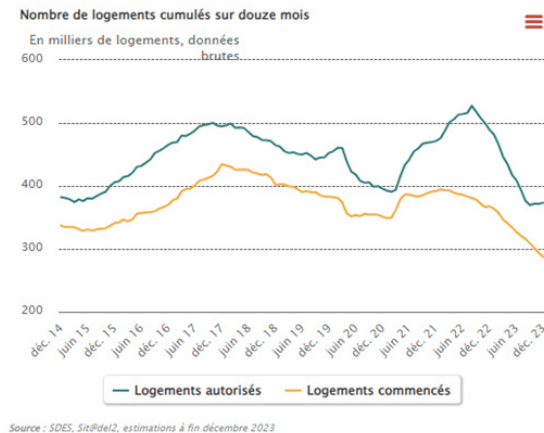


Figure 3. Nombre de logements cumulés sur 12 mois © SDES, Sit@del2, estimations de fin décembre 2023.

1.2. Rénovation

« Est en situation de précarité énergétique une personne qui éprouve dans son logement des difficultés particulières à disposer de la fourniture d'énergie nécessaire à la satisfaction de ses besoins élémentaires en raison de l'inadaptation de ses ressources ou de ses conditions d'habitat ».⁸

7 • IA : intelligence artificielle

8 • ADEME, Loi du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement, définissant la précarité énergétique.

La rénovation des bâtiments existants est un enjeu majeur en France et en Europe. En effet, il faut améliorer l'efficacité énergétique et réduire l'empreinte carbone d'un parc en plein déphasage avec son époque. Les réalités environnementales et les DPE⁹ sont inquiétants vis-à-vis des objectifs fixés à 2050. La Commission européenne a lancé l'initiative Renovation Wave visant à rénover 35 millions de logements d'ici 2030. L'heure n'est plus à la construction neuve en Europe car cela serait comme l'a dit Franck Boutté¹⁰ « consacrer 99,9 % des efforts sur 0,1 % du problème... » car le neuf ne représente que 1 % de renouvellement du parc par an.

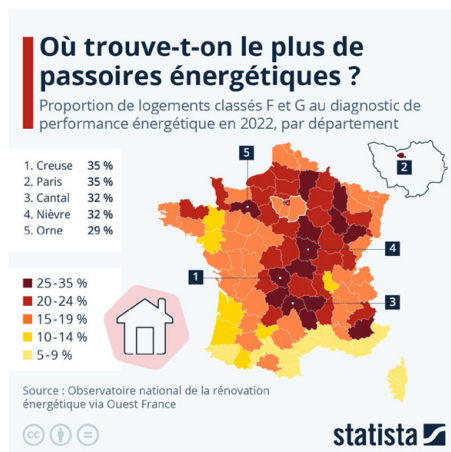


Figure 4. Où se trouvent les passoires énergétiques ?
© Observatoire national de la rénovation énergétique via Ouest France.

Le nombre de logements rénovés s'établit à 623 790 en 2023 contre 670 000 en 2022, en deçà de l'objectif de 700 000 mais représentant des aides équivalentes de 3,12 milliards d'euros. Sur ce total, 569 243 sont des rénovations énergétiques qui bénéficient de MaPrimeRénov', le dispositif phare de l'Anah (Agence nationale de l'habitat)¹¹. Mais la part des rénovations globales ne représente seulement qu'environ 10% de ces rénovations.

9 • DPE : diagnostic de Performance Énergétique

10 • Franck Boutté, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 09 avril 2024

11 • Source : BFM IMMO

1.3. Contexte réglementaire, incitatif et stratégie RSE¹²

Les réglementations telles que la réglementation thermique 2012 (RT2012), la réglementation environnementale (RE2020) en France et les normes et directive de performance énergétique des bâtiments en Europe jouent un rôle clé dans la promotion de la durabilité dans le secteur du bâtiment. Des incitations financières (subventions et crédits d'impôt) encouragent également la mise en œuvre de mesures de rénovation énergétique¹³.

La RSE dans le secteur du bâtiment implique l'adoption de pratiques durables tout au long du cycle de vie des bâtiments, de la conception à la déconstruction. Cela inclut la prise en compte des enjeux sociaux, environnementaux et économiques dans les décisions d'entreprise¹⁴.

1.4. Outils économiques et financiers spécifiques

Plusieurs instruments économiques et financiers sont disponibles pour soutenir les initiatives durables dans le secteur du bâtiment : prêts verts, CEE¹⁵, partenariats public-privé¹⁶.

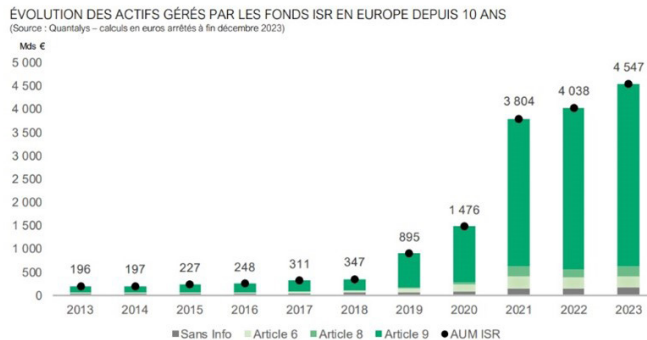


Figure 5. Évolution des actifs gérés par les fonds ISR en Europe depuis 10 ans
© Quantalys, calculs en euros arrêtés de fin décembre 2023.

Les investissements socialement responsables sont devenus un élément crucial dans les pratiques des sociétés d'investissement, cherchant à générer des rendements tout en considérant l'impact social et environnemental.

¹² RSE : Responsabilité sociale des entreprises

¹³ Source : Ministère de la Transition écologique et solidaire. <https://www.ecologie.gouv.fr/>

¹⁴ World Business Council for Sustainable Development - WBCSD

¹⁵ CEE : certificat d'économie d'énergie

¹⁶ Agence Française de Développement - AFD

Ces investissements intègrent des critères éthiques, environnementaux et de gouvernance dans leurs décisions, favorisant des entreprises engagées dans des pratiques durables et responsables. Les ISR offrent aux investisseurs l'opportunité de contribuer à des changements positifs tout en cherchant des bénéfices financiers, reflétant ainsi une évolution vers un capitalisme plus conscient et éthique. Ce que confirme Leslie Villatte¹⁷.

2. Le financement durable à différentes échelles

Le financement durable est devenu un enjeu majeur dans le monde économique et financier. Il vise à concilier rentabilité financière, responsabilité sociale et respect de l'environnement. Le financement durable peut être réalisé à différentes échelles, que ce soit au niveau des entreprises, des collectivités locales ou encore des investisseurs individuels. En effet, chacun des acteurs économiques (particuliers, entreprises, PME, collectivités) a des besoins, des attentes et des obligations différents en termes de durabilité.

Pour répondre aux enjeux du financement durable, de nombreux outils économiques et financiers spécifiques ont été développés. Parmi eux, on trouve les obligations vertes, les prêts verts, les fonds d'investissement socialement responsables ou encore les certifications environnementales et sociales. Ces outils permettent de garantir la traçabilité des investissements, de mesurer l'impact des projets financés et de favoriser une transition vers une économie plus durable.

2.1. Le financement des métropoles ou grands projets

Un acteur important et souvent méconnu du financement durable est la banque de l'Union européenne BEI¹⁸. Ce sont les 27 États membres qui définissent sa politique d'investissement. En tant que plus grande banque publique du monde, la BEI se positionne comme un moteur essentiel de la transition vers une économie neutre en carbone, en catalysant les investissements dans des projets à impact positif sur le climat. À cet effet, la BEI accorde des prêts et fournit des conseils spécialisés à l'appui de milliers de projets dans plus de 160 pays.

Selon Grégoire Chauvière Le Drian¹⁹, la BEI s'engage en faveur de la décarbonation via les projets qu'elle finance. Chaque projet subit une évaluation minutieuse de son empreinte carbone, ainsi que de sa contribution à la transition énergétique et à la résilience climatique.

¹⁷ • Leslie Villatte, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 08 avril 2024

¹⁸ • BEI : Banque Européenne d'Investissement

¹⁹ • Grégoire Chauvière Le Drian, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 10 avril 2014.

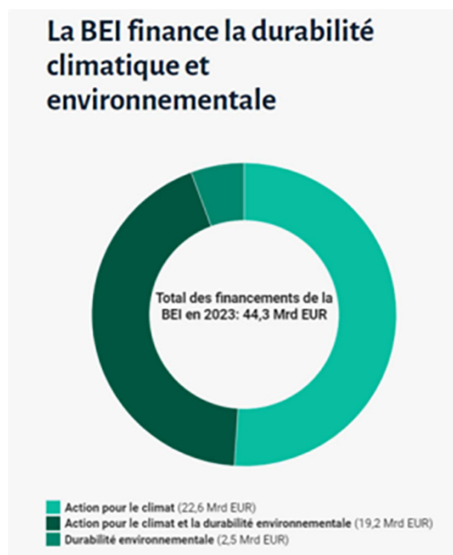


Figure 6. Répartition des financements de la BEI en 2023

© Site de la BEI - Clés pour comprendre l'action de la BEI en faveur du climat.

La BEI collabore avec de nombreux acteurs publics et privés pour renforcer les investissements dans des projets liés au climat et à l'environnement. Elle soutient les grandes entreprises et les grands projets à l'aide de prêts directs. En 2023, le Groupe BEI a octroyé 49 milliards d'euros de financements directs pour l'action en faveur du climat et la durabilité environnementale, soit plus qu'en 2022 (38 milliards d'euros). Depuis 2021, le Groupe BEI a soutenu 349 milliards d'euros d'investissements verts et il est ainsi en bonne voie pour atteindre l'objectif de 1 000 milliards d'euros de financements verts appuyés d'ici la fin de la décennie. À noter que la BEI finance environ 50 % de la dette liée au produit. Pour les plus petits projets, elle propose des prêts ou d'autres formes d'assistance à des banques locales qui interviennent comme intermédiaires et rétrocèdent ces financements à de petites entreprises.

Dans le secteur immobilier, la BEI joue un rôle déterminant dans le financement de projets de durabilité et de résilience. Elle accorde une attention particulière au logement social, reconnaissant son importance dans la lutte contre la précarité énergétique et la réduction des émissions de gaz à effet de serre. En partenariat avec des acteurs locaux, la BEI finance des projets de rénovation énergétique, dans le but d'améliorer la qualité de vie des populations tout en réduisant l'empreinte carbone des bâtiments.

Dans le secteur des projets, la BEI investit dans des projets d'envergure avec un impact significatif sur la transition vers une économie plus verte. Grégoire Chauvière Le Drian

a pris l'exemple de la Gigafactory de Verkor à Dunkerque. Cette usine de fabrication de cellules de batterie bas-carbone pour véhicules électriques incarne la convergence entre l'innovation technologique et le développement durable. En soutenant ce projet, l'objectif au niveau environnemental est double : accélérer la transition vers la mobilité électrique, mais également revitaliser socialement une région économique.

2.2. Le financement d'entreprise

Les entreprises peuvent avoir recours à des « Fonds verts » pour investir dans des projets écoresponsables dans les domaines de la mobilité, des villes durables, de l'énergie et de l'industrie. C'est le cœur de métier de l'entreprise Egis (études financières couplées à la qualité environnementale). Alfonso Ponce²⁰ a pris l'exemple d'une acquisition structurante récemment réalisée au Canada avec le rachat d'un bureau d'ingénierie de 800 collaborateurs. Le financement est lié à la performance environnementale avec des conditions plus favorables si les objectifs sont atteints.

2.3. Le financement des PME

Les PME sont contraintes à réaliser la transition énergétique pour 2 raisons majeures :

- L'augmentation du coût de l'énergie : pour un dirigeant, la compétitivité et la rentabilité importent souvent plus que la réduction des émissions de CO₂. Mais aujourd'hui, les investissements de transition énergétique doivent permettre à l'entreprise d'économiser de l'argent et donc de rester plus compétitives et plus rentables ;
- L'évolution de l'impact réglementaire : la CSRD (entrée en vigueur au 01.01.2024) fixe de nouvelles normes et obligations de reporting extra-financier. Elle concerne surtout les grandes entreprises, mais impacte également les PME. Les grands groupes devront non seulement contrôler leurs propres émissions de carbone mais également ceux de leurs sous-traitants et fournisseurs. Ils devront donc choisir leurs partenaires en fonction de cette exigence.

Pour les soutenir dans cette démarche, les banques ou des experts peuvent se positionner comme tiers de confiance. La Banque Populaire Auvergne RhôneAlpes souhaite par exemple mener ce rôle et soutenir ses clients dans leur transition énergétique, afin qu'ils puissent réaliser leur transition environnementale tout en restant compétitifs. Pour Pierre-Henri Grenier²¹, une solution a été de mettre en place la Banque de la Transition Énergétique.

20 • Alfonso Ponce, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 10 avril 2024.

21 • Pierre-Henri Grenier, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 10 avril 2024.

Cette dernière propose un package comprenant :

- un crédit *via* une épargne dédiée à la transition énergétique. Cette solution permet de prêter sans interruption aux clients. Pour Pierre-Henri Grenier, l'investissement de la transition énergétique ne doit pas être subordonné à la politique monétaire de la BCE (hausse des taux pour limiter les liquidités) ;
- une équipe d'experts en transition énergétique qui analyse ces critères dans les dossiers de crédit.

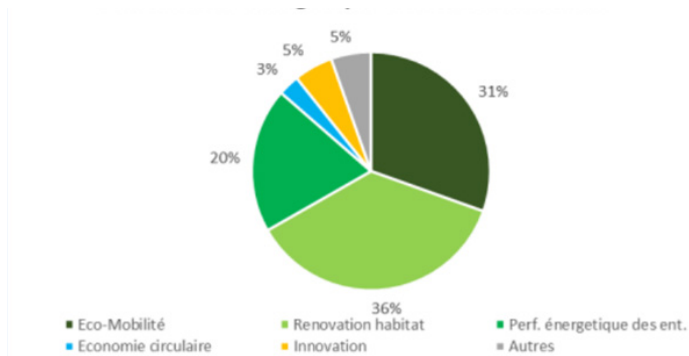


Figure 7. Performance énergétique et environnementale

© Pierre-Henri Grenier, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 10 avril 2024.

En Allemagne, un autre exemple de financement des projets de PME a été présenté par Dominik Bach de la KfW²². En mobilisant des fonds significatifs pour la rénovation énergétique, elle aide à financer des projets qui ont eu un fort impact sur la réduction des émissions de CO₂. En 2023, environ 46 % des 93,4 milliards d'euros de financements ont été alloués à des projets de protection climatique et environnementale, soulignant l'engagement de la banque en matière de développement durable.

La KfW joue un rôle crucial dans le soutien des PME, favorisant l'innovation et la croissance économique grâce à des conditions de financement avantageuses.

La KfW investit également à l'international dans les aspects sociaux de la durabilité comme le développement d'infrastructures, l'éducation, l'accès à l'eau potable, et les soins de santé, améliorant ainsi les conditions de vie dans les pays en développement.

2.4. Le financement des copropriétés

Les copropriétés, par leur structure (multipropriétaires) nécessitent des solutions sur mesure afin de les supporter dans les rénovations énergétiques.

²² • KfW : Kreditanstalt für Wiederaufbau.

En effet, plusieurs éléments aujourd'hui freinent les travaux d'amélioration de l'éti-quette énergétique à l'échelle de la copropriété :

- Les freins structurels : les travaux de rénovation énergétique des copropriétés sont une décision collective. Toutefois, les motivations des copropriétaires ne sont pas forcément toutes identiques. Elles peuvent dépendre de plusieurs paramètres (statut d'occupation, niveau de vie, âge, emplacement (sud ou nord, étage, etc.). Une solution pour faire converger les avis serait de parler non plus d'émissions de CO₂ mais plutôt de confort d'été, sujet qui semble plus consensuel ;



Figure 8. Principales motivations pour soutenir les travaux de rénovation énergétique

© Pierre-Henri Grenier, op.cit.

- Freins aux financements : la complexité des aides, le « millefeuille administratif », les niveaux d'endettements disparates et la réticence des banques à prêter n'aident pas à trouver une solution pérenne pour l'habitat privé collectif. La difficulté selon Pierre-Henri Grenier est de satisfaire les 4 acteurs principaux d'un tel projet (banque, syndic, copropriétaires et pouvoirs publics), chacun ayant ses ambitions propres :
 - Les copropriétaires souhaitent que la dette soit étalée dans les charges de la copropriété, et qu'elle soit attachée à la « pierre » (donc transférable en cas de mutation).

- Les banquiers souhaitent un financement global pour ne pas devoir gérer les multiples prêts des « non-clients », or la copropriété n'a pas une personnalité juridique propre.
- Les syndic souhaitent trouver une solution simple avec une clé de répartition simple
- Les pouvoirs publics souhaitent une massification des interventions.

À l'heure actuelle, quatre types de financement sont possibles. Le tableau ci-dessous indique les degrés de satisfaction des différents acteurs du projet en fonction du type de financement :

Type de financement	Copropriétaire	Banquiers	Syndic	Pouvoirs publics
<i>Financement individuel</i>	✗ Emprunt individuel rattaché à une personne.	✗ Gestion, d'un grand nombre de dossiers	✓ Solution simple et répartissable	✗ Pas de massification possible
<i>Prêt collectif 100 %</i> =>Tous les copropriétaires adhérent au prêt	--- Répartition de la dette dans les charges de la copropriété mais le prêt attaché à la personne	✓ Approche globale	--- Complexité en cas de mutation	✗ Massification compliquée à mettre en place, car pas de consensus pour les copropriétaires
<i>Prêt collectif individualisé</i> => Les copropriétaires décident ou non d'adhérer au prêt	--- Dette étalée dans le temps, mais elle reste rattachée à la personne	✓ Approche globale mais nécessite des outils spécifiques pour gérer les mutations individuelles	✓ Transparence	✗ Pas de massification car il faut que les banques aient les outils de gestion des mutations individuelles

<i>Solution tiers-financement</i> => La banque prête à une société tierce qui porte les travaux et paie donc le maître d'œuvre. Cette tierce société signe le contrat avec la copropriété et se fait payer par les charges de la copropriété	V Rattachement à la pierre et échelonnement de la dette	V Approche globale	V Solution simple	V Massification possible. Attention cependant aux copropriétés économiquement fragiles
--	--	-----------------------	----------------------	--

2.5. Autres opportunités : subventions et autres incitations financières

2.5.1. Les subventions

Pour les entreprises

- Crédit d'impôt au titre des investissements dans l'industrie verte (C3IV)²³ :

Ce crédit d'impôt, créé par l'article 35 de la loi de finances pour 2024. Adopté dans le cadre du volet financier de la loi industrie verte, le C3IV est un levier pour aider la France à accueillir de nouvelles capacités de production industrielle sur son territoire. Ce crédit encourage à la transition énergétique, à une meilleure souveraineté économique verte et à la promotion d'activité créatrice d'emplois. La Commission Européenne a autorisé un régime d'aides français d'un montant de 2,9 milliards d'euros pour soutenir ces investissements.

- Aides de l'ADEME (Agence de la transition écologique)

L'ADEME propose des solutions financières à destination des entreprises, des collectivités, des organismes de recherche et des structures relais de mobilisation. Ces aides recouvrent les quatre domaines d'intervention : le développement des énergies re-

²³ • <https://www.economie.gouv.fr/>

nouvelables, de l'économie circulaire et des émissions de gaz à effet de serre (GES), la reconversion des friches polluées et l'amélioration de la qualité de l'air intérieur et extérieur.

Par exemple, le guichet « Tremplin pour la transition écologique des PME » qui permet d'accéder à des aides dans plusieurs domaines de la transition écologique.

- Prêt Éco-Énergie²⁴

Dispositif à destination des microentreprises, TPE et PME ayant plus de 3 ans d'existence et étant financièrement saines. Pour en bénéficier, l'entreprise doit s'engager dans un programme d'investissement qui aura pour finalité d'améliorer leur efficacité énergétique. C'est un prêt participatif pouvant aller jusqu'à 100 000 euros qui est assimilé à des fonds propres lui permettant ainsi d'être renseigné sur une ligne spécifique du bilan de l'entreprise.

- Certificat d'économies d'énergie (CEE)²⁵

Le dispositif des CEE est un mécanisme qui oblige les fournisseurs d'énergie (électricité, gaz, fioul, carburants, GPL, ...), au travers d'objectifs triennaux fixés par les pouvoirs publics, à financer des actions et des travaux en faveur des économies d'énergie.

Pour les particuliers

- MaPrimeRénov'²⁶

Il s'agit de la principale aide financière de l'État pour la rénovation énergétique des logements. Elle s'adresse à tous les propriétaires, occupants comme bailleurs, aussi bien en maison individuelle qu'en appartement. Le montant de l'aide dépend des travaux et des revenus du foyer.

2.5.2. Les prêts à taux réduits

Dans le domaine de l'immobilier durable, il existe plusieurs types de prêts à taux réduit qui encouragent les propriétaires à investir dans des projets respectueux de l'environnement. Voici quelquesuns de ces prêts :

24 • <https://www.economie.gouv.fr/cedef/aides-entreprises-transition-ecologique>

25 • <https://www.anil.org/certificats-economie-energie-cee/>

26 • <https://www.economie.gouv.fr/cedef/maprimerenov>

- Écoprêt à taux zéro²⁷

C'est un prêt réglementé qui finance sans condition de ressources les travaux de rénovation énergétique des logements privés et des copropriétés, et pour lequel l'État prend les intérêts à sa charge. L'emprunt peut atteindre 50 000 euros et être souscrit pour une durée maximale de 20 ans.

Les travaux doivent être réalisés par un professionnel qualifié et entrer dans l'une des trois catégories : rénovation ponctuelle (toiture, chauffage, fenêtres), rénovation globale (audit énergétique), ou travaux liés à l'adaptation au handicap.

- Prêt vert²⁸

Le Prêt Vert est un programme d'investissement dans des procédés industriels consommant moins de matières premières ou d'énergie (tels que l'installation de panneaux solaires, l'isolation thermique, ou la mise en place de systèmes de récupération d'eau.), générant moins de déchets et conduisant à des produits écoefficientes.

Il offre un taux d'intérêt avantageux pour les emprunteurs qui souhaitent investir dans un avenir plus respectueux de l'environnement.

- Prêt immobilier durable²⁹

Type de financement spécifiquement conçu pour encourager les projets immobiliers (projets de construction, d'achat ou de rénovation de biens immobiliers) respectueux de l'environnement. Ce prêt à taux 0 cible une catégorie de logement bien particulier et a des conditions d'obtention qui varient selon les établissements prêteurs, mais en général, il faut justifier le caractère durable du projet.

²⁷ • <https://www.economie.gouv.fr/particuliers/eco-pre-t-a-taux-zero-ptz->

²⁸ • https://draaf.auvergne-rhone-alpes.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/PV_2_fiche_produit_externer-1_cle89bc58.pdf

²⁹ • <https://gestia-solidaire.com/un-pre-t-a-taux-0-pour-inciter-a-acheter-des-logements-plus-responsables/>

2.5.3. Précision sur les cumuls d'aides possibles

	MAPRIME RÉNOV'	MAPRIME- RÉNOV' PARCOURS ACCOMPAGNÉ	MAPRIME- RÉNOV' COPRO- PRIÉTÉS	AIDES DES COLLECTIVI- TÉS LOCALES	AIDES DES FOURNISSEURS D'ÉNERGIE	ÉCO- PRÊT À TAUX ZÉRO
MAPRIME RÉNOV'	Limite de 20 000 € par logement sur 5 ans	✗	✓ Cumul possible en parties privatives et parties communes**	✓ avec un écrêtement de MaPrime- Rénov'***	✓ avec un écrêtement de MaPrimeRé- nov'***	✓
MAPRIMERÉNOV' PARCOURS ACCOMPAGNÉ	✗	Rénovation en 2 étapes (cf MaPrimeRénov' Parcours accompagné)	✓ *Cumul possible en parties privatives et parties communes*	✓ avec un écrêtement de MaPrime- Rénov'*	✗	✓
MAPRIMERÉNOV' COPROPRIÉTÉS	✓ Cumul possible en parties privatives et parties communes**	✓ Cumul possible en parties privatives et parties communes*		✓	✓ sauf en cas de copropriétés en difficulté	✓
AIDES DES COLLECTIVITÉS LOCALES	✓ avec un écrêtement de MaPrime- Rénov'***	✓ avec un écrêtement de MaPrime- Rénov'*	✓		✓	✓
AIDES DES FOURNISSEURS D'ÉNERGIE	✓ avec un écrêtement de MaPrime- Rénov'***	✗	✓ sauf en cas de coproprié- tés en difficulté	✓		✓
ÉCO-PRÊT À TAUX ZÉRO	✓	✓	✓	✓	✓	

Le chèque énergie, l'exonération de la taxe foncière, l'aide de votre caisse de retraite peuvent également être cumulés aux aides présentées dans ce tableau.

*Écrêtement de MaPrimeRénov' Parcours accompagné de façon à ce que le montant cumulé des aides ne dépasse pas 100 % pour les propriétaires très modestes, 80 % pour les propriétaires modestes, 60 % pour les propriétaires aux revenus intermédiaires et 40 % pour les propriétaires aux revenus supérieurs.

**Écrêtement de MaPrimeRénov' de façon à ce que le montant cumulé des aides ne dépasse pas 90 % pour les propriétaires très modestes, 75 % pour les propriétaires modestes, 60 % pour les propriétaires aux revenus intermédiaires et 40 % pour les propriétaires aux revenus supérieurs.

Figure 9. Précisions sur les cumuls des aides possibles

© Les aides financières en 2024, Agence nationale de l'habitat, janvier 2024.

https://www.anah.gouv.fr/sites/default/files/2023-12/202401_guide-aides-financieres.pdf

2.5.4. Les garanties de prêt Développement Durable

Le prêt Développement Durable peut être conditionné à la constitution de garanties telles que : le cautionnement de l'organisme spécialisé Crédit Logement ou pour les fonctionnaires ou agents de l'État par celui d'une mutuelle de la fonction publique, une hypothèque.

2.5.5. Les investissements à impact

Les investisseurs, institutionnels comme privés, sont en quête de sens pour leurs investissements et plébiscitent les produits responsables dans leur stratégie d'investissement. Ils veulent davantage orienter leurs portefeuilles vers des fonds ESG. Grégoire Chauvière Le Drian est en accord avec ces propos en sousentendant que cette stratégie participe à un effort de transparence où le pilotage et le *reporting* des actions ESG renforceront la confiance des investisseurs.

- Avantages des investissements immobiliers durables :
 - Impact environnemental : les bâtiments durables consomment moins d'énergie et d'eau, ce qui génère des économies sur les factures à long terme
 - Impact Social : ces projets contribuent à la création d'emplois locaux et au développement économique des communautés environnantes
- Fonds d'impact immobilier : par exemple, BNP Paribas Real Estate Investment Management a lancé le European Impact Property Fund³⁰. Il vise une réduction de 40 % des émissions de gaz à effet de serre sur l'ensemble de son portefeuille.

3. La finance durable

La finance durable intègre des critères environnementaux, sociaux et de gouvernance dans les décisions d'investissement. Elle vise à concilier rentabilité économique et impact positif sur la société et l'environnement comme évoqué par M. Pierre-Henri Grenier.

Au niveau européen, la Commission Européenne s'est engagée à prendre le leadership dans le financement des technologies durables grâce au Green Deal³¹ porté par Ursula von der Leyen. L'Union européenne est en avance par rapport à ses concurrents en matière de réglementation, notamment grâce à sa normalisation des données de durabilité. Stéphanie Merger³² a rappelé également ces propos lors de son intervention.

30 • <https://www.realestate.bnpparibas.com/eipf-european-climate-impact-real-estate-fund-line-paris-agreement>

31 • https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_fr

32 • Stéphanie Merger, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 10 avril 2024

Cependant, l'esprit d'une politique commune intégrée a du mal à émerger, car chaque pays au sein de l'Union européenne tend à définir sa propre stratégie industrielle verte de manière autonome et à court terme.

La France est le référent de la finance durable en Europe. La crise de 2007-2008 avait posé les premiers jalons, dans l'Hexagone, pour une finance plus responsable. Et la crise née de la pandémie de Covid 19 a exacerbé cette prise de conscience. « Le marché de la finance durable représente désormais près de 43 % des encours de l'industrie de la gestion d'actifs, hissant l'Hexagone au rang de leader en Europe. »³³

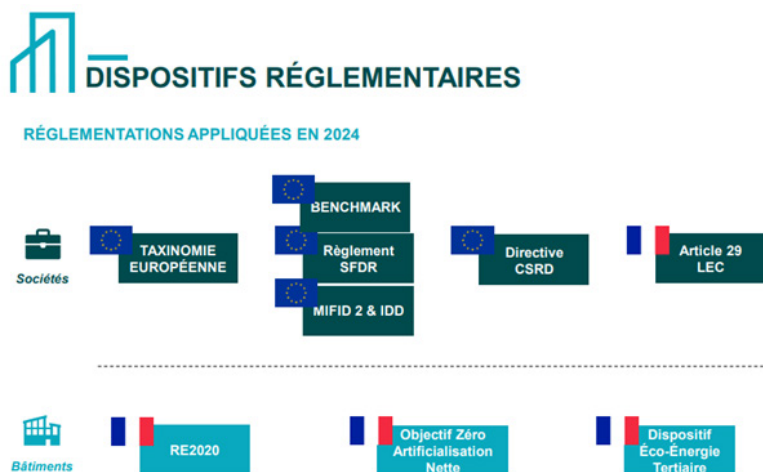


Figure 10. Dispositifs réglementaires

© Alexandre Van Ooteghem, responsable de l'équipe Finance Durable à l'Observatoire de l'immobilier durable (OID).

On peut conclure que la finance durable est au cœur du développement économique de l'Europe, et la France joue un rôle essentiel dans cette transition vers des investissements plus responsables et durables. De ce fait, il sera intéressant de développer la finance durable à travers la réglementation européenne et sous le prisme des dispositifs français.

33 • Sabine Grafe, « La France championne d'Europe de la finance durable », Xerfi, 14 mars 2022. Disponible en ligne : https://www.xerfi.com/blog/La-France-championne-d-Europe-de-la-finance-durable_1376

3.1. La finance durable à travers la réglementation européenne

La finance durable désigne l'ensemble des pratiques et réglementations financières visant à favoriser l'intérêt de la collectivité sur le moyen/long terme et qui est vulgarisé par le logigramme ci-après.

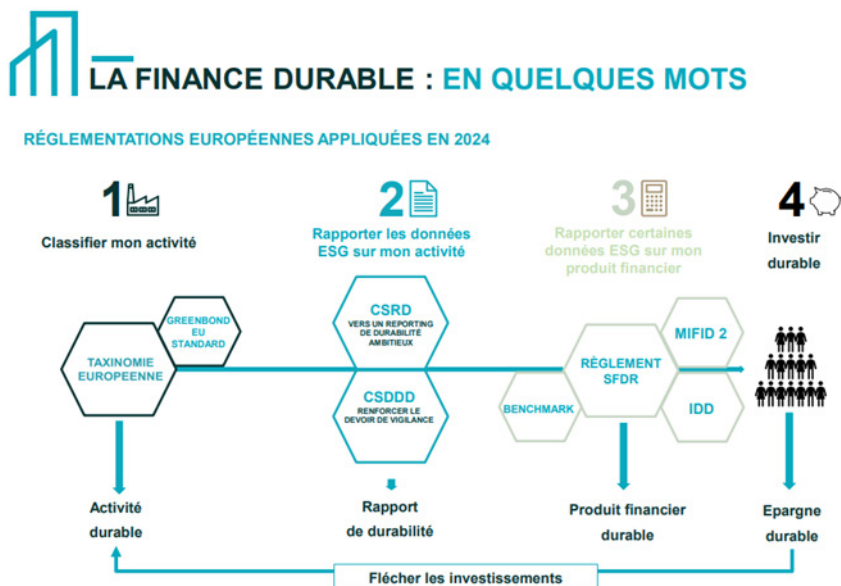


Figure 11. Finance durable © Alexandre Van Ooteghem, op. cit.

3.1.1. Taxinomie environnementale européenne : une classification de l'activité

Le règlement de l'Union européenne (UE) 2020/852, dit « taxinomie européenne », vient établir une classification des activités économiques durables sur le plan environnemental en définissant des seuils communs. L'objectif de ce texte est de rediriger les flux de capitaux vers ces activités. Alfonso Ponce, notamment, évoque que son entreprise respecte ce règlement sur les activités éligibles. La Taxinomie européenne touche plus de 80 secteurs d'activité, notamment celui du bâtiment au titre de plusieurs activités économiques, dont la construction neuve, la rénovation de bâtiments existants et l'exploitation d'actifs immobiliers.

La taxinomie européenne définit des critères de contribution substantielle et d'absence de préjudice sur les six objectifs environnementaux suivants :

- l'atténuation du changement climatique ;
- l'adaptation au changement climatique ;
- la gestion durable de l'eau ;
- l'économie circulaire ;
- la prévention de la pollution ;
- la préservation de la biodiversité.

À cela s'ajoute le respect d'un critère sur les garanties minimales. La divulgation des informations taxinomiques requiert une agrégation avec les données financières de la société concernée. En fonction du statut de l'entreprise, non financière ou financière, celle-ci doit publier la part de son chiffre d'affaires, de ses CAPEX et de ses OPEX alignés avec la Taxinomie, ou bien la part de ses investissements alignés. En 2023, les sociétés non-financières ont publié leurs premiers indicateurs d'alignement pour les deux objectifs climatiques. En 2024, les entreprises financières font également.

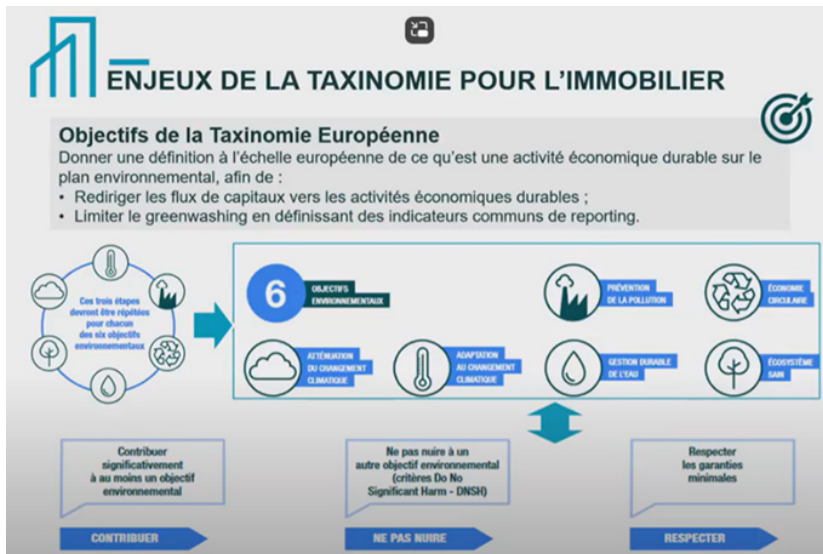


Figure 12. Enjeux de la taxinomie pour l'immobilier © Alexandre Van Ooteghem, op. cit.

3.1.2. La CSRD/CRSDDD : Les données ESG rapportées sur l'activité

La CSRD³⁴ est une directive européenne, applicable depuis le 1^{er} janvier 2024, visant à améliorer et harmoniser la divulgation d'informations ESG par l'entreprise. Elle fixe de nouvelles normes et obligations de *reporting* extrafinancier pour les entreprises dans le but d'encourager et d'évaluer leurs disciplines dans le Développement Durable.

Les informations communiquées par l'entreprise doivent être certifiées par un commissaire aux comptes ou par un organisme tiers indépendant accrédité.

3.1.3. La MFID 2 et IDD : Les données ESG rapportées sur mon produit financier

La Directive MFID 2³⁵ et la directive IDD³⁶ sont deux réglementations européennes qui fixent notamment les règles auxquelles doivent se plier les établissements financiers qui fournissent des services d'investissement et/ou des services auxiliaires. Ces réglementations assurent, à chaque investisseur-client, que les produits financiers choisis correspondent et prennent en compte les préférences des clients en matière de durabilité.

3.2. La finance durable à travers la réglementation française

3.2.1. L'article 29 de la Loi énergie-climat

Le décret d'application de l'article 29 de la Loi énergie-climat du 8 novembre 2019, publié le 27 mai 2021, a pour objet de clarifier et renforcer le cadre de transparence extrafinancière des acteurs de marché.

Il s'agit d'un texte structurant pour le verdissement de la finance en ce qu'il complète le droit européen en vigueur dans trois domaines complémentaires :

- Le climat ;
- La biodiversité ;
- La prise en compte des facteurs ESG dans la gestion des risques et la gouvernance des institutions financières ;
- Une meilleure intégration des enjeux climatiques et de biodiversité au sein des politiques d'investissement.

34 • CSRD: Corporate Sustainability Reporting Directive

35 • MFID : Markets in Financial Instruments Directive II

36 • IDD : Insurance Distribution Directive

3.2.2. La RE2020

La RE2020 est la nouvelle réglementation énergétique et environnementale de l'ensemble de la construction neuve. L'enjeu est de concevoir et construire les futurs lieux de vie des Français en poursuivant trois objectifs majeurs portés par le gouvernement :

- Un objectif de sobriété énergétique et une décarbonation de l'énergie ;
- Une diminution de l'impact carbone ;
- Une garantie de confort en cas de forte chaleur.

Cette nouvelle réglementation, préfigurée par l'expérimentation E+/C- et qui vient remplacer la RT2012, est issue de la volonté de l'État, mais aussi du dialogue avec les acteurs qui ont décidé d'agir collectivement pour réduire les émissions du bâtiment. Il s'agit de la première réglementation française, et une des premières mondiales, à introduire la performance environnementale dans la construction neuve via l'analyse en cycle de vie.

Elle est entrée progressivement en vigueur depuis le 1^{er} janvier 2022, en commençant par les logements. Elle vise actuellement la construction neuve exclusivement.

3.2.3. L'objectif « zéro artificialisation nette » (ZAN)

L'objectif ZAN est une notion inscrite dans l'article 192 de la Loi Climat et résilience. Son ambition est de réduire et compenser l'imperméabilisation du sol. Il s'agit d'un engagement pour éviter « l'altération durable de tout ou en partie des fonctions écologiques d'un sol, en particulier de ses fonctions biologiques, hydriques et climatiques, ainsi que de son potentiel agronomique par son occupation et son usage ».

3.2.4. Le dispositif Éco-Énergie Tertiaire

Le dispositif Éco-Énergie Tertiaire (EET) est une obligation réglementaire qui engage tous les acteurs du tertiaire vers la sobriété énergétique. Issue du décret tertiaire (article 175 de la loi ELAN), elle impose une réduction des consommations d'énergie finale de l'ensemble du parc tertiaire d'au moins -40 % en 2030, -50 % en 2040, -60 % en 2050 (par rapport à 2010).

Depuis 2019, il est obligatoire de faire un *reporting* annuel (sur la plate-forme OPERAT de l'ADEME) pour déclarer à la fois les actions et la réduction des consommations d'énergies finales. Sont concernées par ce dispositif :

- Toutes les branches du secteur tertiaire : bureaux, services publics, enseignement, médicosocial, justice, commerces, etc.

- Toutes les constructions existantes et neuves, dont les bâtiments ont une surface d'activité tertiaire (ou un cumul de surfaces) égale ou supérieure à 1 000 m².

Quelques rares exceptions concernent les constructions provisoires (permis de construire précaires), les lieux de culte, les activités à usage opérationnel à des fins de défense, de sécurité civile ou de sûreté intérieure du territoire.

3.3. La finance durable au milieu des « dispositifs français »

Le secteur du bâtiment et de l'immobilier subit actuellement les effets d'un ensemble de crises majeures à la fois structurelles et conjoncturelles. Dans ce contexte inédit qui risque fortement de durer, le secteur doit se transformer en profondeur pour relever le défi de la transition énergétique et environnementale, tout en répondant au mieux aux exigences des nouvelles réglementations (RE2020, ZAN, ...). Or, engager des transformations importantes dans un contexte de crise, à un moment où certains actifs immobiliers subissent une forte perte de valeur, où le taux de vacance augmente en même temps que la demande baisse, notamment dans les bureaux, n'est pas chose facile. Dans la suite de ce chapitre, nous évoquerons les propos de Guillaume Sainteny qui met évidence certains conflits entre les réglementations établies dans le cadre de la Loi Climat et résilience, adoptée en août 2021 et la fiscalité actuelle. Dans cette partie nous n'oublierons pas d'évoquer ses pistes d'évolutions possibles pour résoudre ces oppositions.

3.3.1. La fiscalité : un accompagnement et/ou un frein

3.3.1.1. La ZAN

Pour que la réglementation française concernant la ZAN atteigne ses objectifs, il est essentiel que le modèle économique et fiscal de notre pays évolue en conséquence. Actuellement nos terrains agricoles et forestiers (« non bâtis ») sont chaque année en situation de rentabilité négative pour les trois raisons principales suivantes :

- La réglementation du loyer (appelé « fermage » dans le bail rural ou bail à ferme) est très faible (en moyenne 150 €/hectare) ;
- La fiscalité importante portant sur les terres agricoles (actualisation des loyers de fermage inférieure à l'inflation) ;
- Le prix des terres « artificiellement » bas et inférieur à la plupart des autres pays européens (en moyenne, le prix des terres en France est de 6 000 €/hectare quand le terrain est « libre » et de 4 500 €/hectare quand il est « loué » alors qu'il est en moyenne de 30 000 €/hectare en Allemagne).

Eu égard à ces arguments, nous continuerons à artificialiser, dans notre pays, les terres et à accroître l'étalement urbain. Le coût du foncier non bâti étant moins élevé que celui du foncier bâti, il est dès lors moins coûteux pour les promoteurs immobiliers d'acquérir des terrains agricoles pour y développer leurs opérations de promotion immobilière. Guillaume Sainteny propose donc de réformer les loyers réglementés de fermage et/ou alléger la taxation des fermages et/ou alléger la taxation du foncier non bâti afin de permettre une rentabilité minimale du foncier non bâti après impôts. Dès lors, la ZAN serait plus et mieux applicable.

3.3.1.2. L'absence de modèle économique pour la rénovation énergétique

La rénovation énergétique est un enjeu majeur pour réduire la consommation d'énergie des bâtiments et lutter contre le changement climatique. Cependant, il est vrai que l'absence d'un modèle économique solide peut freiner les investissements dans ce domaine.

En France, les pouvoirs publics ne sont toujours pas parvenus à répartir, notamment, entre les parties prenantes (bailleurs et locataires) la charge des dépenses correspondantes aux travaux à réaliser pour rénover un logement au regard des réglementations en vigueur en la matière.

De ce fait, il faut poursuivre et accentuer les « bonnes réformes » initiées par les pouvoirs publics, particulièrement le recentrage du Pinel et du PTZ ou encore l'exonération de 70 % de la plus-value immobilière (avec conditions de construction de logements locatifs et d'au moins 75 % de la constructibilité utilisée).

Une fiscalité élevée peut être un frein à l'investissement immobilier, en empêchant toute valorisation des travaux de rénovation des logements comme l'illustre le schéma ci-dessous.

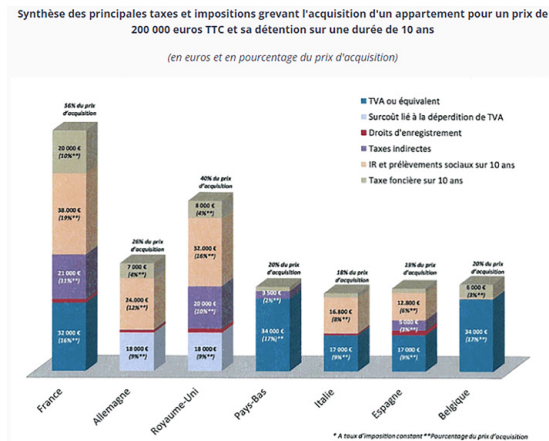


Figure 13. Synthèse des taxes et impositions

© Guillaume Sainteny,

présentation à la conférence internationale

MS@IBD du 10 avril 2024.

3.3.1.3. La vacance dans l'immobilier résidentiel

La vacance dans l'immobilier résidentiel peut avoir diverses implications fiscales. Une personne qui possède un logement inoccupé depuis au moins 1 an, selon la commune où il est situé, peut avoir à payer la taxe annuelle sur les logements vacants TLV³⁷ ou la THLV³⁸.

Le montant de la taxe est calculé d'après la valeur locative de l'habitation et variable en fonction de la durée de vacance du logement, le taux d'imposition : 17 % pour la première année où le logement devient imposable, puis 34 % pour les années suivantes. Le produit de la TLV est versé à l'Agence nationale de l'habitat.

Le propriétaire ou l'usufruitier d'un logement non meublé vacant depuis plus de 2 ans doit également payer la THLV (au 1^{er} janvier de l'imposition).

Malgré ces taxes, nous constatons un taux de vacance important sur le marché du logement en France (environ 8,5 %) et de plus ce taux n'a cessé de croître ces dernières années. L'augmentation du taux de vacance concerne autant les logements collectifs que les maisons individuelles.

Les principales raisons de cette vacance sont notamment la fiscalité sur l'immobilier qui n'a cessé d'augmenter ces dernières années et qui incitent souvent davantage à acquérir dans le neuf que dans l'ancien ou encore la perte de rendement de l'immobilier (augmentation des prix de vente de l'immobilier décorrélée des loyers).

Guillaume Sainteny propose la transformation suivante :

- Mettre en œuvre des subventions pour les constructions neuves dans les espaces « protégés » (protection faible) ;
- Diminuer la taxation du parc locatif ancien pour diminuer la vacance ;
- Réorienter la politique de logement social davantage vers l'ancien que vers le neuf.

En conclusion, l'analyse critique et comparée du modèle économique et de la fiscalité de l'immobilier en France permet ainsi de mesurer les limites à la transformation de la filière de l'immobilier vers un immobilier durable avec l'espoir d'une plus grande implication des pouvoirs publics vers des réformes plus adaptées.

Conclusion

Les mondes européen et anglo-saxon reposent sur deux modèles d'économie verte distincts. Le modèle de l'eurozone, inspiré du modèle Rhénan, s'appuie sur l'implication des banques d'État qui refinancent les banques commerciales.

³⁷ • TLV : taxe annuelle sur les logements vacants.

³⁸ • THLV : taxe d'habitation sur les logements vacants.

A contrario, le modèle anglosaxon se base sur une transition soutenue par le capital-investissement et les fonds d'investissement.

En Europe, les opérations financières sont encadrées par une législation « verte » qui s'adosse aux 17 objectifs de développement durable (ODD) définis par l'ONU et qui renforce la transparence des produits financiers. On note donc, dans les décisions d'investissement, une attention croissante portée aux critères environnementaux, sociaux et gouvernance.

Le gouvernement français a choisi de mettre en place des incitations et des politiques de soutien pour encourager l'immobilier durable.

La finance durable œuvre pour l'intérêt collectif. Toutefois, des axes d'amélioration subsistent encore pour tendre au bien commun :

- Une meilleure accessibilité aux financements et subventions pour tous et notamment pour les copropriétaires du parc de logements collectifs comme l'évoque Pierre-Henri Grenier ;
- Une simplification et une harmonisation des procédures administratives selon Grégoire Chauvière Le Drian ;
- Une refonte de la fiscalité de l'immobilier conformément aux propos de Guillaume Sainteny ;
- Une meilleure qualité de la sensibilisation grâce à une information simplifiée et plus rapide, ainsi qu'une formation pour tous sur ces sujets suivant Dominik Bach ;
- Et de manière unanime pour tous les intervenants, la standardisation et la transportabilité des réglementations et des critères ESG sont également nécessaires pour réduire les risques perçus par les investisseurs et les financiers, facilitant ainsi l'accès au financement.

En améliorant ces aspects, la France et l'Europe pourraient stimuler davantage la transition vers un immobilier plus vertueux, offrant des opportunités durables pour toutes les classes sociales.

Context and current state of the sustainable real estate and building sector

According to Philippe Madec, "the job of a builder is to offer well-being and happiness to users".³⁹ The sustainable real estate and building sector faces major economic and environmental challenges, and requires an integrated approach if it is to achieve decarbonization and sustainable development objectives.

43% of the country's annual energy consumption is generated by buildings. According to the International Energy Agency, buildings account for a significant share of global Greenhouse gases emissions – GHGs – (around 38%). In France in particular, the sector is responsible for around 25% of national GHG emissions, mainly due to the energy consumption of buildings.⁴⁰ Current economic conditions have a major impact on investment in the sector, but also offer opportunities to accelerate the transition to more sustainable practices. In order to reduce these emissions, France has introduced regulations, incentives and awareness-raising campaigns for the various stakeholders in the sector.⁴¹

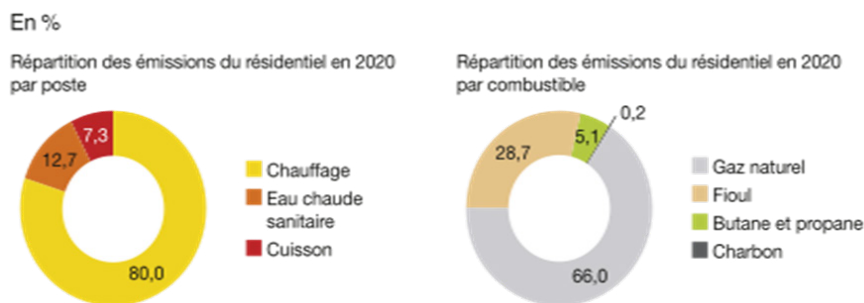


Figure 1. Breakdown of residential emissions in 2020 by source and fuel in %

© Secten Citepa and SDES, based on Ceren 2021.

Periods of economic crisis can have an impact on investment in the construction and renovation of sustainable buildings. However, they also offer an opportunity to redirect policies and funding towards projects that promote decarbonization and sustainable development, thereby contributing to long-term economic resilience.⁴²

39 • Philippe Madec, presentation at the IBD@MS International Conference on April 9, 2024

40 • French Environment and Energy Management Agency - ADEME: <https://www.ademe.fr/>

41 • Friday, October 14, 2022: <https://www.ecologie.gouv.fr/construction-et-performance-environnementale-du-batiment#:~:text=Le%20secteur%20du%20b%C3%A2timent%20repr%C3%A9sente,sensibilise%20les%20acteurs%20du%20secteur>

42 • Report by the Intergovernmental Panel on Climate Change

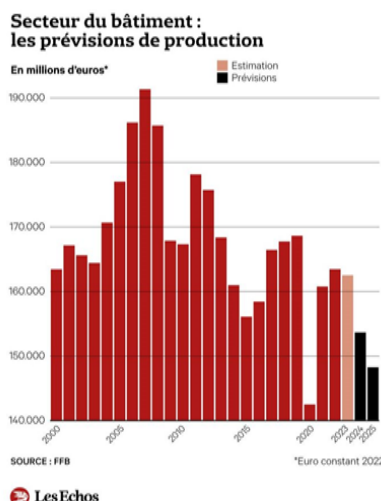


Figure 2. Construction sector production forecasts © FFB, Les Échos, 2023.

In addition to reducing GHG emissions, the sustainable real estate and building sector incorporates broader aspects of sustainable development, such as the efficient use of resources, preserving biodiversity and improving the quality of life of the occupants of buildings.⁴³

Financing is essential in promoting sustainability in both real estate and building. Innovative financial mechanisms such as green bonds, subsidized loans and tax incentives are crucial to supporting sustainable building and renovation initiatives.⁴⁴

1. Trends, advances and challenges in France and Europe

1.1. New buildings

France's new building sector faces a number of challenges. The growing demand for low-energy buildings, the integration of innovative technologies such as AI⁴⁵ and renewable energies are made more complex by the fact that 80% of the building stock included in the 2050 targets has already been built.

⁴³ • United Nations Environment Programme - UNEP

⁴⁴ • European Investment Bank

⁴⁵ • AI: Artificial Intelligence

According to the French Ministry for Ecological Transition and Territorial Cohesion, from March 2023 to February 2024, 364,800 homes were approved for construction, down 21.8% on the previous year. Over the same period, an estimated 283,900 homes were started, 25.2% fewer than between March 2022 and February 2023.

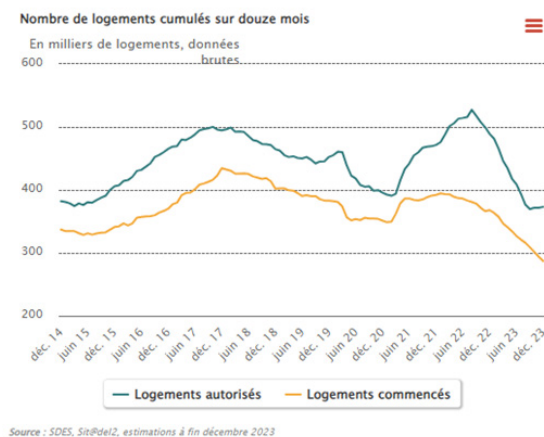


Figure 3. Cumulative number of homes over 12 months © SDES, Sit@del2, estimates to end December 2023.

1.2. Renovation

"A person in a situation of energy insecurity is one who has particular difficulty in obtaining the energy supply necessary to satisfy their basic needs in their home, due to the unsuitability of their resources or living conditions".⁴⁶ Renovating existing buildings is a major issue in France and Europe. It implies improving energy efficiency and reducing the carbon footprint of a building stock that is out of step with the times. Environmental realities and energy performance certificates (DPE)⁴⁷ are worrying when compared with the targets set for 2050. The European Commission has launched the Renovation Wave initiative to renovate 35 million homes by 2030.⁷ The time has come to stop building new homes in Europe because, as Franck Boutté has said, that would mean⁴⁸ "devoting 99.9% of our efforts to 0.1% of the problem..." given that new homes account for only 1% of the annual renewal of the building stock.

⁴⁶ • ADEME, Act of July 12, 2010 on the French commitment to the environment, defining energy insecurity.

⁴⁷ • DPE: energy performance certificates (diagnostic de performance énergétique)

⁴⁸ • Franck Boutté, presentation at the IBD@MS International Conference on April 9, 2024

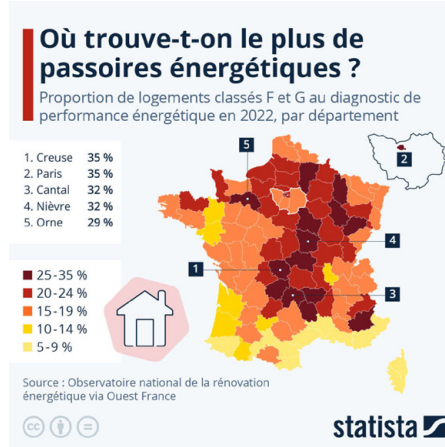


Figure 4. Where is energy being wasted? © Observatoire national de la rénovation énergétique in Ouest France.

A total of 623,790 homes were renovated in 2023, compared with 670,000 in 2022, short of the target of 700,000 but representing equivalent subsidies of €3.12 billion. Of this total, 569,243 were energy renovations benefiting from the ANAH's (Agence Nationale de l'Habitat/French national housing agency) flagship scheme, "MaPrimeRénov".⁴⁹ But the share of overall renovations amounts only to 10% of the total number of these renovations.

1.3. Regulatory environment, incentives and CSR strategy⁵⁰

Regulations such as France's Thermal Regulations (RT2012) and Environmental Regulations (RE2020), and Europe's energy performance standards and directives for buildings, play a key role in promoting sustainability in the building sector. Financial incentives (subsidies and tax credits) also encourage the implementation of energy efficiency measures.⁵¹

CSR in the building sector involves the adoption of sustainable practices throughout the building life cycle, from design to deconstruction. This includes factoring social, environmental and economic issues into business decisions.⁵²

⁴⁹ • Source: BFM IMMO

⁵⁰ • CSR: Corporate Social Responsibility

⁵¹ • Source: Ministry for the Ecological Transition and Solidarity - France: <https://www.ecologie.gouv.fr/>

⁵² • World Business Council for Sustainable Development - WBCSD

1.4. Specific economic and financial tools

There are a number of economic and financial instruments available to support sustainable initiatives in the building sector: green loans, CEE energy savings certificates⁵³ and public-private partnerships.⁵⁴

Socially responsible investment has become a crucial element in the practices of investment companies, seeking to generate returns while considering the social and environmental impact. These investments incorporate ethical, environmental and governance criteria into their decisions, favoring companies that are committed to sustainable and responsible practices. Socially responsible investment offers investors the opportunity to contribute to positive change while seeking financial rewards, reflecting a progression towards a more conscious and ethical form of capitalism. Leslie Villatte confirms this.⁵⁵

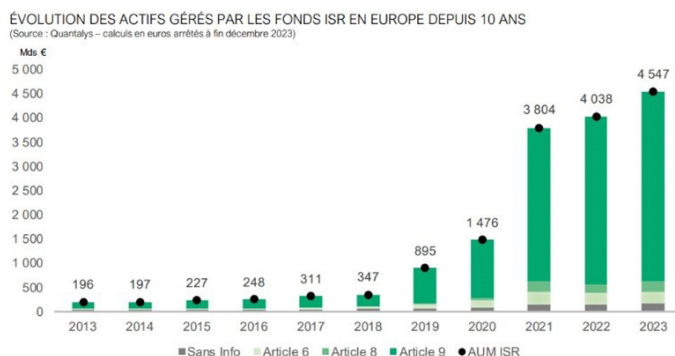


Figure 5. Progression in assets managed by socially responsible investment funds in Europe over the past 10 years
© Quantalys - given in Euros to end December 2023.

2. Sustainable financing at different scales

Sustainable financing has become a major concern in the economic and financial world. It aims at reconciling financial profitability, social responsibility and respect for the environment. Sustainable financing can be implemented at different levels, from companies to local authorities and individual investors. Indeed, each economic stakeholder (individuals, companies, SMEs, local authorities) has different needs, expectations and obligations in terms of sustainability.

⁵³ CEE: certificat d'économie d'énergie (energy savings certificate)

⁵⁴ Agence Française de Développement (French Development Agency) - AFD

⁵⁵ Leslie Villatte, presentation at the IBD@MS International Conference on April 8, 2024

A number of specific economic and financial tools have been developed to meet the challenges of sustainable financing. These include green bonds, green loans, socially responsible investment funds and environmental and social certifications. These tools guarantee the traceability of investments, measure the impact of financed projects and encourage the transition to a more sustainable economy.

2.1. Financing major cities and projects

An important and often overlooked stakeholder in sustainable financing is the European Union's investment bank, the EIB.⁵⁶ Its investment policy is defined by the 27 member states. As the world's largest public bank, the EIB is a key driver in the transition to a carbon-neutral economy, catalyzing investment in projects with a positive impact on the climate. To this end, the EIB provides loans and specialist advice for thousands of projects in over 160 countries.

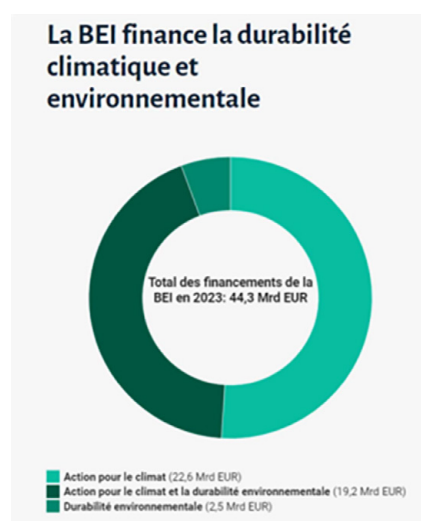


Figure 6. Breakdown of EIB financing in 2023 © EIB website _ EIB climate action explained.

According to Grégoire Chauvière Le Drian,⁵⁷ the EIB is committed to decarbonization through the projects it finances. Each project undergoes a thorough assessment of its carbon footprint, as well as its contribution to the energy transition and climate resilience.

⁵⁶ • EIB: European Investment Bank

⁵⁷ • Grégoire Chauvière Le Drian, presentation at the IBD@MS International Conference on April 10, 2024

The EIB works with a wide range of public and private stakeholders to boost investment in climate and environmental projects. It supports major companies and projects by way of direct loans. In 2023, the EIB Group provided 49 billion Euros in direct financing for climate action and environmental sustainability, more than in 2022 (38 billion Euros). Since 2021, the EIB Group has supported 349 billion Euros of green investment, and is well on the way to achieving its target of 1,000 billion Euros of green financing by the end of the decade. The EIB finances around 50% of the debt associated with the product. For smaller projects, it offers loans and other forms of assistance to local banks, which act as intermediaries and on-lend the financing to small businesses.

In the real estate sector, the EIB plays a key role in financing sustainability and resilience projects. It places particular emphasis on social housing, recognizing its importance in combating energy insecurity and reducing greenhouse gas emissions. In partnership with local stakeholders, the EIB finances energy renovation projects, with the goal of improving people's quality of life while also reducing the carbon footprint of buildings. In the project sector, the EIB invests in large-scale projects with a significant impact on the transition to a greener economy. Grégoire Chauvière Le Drian used the example of Verkor's Gigafactory in Dunkirk. This plant, which manufactures low-carbon battery cells for electric vehicles, is a perfect example of the convergence between technological innovation and sustainable development. Supporting this project serves a dual environmental objective: accelerating the transition to electric mobility, but also socially revitalizing an economic region.

2.2. Financing companies

Companies can use "Green Funds" to invest in environmentally responsible projects in the fields of mobility, sustainable cities, energy and industry. This is the core business of Egis (financial studies combined with environmental quality). Alfonso Ponce⁵⁸ used the example of a recent major acquisition in Canada, with the purchase of an engineering firm employing 800 people. The financing was linked to environmental performance, with more favorable terms if targets are met.

2.3. Financing SMEs

SMEs are obliged to make the energy transition for two major reasons:

- Rising energy costs: for managers, competitiveness and profitability are often more important than reducing CO₂ emissions. Today, however, energy transition investments must enable companies to save money and thus remain more competitive and profitable.

⁵⁸ • Alfonso Ponce, presentation at the IBD@MS International Conference on April 10, 2024

- Changes in regulatory impact: the CSRD (which came into force on 01.01.2024) sets new standards and obligations for non-financial reporting. It mainly concerns large companies, but also has an impact on SMEs. Major groups will have to monitor not only their own carbon emissions, but also those of their subcontractors and suppliers. They will have to take this requirement into account when choosing their partners.

To support them in this process, banks or experts can act as trusted third parties. Banque Populaire Auvergne Rhône-Alpes, for example, wants to play this role and support its clients in their energy transition, helping them to achieve their environmental goals while remaining competitive. For Pierre-Henri Grenier,⁵⁹ one solution was the creation of the Banque de la Transition Énergétique (Energy Transition Bank). It offers a package including:

- a loan via savings dedicated to the energy transition. This solution ensures uninterrupted lending to customers. For Pierre-Henri Grenier, investment in the energy transition should not be contingent on the ECB's monetary policy (higher interest rates to limit liquidity).
- a team of energy transition experts who analyze these criteria in credit applications.

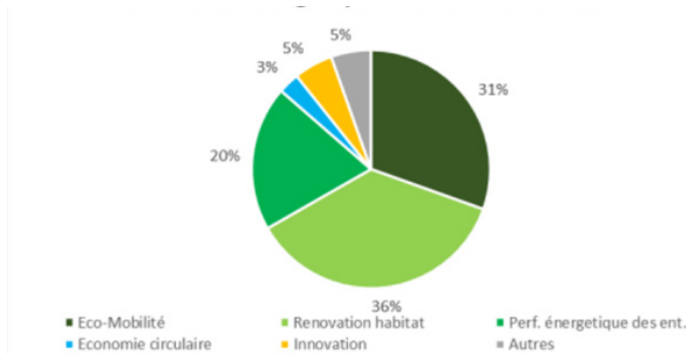


Figure 7. Energy & Environmental Performance

© Pierre-Henri Grenier, presentation at the IBD@MS International Conference on April 10, 2024.

In Germany, another example of SME project financing was presented by Dominik Bach of KfW.⁶⁰ By leveraging considerable funds for energy renovation, it has helped

⁵⁹ • Pierre-Henri Grenier, presentation at the IBD@MS International Conference on April 10, 2024

⁶⁰ • KfW: Kreditanstalt für Wiederaufbau

to finance projects that have had a strong impact on reducing CO₂ emissions. In 2023, around 46% of the 93.4 billion Euros of financing was allocated to climate and environmental protection projects, underlining the bank's commitment to sustainable development.

KfW plays a crucial role in supporting SMEs, promoting innovation and economic growth through attractive financing conditions.

KfW also invests internationally in the social aspects of sustainability, such as infrastructure development, education, access to drinking water and healthcare, improving living conditions in developing countries.

2.4. Financing co-ownership properties

Because of their structure (multiple owners), co-ownership properties require tailor-made solutions to support them in energy renovation.

There are currently several obstacles to improving the energy performance of co-ownership properties:

- Structural obstacles: Energy renovation work in co-ownership properties is a collective decision. However, the motivations of co-owners are not necessarily all the same. They may depend on several factors (occupancy status, standard of living, age, location (south or north-facing, floor, etc.). One way of getting people to agree would be to shift the focus from CO₂ emissions to summer comfort, an issue that is likely to be more consensual.



Figure 8. Main reasons for supporting energy renovation work © Pierre-Henri Grenier, op. cit.

- Financial obstacles: the complex nature of subsidies, administrative red tape, disparate levels of debt and the reluctance of banks to lend are all obstacles to finding a lasting solution for jointly owned private housing. According to Pierre-Henri Grenier, the difficulty lies in satisfying the four main stakeholders in such a project (the bank, property management, co-owners and public authorities), each with their own ambitions:
 - Co-owners prefer the debt to be spread over the co-ownership expenses, and for it to be attached to the property (and therefore transferable).
 - Bankers prefer comprehensive financing so that they don't have to manage the multiple loans of "non-clients", but co-ownership properties don't have a single legal personality.
 - Property managers want to find a simple solution with a simple distribution key.
 - The public authorities are looking for a more comprehensive approach.

At present, four types of financing are available. The table below shows the degree of satisfaction of the various project stakeholders according to the type of financing:

<i>Type of financing</i>	<i>Co-owner</i>	<i>Bankers</i>	<i>Property management</i>	<i>Public authorities</i>
<i>Individual financing</i>	✗ Individual loan linked to a person	✗ Management of a large number of files	✓ Simple, distributable solution	✗ No massification possible
<i>100% group loan</i> => All co-owners sign up to the loan	--- Debt distributed as part of the co-ownership expenses but the loan is attached to the individual	✓ Global approach	--- Complex in the case of transfers	✗ Massification complicated to set up due to lack of consensus among co-owners

<i>Individualized group loan</i> => Co-owners decide whether or not to sign up to the loan	--- Debt spread over time, but remain-ing attached to the person	✓ Global approach but requires speci-fic tools to manage individual transfers	✓ Transparence	✗ No massification, as banks must have the tools to manage indi-vidual transfers
<i>Third-party financing solution</i> -> The bank lends to a third-party company, which handles the work and therefore pays the project man-ager. This third party signs the contract with the co-owners and is paid through the co-ownership expenses.	✓ Debt attached to the property and staggered	✓ Global approach	✓ Simple solution	✓ Massification possible. Caution should be ex-ercised in the case of economically fragile co-ownership properties

2.5. Other opportunities: subsidies and other financial incentives

2.5.1. Subsidies

For companies

- Green Industry Investment Tax Credit (C3IV):⁶¹

This tax credit was created by Article 35 of the 2024 Finance Act. Adopted as part of the financial component of the Green Industry Act, the C3IV is a lever to help France

61• <https://www.economie.gouv.fr/>

attract new industrial production capacity. This credit encourages energy transition, greater green economic sovereignty and the promotion of job-creating activities. The European Commission has authorized a French aid scheme worth 2.9 billion Euros to support these investments.

- ADEME grants (The French Agency for Ecological Transition)

The ADEME offers financial solutions for companies, local authorities, research organizations and structures that mobilize people. This aid covers four areas: the development of renewable energies, the circular economy and greenhouse gas (GHG) emissions, the redevelopment of polluted brownfield land and the improvement of indoor and outdoor air quality.

For example, the "Tremplin pour la transition écologique des PME" (springboard for the ecological transition of SMEs) scheme, which provides access to aid in several areas of the ecological transition.

- Eco-Energy loan⁶²

This scheme is aimed at financially sound micro-enterprises, VSEs and SMEs that have been operating for over 3 years. To qualify, companies must commit to an investment program aimed at improving their energy efficiency. This is an equity loan of up to 100,000 Euros, which is treated as equity capital, and is therefore recorded on a specific line of the company's balance sheet.

- Energy savings certificate (*certificat d'économie d'énergie* - CEE)⁶³

The CEE scheme obliges energy suppliers (electricity, gas, heating oil, fuels, LPG, etc.), through three-year targets set by the public authorities, to finance energy-saving actions and work.

For private individuals

- MaPrimeRénov'⁶⁴

This is the government's main financial aid scheme for energy-efficient home renovation. It is aimed at all homeowners, both occupiers and lessors, in both detached

62• <https://www.economie.gouv.fr/cedef/aides-entreprises-transition-ecologique>

63• <https://www.anil.org/certificats-economie-energie-cee/>

64• <https://www.economie.gouv.fr/cedef/maprimerenov>

houses and apartments. The amount of the grant depends on the renovation work required and the household income.

2.5.2. Low-interest loans

In the field of sustainable real estate, there are several types of low-interest loans that encourage homeowners to invest in environmentally friendly projects. Here are some of these loans:

- Zero interest eco-loan (*Éco-prêt à taux zéro*)⁶⁵

This is a regulated loan that finances energy renovation work in private homes and co-owned properties, with no means testing, and for which the government pays the interest. The loan can be up to 50,000 Euros and for a maximum term of 20 years.

The work must be carried out by a qualified professional and fall into one of three categories: targeted renovation (roofing, heating, windows), comprehensive renovation (energy audit), or renovation to adapt to disability.

- Green loan (*Prêt vert*)⁶⁶

The Green Loan is an investment program in industrial processes that consume less raw materials or energy (such as the installation of solar panels, thermal insulation or water recovery systems), generate less waste and lead to eco-efficient products.

It offers an attractive interest rate for borrowers wishing to invest in a more environmentally friendly future.

- Loans for sustainable real estate⁶⁷

A type of financing specifically designed to encourage environmentally friendly real estate projects (construction, purchase or renovation of real estate). This interest-free loan targets a very specific category of housing, and the conditions for obtaining it vary from one lending institution to another, but in general the project must be of a sustainable nature.

65 • <https://www.economie.gouv.fr/particuliers/eco-pre-t-a-taux-zero-ptz->

66 • https://draaf.auvergne-rhone-alpes.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/PV_2_fiche_produit_externe-1_cle89bc58.pdf

67 • <https://gestia-solidaire.com/un-pre-t-a-taux-0-pour-inciter-a-acheter-des-logements-plus-responsables/>

2.5.3. Details on combining different types of subsidy

PRÉCISION SUR LES CUMULS D'AIDES POSSIBLES						
	MAPRIME RÉNOV'	MAPRIME- RÉNOV' PARCOURS ACCOMPAGNÉ	MAPRIME- RÉNOV' COPRO- PRIÉTÉS	AIDES DES COLLECTIVI- TÉS LOCALES	AIDES DES FOURNISSEURS D'ÉNERGIE	ÉCO- PRÊT À TAUX ZÉRO
MAPRIME RÉNOV'	Limite de 20 000 € par logement sur 5 ans	✗	✓ Cumul possible en parties privatives et parties communes**	✓ avec un écrêtement de MaPrime- Rénov'***	✓ avec un écrêtement de MaPrimeRé- nov'***	✓
MAPRIMERÉNOV' PARCOURS ACCOMPAGNÉ	✗	Rénovation en 2 étapes (cf MaPrimeRénov' Parcours accompagné)	✓ *Cumul possible en parties privatives et parties communes*	✓ avec un écrêtement de MaPrime- Rénov'*	✗	✓
MAPRIMERÉNOV' COPROPRIÉTÉS	✓ Cumul possible en parties privatives et parties communes**	✓ Cumul possible en parties privatives et parties communes*		✓	✓ sauf en cas de copropriétés en difficulté	✓
AIDES DES COLLECTIVITÉS LOCALES	✓ avec un écrêtement de MaPrime- Rénov'***	✓ avec un écrêtement de MaPrime- Rénov'*	✓		✓	✓
AIDES DES FOURNISSEURS D'ÉNERGIE	✓ avec un écrêtement de MaPrime- Rénov'***	✗	✓ sauf en cas de coproprié- tés en difficulté	✓		✓
ÉCO-PRÊT À TAUX ZÉRO	✓	✓	✓	✓	✓	

Le chèque énergie, l'exonération de la taxe foncière, l'aide de votre caisse de retraite peuvent également être cumulés aux aides présentées dans ce tableau.

*Écrêtement de MaPrimeRénov' Parcours accompagné de façon à ce que le montant cumulé des aides ne dépasse pas 100 % pour les propriétaires très modestes, 80 % pour les propriétaires modestes, 60 % pour les propriétaires aux revenus intermédiaires et 40 % pour les propriétaires aux revenus supérieurs.

**Écrêtement de MaPrimeRénov' de façon à ce que le montant cumulé des aides ne dépasse pas 90 % pour les propriétaires très modestes, 75 % pour les propriétaires modestes, 60 % pour les propriétaires aux revenus intermédiaires et 40 % pour les propriétaires aux revenus supérieurs.

Figure 9. Details on combining different types of subsidy

© Les aides financières en 2024, Agence nationale de l'habitat, January 2024.

https://www.anah.gouv.fr/sites/default/files/2023-12/202401_guide-aides-financieres.pdf

2.5.4. Guarantees for Sustainable Development Loans

Sustainable Development Loans (*Prêt Développement Durable*) may be conditional on the provision of guarantees such as: a guarantee from the specialist organization Crédit Logement, or, for civil servants or government employees, a guarantee from a civil service mutual insurance company, or a mortgage.

2.5.5. Impact investing

Investors, both institutional and private, are looking for meaning in their investments, and are making responsible products an integral part of their investment strategy. They want to steer their portfolios towards ESG funds. Grégoire Chauvière Le Drian agrees with these remarks, suggesting that this strategy is part of a drive for transparency in which the management and reporting of ESG actions will strengthen investor confidence.

- Benefits of sustainable real estate investments:
 - Environmental impact: sustainable buildings consume less energy and water, saving on bills in the long term
 - Social impact: these projects contribute to local job creation and the economic development of the surrounding communities
- Real estate impact funds: for example, BNP Paribas Real Estate Investment Management has launched the European Impact Property Fund.⁶⁸ It is targeting a 40% reduction in greenhouse gas emissions across its entire portfolio.

3. Sustainable Finance

Sustainable finance integrates environmental, social and governance criteria into investment decisions. It aims to reconcile economic profitability with a positive impact on society and the environment, as Pierre-Henri Grenier mentioned.

The European Commission is committed to taking the lead in financing sustainable technologies thanks to the Green Deal⁶⁹ spearheaded by Ursula von der Leyen. The European Union is ahead of its competitors in terms of regulation, thanks in particular to its standardization of sustainability data. Stéphanie Merger⁷⁰ echoed these sentiments in her speech. However, the spirit of an integral common policy is struggling to emerge, as each country within the European Union tends to define its own strategy for green industry independently and for the short term.

⁶⁸ • <https://www.realestate.bnpparibas.com/eipf-european-climate-impact-real-estate-fund-line-paris-agreement>

⁶⁹ • https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_fr

⁷⁰ • Stéphanie Merger, presentation at the IBD@MS International Conference on April 10, 2024

France is the benchmark for sustainable finance in Europe. The 2007/2008 crisis paved the way for more responsible finance in France. And the crisis resulting from the Covid 19 pandemic exacerbated this awareness. The sustainable finance market now accounts for almost 43% of the asset management industry's assets under management, making France the European leader.⁷¹

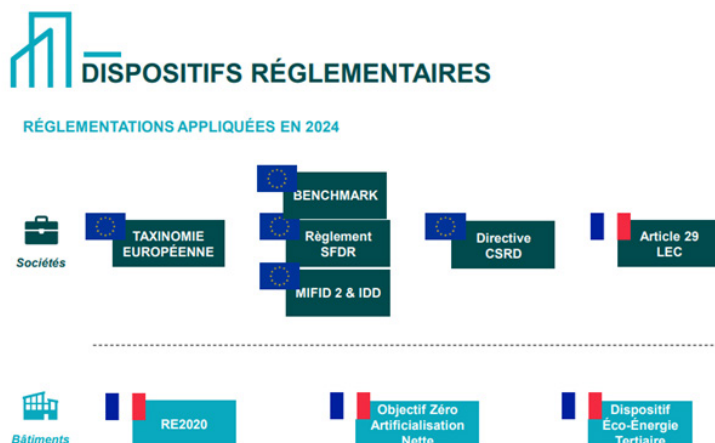


Figure 10. Regulatory measures © Alexandre Van Ooteghem, Head of the Sustainable Finance team at the OID.

We can conclude that sustainable finance is central to Europe's economic development, and France plays an essential role in this transition towards more responsible and sustainable investment. It is therefore worth exploring sustainable finance through the lens of European regulations and French systems.

3.1. Sustainable Finance through European Regulations

Sustainable finance refers to the set of financial practices and regulations designed to promote the interests of the EU community over the medium-to-long term, as illustrated by the following flow chart.

⁷¹ Sabine Grafe, « La France championne d'Europe de la finance durable », Xerfi, 14 mars 2022. Disponible en ligne : https://www.xerfi.com/blog/La-France-championne-d-Europe-de-la-finance-durable_1376

LA FINANCE DURABLE : EN QUELQUES MOTS

RÉGLEMENTATIONS EUROPÉENNES APPLIQUÉES EN 2024

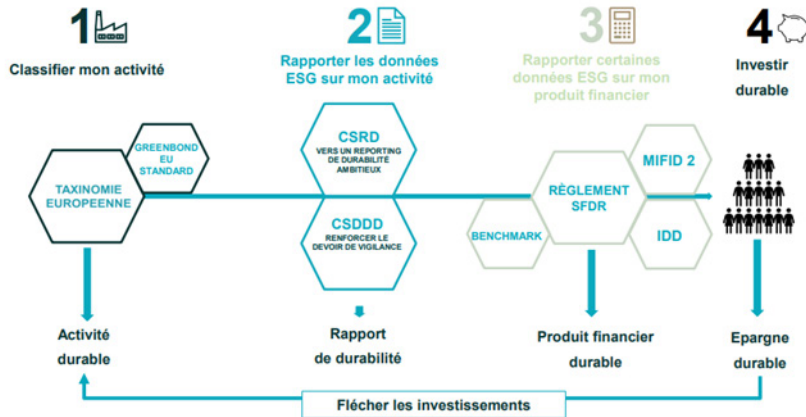


Figure 11. Sustainable finance © Alexandre Van Ooteghem, op. cit.

3.1.1. European Environmental Taxonomy: a classification of activity

The European Union's Regulation (EU) 2020/852, known as the Taxonomy Regulation, outlines a classification of environmentally sustainable economic activities and defines common thresholds. The aim of this text is to redirect capital flows towards these activities. For example, Alfonso Ponce points out that his company complies with this regulation on eligible activities. The Taxonomy Regulation applies to more than 80 sectors of activity, including the building industry for several economic activities: new construction, renovation of existing buildings and the operation of real estate assets. The Taxonomy Regulation defines criteria of substantial contribution and absence of harm for the following six environmental objectives:

- climate change mitigation;
- adaptation to climate change;
- sustainable water management;
- the circular economy;
- preventing pollution;
- preserving biodiversity.

In addition, a criterion on minimum guarantees must be met. Disclosure of taxonomic information requires aggregation with the financial data of the company concerned. Depending on whether the company is non-financial or financial, it must publish the proportion of its sales, CAPEX and OPEX aligned with the Taxonomy, or the proportion of its investments aligned. In 2023, non-financial companies published their first alignment indicators for the two climate targets. In 2024, the same applies to financial companies.

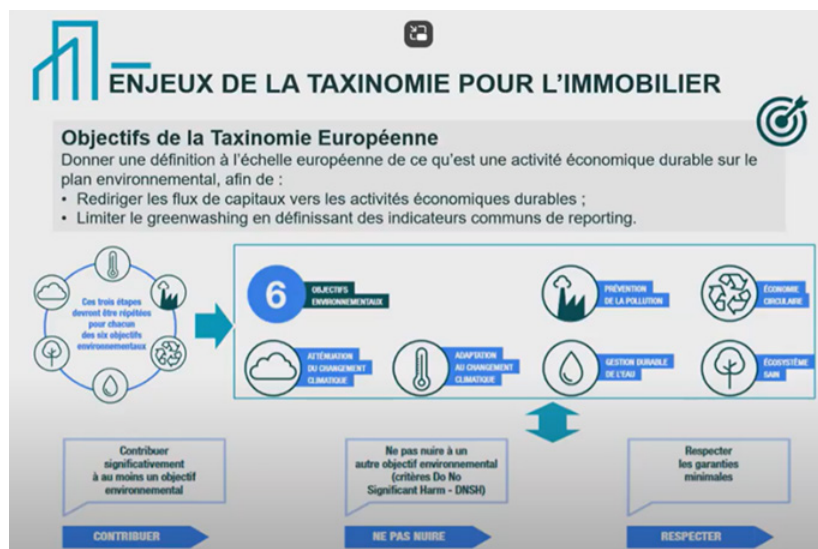


Figure 12. Taxonomy issues for real estate © Alexandre Van Ooteghem, op. cit

3.1.2. CSRD/CRSDDD: ESG data reported on activity

The CSRD⁷² is a European directive, applicable from January 1, 2024, aimed at improving and harmonizing the disclosure of ESG information by companies.

It sets out new non-financial reporting standards and obligations for companies, with the aim of encouraging and assessing their sustainable development practices. The information provided by the company must be certified by a statutory auditor or an accredited independent third-party organization.

72 • CSRD: Corporate Sustainability Reporting Directive

3.1.3. The MiFID II and IDD: ESG data reported on financial products

The MiFID II Directive⁷³ and the IDD Directive⁷⁴ are two European regulations that establish the rules for financial institutions providing investment and/or ancillary services. These regulations ensure that the financial products chosen by each investor/customer correspond to and take into account the customer's preferences in terms of sustainability.

3.2. Sustainable Finance through French Regulations

3.2.1. Article 29 of the French Energy and Climate Law

The decree implementing Article 29 of the Energy and Climate Law of November 8, 2019, published on May 27, 2021, aims to clarify and strengthen the extra-financial transparency framework for market stakeholders.

This is a fundamental text for the greening of finance, as it expands on existing European law in three complementary areas:

- Climate;
- Biodiversity;
- Taking ESG factors into account in the risk management and governance of financial institutions.
- Improved integration of climate and biodiversity issues into investment policies.

3.2.2. RE2020

RE2020 is the new energy and environmental regulation for all new constructions. The goal is to design and build the future homes of the French while pursuing three major objectives set by the government:

- Energy sobriety and decarbonization;
- Reducing the carbon footprint;
- Ensuring comfort in hot weather.

This new regulation, which replaces the RT 2012 and is prefigured by the E+/C- (energy+, carbon-) experiment, is the result not only of the government's determination, but

⁷³ • MiFID II: Markets in Financial Instruments Directive II

⁷⁴ • IDD: Insurance Distribution Directive

also of dialog with stakeholders who have decided to act collectively to reduce emissions generated by the building industry.

This is the first French regulation, and one of the first worldwide, to introduce environmental performance into new construction using a life-cycle analysis.

It has been gradually phased in since January 1, 2022, starting with housing. It currently applies exclusively to new builds.

3.2.3. Zero Net Artificialization objective (Zero Net Artificialization)

The ZAN objective is a concept defined in Article 192 of the Climate and Resilience Law. Its aim is to reduce and compensate for land being made impermeable. This commitment aims to prevent "the lasting alteration of all or part of a soil's ecological functions, in particular its biological, hydric and climatic functions, as well as its agronomic potential, as a result of its occupation and use".

3.2.4. The tertiary sector Eco-energy scheme (*Éco-Énergie Tertiaire*)

The *Éco-Énergie Tertiaire* scheme is a regulatory obligation that commits all players in the tertiary sector to energy efficiency. Stemming from the tertiary sector decree (Article 175 of the ELAN law), it imposes a reduction in final energy consumption for the entire tertiary sector by at least -40% in 2030, -50% in 2040 and -60% in 2050 (compared with 2010).

Since 2019, annual reporting (on ADEME's OPERAT platform), declaring both actions and reductions in final energy consumption, is mandatory.

The scheme applies to:

- All branches of the tertiary sector: offices, public services, education, medical-social services, justice, retail, etc.
- All new and existing buildings with a commercial surface area (or a combination of surface areas) equal to or greater than 1,000 m².

A few rare exceptions concern temporary constructions, places of worship, and operational activities for defense, civil security or internal security purposes.

3.3. Sustainable finance in the midst of "French Schemes"

The building and real estate sector is currently suffering the effects of a series of major crises, both structural and contextual. In this unprecedented context, which is highly likely to continue for some time, the sector needs to undergo radical transformation in order to meet the challenge of the energy and environmental transition, while

at the same time meeting the requirements of new regulations (RE2020, ZAN, etc.) as effectively as possible. However, it is no easy task to undertake major transformations in a context of crisis, at a time when some real estate assets are suffering a sharp loss of value and the vacancy rate is rising at the same time as demand is falling, particularly in the office sector.

Continuing this chapter, we will discuss the comments of Guillaume Sainteny, who highlights some of the conflicts between the regulations established under the "Climate and Resilience" Law, adopted in August 2021, and current taxation. In this section, we will also look at possible ways of resolving these oppositions.

3.3.1. Taxation: a facilitator and/or a hindrance

3.3.1.1. The ZAN

To achieve the objectives set out in France's ZAN regulations, the country's economic and tax model must evolve accordingly.

At present, our agricultural and forestry land ("undeveloped") is in a situation of negative profitability every year for the following three main reasons:

- The regulation of land rental prices in rural or farm leases is very low (on average €150/hectare);
- Taxation of agricultural land is high (land rental prices adjusted below the rate of inflation);
- Land prices are "artificially" low, and lower than in most other European countries (on average, land prices in France are €6,000 / hectare when the land is "available" and €4,500 / hectare when it is "rented", compared with an average of €30,000 / hectare in Germany).

Given these arguments, land in France will continue to be artificialized and urban sprawl will continue. As the cost of undeveloped land is lower than that of developed land, it is less expensive for property developers to acquire agricultural land on which to develop their real estate projects.

Guillaume Sainteny therefore proposes to reform regulated farm rental prices and/or lower taxes on farm rental and/or lower taxes on undeveloped land, in order to ensure a minimum return on undeveloped land after tax. The ZAN would then be more widely and better applicable.

3.3.1.2. The lack of an economic model for energy renovation

Energy renovation is a fundamental part of the drive to reduce energy consumption in buildings and combat climate change. However, the lack of a solid business model can slow down investment in this area.

In France, the public authorities have still not succeeded in distributing the cost of the work required to renovate a home between the parties involved (landlords and tenants), in line with current regulations.

As a result, we need to pursue and accentuate the "right reforms" initiated by the public authorities, particularly the refocusing of the Pinel and zero interest loan (PTZ) schemes, and the 70% capital gains tax exemption (subject to rental housing construction conditions and at least 75% of the available land used).

High taxation can act as an obstacle to real estate investment, preventing any value being placed on home renovation work, as the diagram below illustrates.

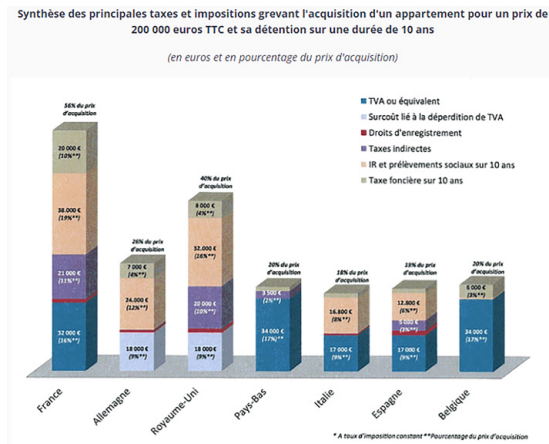


Figure 13. Summary of taxes
© Guillaume Sainteny, presentation at the
IBD®MS International Conference
on April 10, 2024.

3.3.1.3. Unoccupied residential real estate

Residential real estate that remains unoccupied can have various tax implications. A person who owns a dwelling that has been unoccupied for at least one year, depending on the town in which it is located, may have to pay an annual tax on vacant housing: TLV,⁷⁵ or THLV.⁷⁶

The amount of the tax is calculated on the basis of the rental value of the property, and varies according to the length of time the property has been vacant: 17% for the first year

⁷⁵ • TLV: annual tax on vacant housing (taxe annuelle sur les logements vacants)

⁷⁶ • THLV: housing tax on vacant housing (taxe d'habitation sur les logements vacants)

in which the property becomes taxable, then 34% for subsequent years. Proceeds from the TLV are paid to the Agence Nationale de l'Habitat.

The owner or beneficiary of an unfurnished dwelling that has been vacant for more than two years must also pay the THLV (on January 1 of the tax year).

Despite these taxes, there is a high vacancy rate in the French housing market (around 8.5%), and this rate has been rising steadily in recent years. The increase in the vacancy rate applies to both multi-family housing and single-family homes.

The main reasons for this vacancy are property taxes, which have risen steadily in recent years, often encouraging people to buy new rather than old, and the decline in returns on real estate (increase in property sales prices uncorrelated with rents).

Guillaume Sainteny proposes the following transformation:

- Implementing subsidies for new builds in "protected" areas (low protection);
- Lowering taxes on older rental properties to reduce the vacancy rate;
- Redirecting social housing policy from new housing to old housing.

In conclusion, this critical and comparative analysis of France's real estate business model and tax system reveals the limits to the transformation of the real estate industry towards sustainable real estate, with the hope of greater involvement from public authorities towards more suitable reforms.

Conclusion

The European and Anglo-Saxon worlds operate two very different green economy models. The Eurozone model, inspired by Rhine capitalism, is based on the involvement of state banks, which refinance commercial banks. In contrast, the Anglo-Saxon model is based on a transition supported by private equity and investment funds.

In Europe, financial operations are governed by "green" legislation, based on the 17 Sustainable Development Goals (SDGs) defined by the UN, and which reinforces the transparency of financial products. As a result, there is a growing focus on environmental, social and governance criteria in investment decisions.

The French government has chosen to introduce incentives and support policies to encourage sustainable real estate.

Sustainable finance works in the collective interest. However, there is still room for improvement to achieve the common good:

- Better access to financing and subsidies for all, and especially for co-owners of multi-family housing, as Pierre-Henri Grenier points out;
- Simplification and harmonization of administrative procedures, according to Grégoire Chauvière Le Drian;

- An overhaul of real estate taxation in line with Guillaume Sainteny's comments;
- Greater awareness thanks to simplified and more rapid information, as well as widespread training on these subjects following Dominik Bach;
- All stakeholders agree that the standardization and transportability of ESG regulations and criteria are also necessary to reduce the risks perceived by investors and financiers, thereby facilitating access to financing.

By improving these aspects, France and Europe could further stimulate the transition to more virtuous real estate, offering sustainable opportunities for all social classes.

Bibliographie • References

ADEME. « La finance durable, c'est quoi ? », 13 octobre 2023. <https://agirpourlatransition.ademe.fr/particuliers/finances/finance-durable/finance-durable-cest-quoi>

ADEME. « Tremplin pour la transition écologique des PME », <https://agirpourlatransition.ademe.fr/entreprises/aides-financieres/2024/tremplin-transition-ecologique-pme>

Agence Française de Développement (AFD). <https://www.afd.fr/fr>

ANAH. « Nos aides financières », 30 juillet 2023. <https://www.anah.gouv.fr/action/aides>

ANIL. « Certificats d'économie d'énergie (CEE) », <https://www.anil.org/certificats-economie-energie-cee/>

Autorité des marchés financiers (AMF). « Directive MiFID II », <https://www.fsma.be/fr/mifid-ii>

Autorité des marchés financiers (AMF). « Taxinomie », 23 mars 2022 <https://www.amf-france.org/fr/actualites-publications/dossiers-thematiques/taxinomie>

Ayming. « Directive CSRD », <https://www.ayming.fr/expertise/transition-ecologique-et-sociale/directive-csrd/>

Bach, Dominik. « Supporting the "renovation wave": the KfW experience ». In : MS® IBD, *Net Zero Carbon Strategy in Real Estate and Building Sector, in the World by 2050*, 8-12 avril 2024.

BNP Paribas Real Estate. « Quand l'investissement immobilier durable mêle performance et responsabilité », 23 mars 2021. <https://www.realestate.bnpparibas.fr/fr/actualites-enquetes/quand-linvestissement-immobilier-durable-mele-performance-et-responsabilite>

Bovet, Philippe, et Yves Pigneur. *Villes et territoires intelligents : Les nouveaux défis de la transition énergétique*. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 2019.

Commission européenne. « Comptes et rapports annuels de l'UE ». Commission européenne, s.d. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/eu-budget/how-it-works/annual-lifecycle/assessment/annual-accounts-and-reports_fr

Commission européenne. « La Commission autorise un régime d'aides d'État français de 2,9 milliards d'euros visant à soutenir les industries vertes ». Commission euro-

péenne, 08 janvier 2024. https://france.representation.ec.europa.eu/informations/la-commission-autorise-un-regime-daides-detat-francais-de-29-milliards-deuros-visant-soutenir-les-2024-01-08_fr

Deutsche Energie-Agentur (dena). *dena-Gebäudereport 2024: Klimaschutz im Gebäudebestand*. Berlin: Deutsche Energie-Agentur, novembre 2023. https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2023/dena-Gebaedereport_2024.pdf

Directive européenne 2010/31/UE. « Directive 2010/31/UE du Parlement européen et du Conseil du 19 mai 2010 relative à la performance énergétique des bâtiments ». Légifrance. <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000022388738>

Effy. « Impact écologique de la rénovation énergétique », s.d. <https://www.effy.fr/renovation-energetique/impact-ecologique>

Entreprendre. « Entreprendre - Actualités ». [entreprendre.service-public.fr](https://entreprendre.service-public.fr/actualites/A16970), 05 janvier 2024. <https://entreprendre.service-public.fr/actualites/A16970>

Fincley. « L'intégration des considérations ESG dans les processus de connaissance client », 2023. <https://fincley.com/2023/03/21/lintegration-des-considerations-esg-dans-les-processus-de-connaissance-client/>

Hello Carbo. « Taxonomie verte », août 2022. <https://www.hellocarbo.com/blog/reduire/taxonomie-verte/>

Jancovici, Jean-Marc. *Transition énergétique : Mode d'emploi*. Paris : Seuil, 2014.

Kempf, Hervé. *La Transition écologique : Pourquoi, comment, avec qui ?*. Paris : Seuil, 2013.

KfW BankeGruppe. Home page. KfW BankeGruppe. <https://www.kfw.de/kfw.de-2.html>
Ministère de la Transition écologique. « Expérimenter la construction du bâtiment performant de demain », *ecologie.gouv.fr*, 05 août 2020. <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/experimenter-construction-du-batiment-performant-demain>

Ministère de la Transition écologique. « Guide RE2020 », *ecologie.gouv.fr*, janvier 2024. https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/guide_re2020_version_janvier_2024.pdf

Ministère de la Transition écologique. « Fiscalité environnementale », *ecologie.gouv.fr*, 07 février 2019. <https://www.ecologie.gouv.fr/fiscalite-environnementale>

Ministère de la Transition écologique. « RE2020 : Une nouvelle étape vers la future réglementation environnementale des bâtiments neufs plus ambitieuse contre le changement climatique ». *ecologie.gouv.fr*, 14 janvier 2020. <https://archive-2017-2022.ecologie.gouv.fr/presse/re2020-nouvelle-etape-vers-future-reglementation-environnementale-des-batiments-neufs-plus>

Ministère de la Transition écologique. « Statinfo. Construction de logements – Résultats à fin mars 2022 », n°452, avril 2022. <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/publicationweb/452>

Ministère de la Transition écologique. « Stratégie nationale biodiversité ». *ecologie.gouv.fr*, 27 juillet 2017. <https://www.ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-biodiversite>

Ministère de la Transition écologique. « Webinaire sur la consommation d'espaces ». *ecologie.gouv.fr*, 1er septembre 2023. <https://artificialisation.developpement-durable.gouv.fr/mesurer-la-consommation-despaces/webinaire-20230901>

Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires. « Artificialisation des sols ». *ecologie.gouv.fr*, 24 septembre 2023. <https://www.ecologie.gouv.fr/artificialisation-des-sols>

Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des Territoires. « Éco Énergie Tertiaire (EET) ». *ecologie.gouv.fr*, 23 janvier 2023. <https://www.ecologie.gouv.fr/eco-energie-tertiaire-eet>

Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires. « Le rapportage extra-financier des entreprises ». *ecologie.gouv.fr*, 07 février 2019. <https://www.ecologie.gouv.fr/rapportage-extra-financier-des-entreprises>

Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires. « Réglementation environnementale RE2020 ». *ecologie.gouv.fr*, 18 novembre 2020. <https://www.ecologie.gouv.fr/reglementation-environnementale-re2020>

Ministère de l'Économie. « MaPrimeRénov' : la prime de transition énergétique ». *ecologie.gouv.fr*, s.d. <https://www.economie.gouv.fr/cedef/maprimerenov>

Ministère de l'Économie. « Éco-prêt à taux zéro (PTZ) ». *economie.gouv.fr*, 22 juillet 2024. <https://www.economie.gouv.fr/particuliers/eco-pret-a-taux-zero-ptz-renovation-performance-energetique>

Ministère de l'Économie, des Finances, et de la Souveraineté industrielle et numérique. « Direction générale du Trésor ». *tresor.economie.gouv.fr*, s.d. <https://www.tresor.economie.gouv.fr/>

Ministère de l'Économie, des Finances, et de la Souveraineté industrielle et numérique. « Publication du décret d'application de l'article 29 de la loi énergie-clim

mat sur le reporting extrafinancier des acteurs de marché ». *tresor.economie.gouv.fr*, 08 juin 2021. <https://www.tresor.economie.gouv.fr/Articles/2021/06/08/publication-du-decret-d-application-de-l-article-29-de-la-loi-energie-climat-sur-le-reporting-extra-financier-des-acteurs-de-marche>

Noël, Pierre-Emmanuel. *La Banque européenne d'investissement : Un partenaire au service de l'Union européenne*. Paris : L'Harmattan, 2018.

Novethic. « Directive CSRD – Corporate Sustainability Reporting Directive ». <https://www.novethic.fr/lexique/detail/directive-csrd.html>

Observatoire de la finance durable. « La finance durable ». Observatoire de la finance durable. <https://observatoiredefinancedurable.com/fr/presentation/la-finance-durable/>

Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). Études sur les politiques énergétiques de l'OCDE. <https://www.oecd.org/fr/croissanceverte/energie-verte/>

Plihon, Dominique, et Marc Lenglet. *Finance verte et investissement responsable : Les nouveaux enjeux de la finance pour le développement durable*. Paris : La Découverte, 2017.

Pisani-Ferry, Jean et Selma Mahfouz. « Les incidences économiques de l'action pour le climat ». Rapport remis à la Première ministre, mai 2023.

PwC. « La finance durable au cœur du développement économique de l'Europe », Décryptage économique n°13, avril 2024. <https://www.pwc.fr/fr/decryptages/la-finance-durable-au-coeur-du-developpement-economique-de-l-europe.html>

Sainteny Guillaume. In : MS@IBD, *Net Zero Carbon Strategy in Real Estate and Building Sector, in the World by 2050*, 812 avril 2024.

Service public. « Taxe annuelle sur les logements vacants (TLV) et taxe d'habitation sur les logements vacants (THLV) ». *service-public.fr*, 09 janvier 2024. <https://www.service-public.fr/particuliers/vosdroits/F17293>

Société Générale. « Le prêts Développement durable », s.d. <https://particuliers.sg.fr/emprunter/pre-t-credit-immobilier/nos-offres/prets-travaux-renovations-energetiques/pre-t-developpement-durable>

« Taxinomie européenne. Indicateurs taxinomiques pour les sociétés non financières », Œuvrer pour l'immobilier durable, septembre 2023. https://resources.taloe.fr/resources/documents/642_230918_OID_Taxinomie_Notice_Indicateurs_Non_Financieres.pdf

Union européenne. *Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD)*. Directive européenne, 1er janvier 2024.

World Business Council for Sustainable Development (WBCSD).

<https://www.wbcsd.org/>

Xerfi. « La France championne d'Europe de la finance durable », 14 mars 2022.

https://www.xerfi.com/blog/La-France-championne-d-Europe-de-la-finance-durable_13

Les auteurs du Yearbook

The Yearbook authors



David Brami



Jonathan Budzin



Zerîn Cacan



**Gaëlle
Christory-Martin**



Patrice Gandrey



Nathan Nakache



Frank Ndagssi



Ekaterina Popovskaia

Les conférenciers

Speakers



Dominik Bach
Senior Policy Officer
KfW Bankengruppe



**Grégoire Chauvière
Le Drian**
Head of EIB Group Office
European Investment Bank



Pierre-Henri Grenier
Directeur exécutif, Banque de la
Transition énergétique
*Banque Populaire Auvergne
Rhône-Alpes*



Stéphanie Merger
Directrice adjointe, MS@IBD
*École nationale des ponts
et chaussées*



Alfonso Ponce
Directeur Transitions,
ingénierie financière
EGIS



Guillaume Sainteny
Président
GS Conseil

Comment les groupes immobiliers vont décarboner leurs parcs ?

*How will real estate groups
decarbonize their stock?*



Cassilie Lonak de
Carvalho
Julien Manel
Sophie Mihalache
Jespin Ngoufack Kana
Nelson Nkonmeneck
Quentin Roland-Baty
Théo Wesolowski



Introduction

Depuis des décennies, la population mondiale n'a cessé de croître de manière exponentielle poussant l'Homme à urbaniser toujours plus des zones autrefois réservées à la nature.

La perspective d'un réchauffement de 4 °C voire plus suscite chez certains climatologues la crainte qu'une partie de plus en plus grande de notre planète devienne inhabitable.

Ce ne sera pas tant le réchauffement en lui-même qui en sera la cause immédiate, mais plutôt ses conséquences : les flux de réfugiés climatiques, la famine, la sécheresse, poussant des millions de personnes à fuir pour leur survie. Ces migrations massives, depuis des zones urbanisées de manière très dense par l'homme, perturberont des équilibres régionaux déjà fragiles, déclenchant des conflits pour l'accès aux ressources naturelles.

En France, dans le contexte de crise multifactorielle actuelle (flambée des coûts de construction, baisse du pouvoir d'achat, durcissement des conditions d'accès au crédit immobilier ou encore nouvelles normes énergétiques), la décarbonation des parcs immobiliers représente un enjeu crucial pour les entreprises engagées dans la transition écologique. Certaines entreprises peuvent avoir tendance à « sauver les meubles » et temporiser leurs actions de décarbonation mais elles reconnaissent pour la plupart d'entre elles la nécessité de changer de modèle économique et managérial du secteur de l'immobilier.

Pourtant cet engagement n'apparaît plus comme un choix, mais bien comme une obligation envers l'humanité tout entière.

Le « mieux consommer », « mieux vivre » et « mieux habiter » semble être la clé vers un nouveau mode de vie. Et la décarbonation fait partie des moyens d'atteindre les objectifs en matière de construction durable.

Depuis l'accord de Paris, la neutralité carbone est devenue la boussole de l'action climat des grandes entreprises et un nouveau moteur de leur stratégie de croissance.

Toutefois bien souvent les objectifs se contentent du Scope 1 et 2 et ignorent le Scope 3¹ qui peut représenter une part importante du bilan carbone. Les entreprises ont aussi du mal à mesurer et définir correctement les actions à mettre en place pour atteindre cet objectif.

Les actions de décarbonation ont un coût estimé à 1 520 milliards d'euros par an dans le monde jusqu'en 2050. Le sujet du financement est ainsi central dans l'atteinte des objectifs et il est nécessaire de comprendre comment les groupes immobiliers peuvent financer et rentabiliser ces investissements.

Il est ainsi très instructif de comprendre comment les différents acteurs de l'immobilier (Groupes immobiliers mais aussi les banques, les industriels, les politiques, les orga-

1 • Les scopes 1, 2 et 3 sont des catégories d'émissions de gaz à effet de serre (GES) utilisées pour réaliser un bilan carbone

nismes techniques) appréhendent les enjeux, les méthodes et les actions ainsi que leur financement pour décarboner les parcs immobiliers, dans un contexte économiquement compliqué.

Pourquoi les acteurs de la construction et de l'immobilier, bien que conscients des enjeux, ne se sont pas encore appropriés la question de la décarbonation de ce secteur ?

Quelles méthodologies et leviers d'actions doivent-ils mettre en œuvre pour réellement changer les choses ?

Comment pouvons-nous concilier l'impératif de décarbonation du parc immobilier avec les exigences économiques et culturelles actuelles, tout en nous engageant dans une transition vers des modes de vie et de consommation plus durables ?

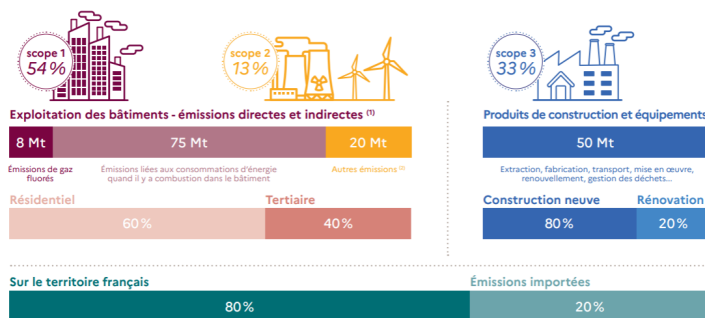
1. Les enjeux

1.1 État des lieux décarbonation du parc immobilier

En France la part du secteur immobilier dans les émissions de GES est de 26 %, le deuxième poste derrière le transport.

80 % des immeubles existants en 2050 sont déjà construits.

Seuls 9 % des logements de particuliers sont en DPE² A et B et c'est pire à Paris avec moins de 1 % de logements en DPE A et B.



⁽¹⁾ Émissions comptabilisées selon le cycle de vie des vecteurs énergétiques. Utilisation de produits domestiques est partiellement incluse.

Sont exclus : les déchets et brûlage domestiques et eaux usées, les engins domestiques (ex : jardinage).

⁽²⁾ Autres émissions liées aux consommations d'énergie : celles relatives à l'usage de l'électricité, de réseaux de chaud/froid provenant de réseaux urbains.

Figure 1 Répartition des émissions de carbone de la chaîne de valeur bâtiment (année de référence : 2019).

Source : CSTB – DGALN ; Feuille de route décarbonation Bâtiment ; 2023.

2 - DPE : Diagnostic de Performance Énergétique. Le DPE renseigne sur la performance énergétique et climatique d'un logement ou bâtiment (étiquettes A à G)

Eric Groven³ précise que nous sommes sur un rythme de 1 à 1,5 % de bâtiments rénovés par an alors que pour atteindre les objectifs de l'accord de Paris il faudrait un rythme de 2 à 5 % par an.

5 200 Mds de dollars seront nécessaires d'ici 10 ans à la décarbonation du secteur de l'immobilier mondial pour s'aligner sur l'objectif zéro carbone d'ici 2050.

L'empreinte carbone du secteur Bâtiment est de 153 tonnes_{eq} CO₂/an dont 67 % concernent l'exploitation des bâtiments en émissions directes et indirectes et 33 % les produits de construction et équipements.

Pour respecter la trajectoire de neutralité carbone 2050 il faut passer de 153 à 96 Mt_{eq} CO₂/an en 2030 soit une réduction de 37 % et 16 Mt en 2050.

Si on évalue les émissions de GES d'un bâtiment tout au long de son cycle de vie, 42 % des émissions proviennent de l'exploitation et 58 % sont liées à la construction, la maintenance et la démolition.

Comme le démontre Franck Boutté⁴, on a trop souvent consacré 99,9 % des efforts sur 0,1 % du problème à savoir le neuf qui a une part d'énergie grise très importante. Les vrais enjeux en termes de décarbonation sont sur le parc existant.

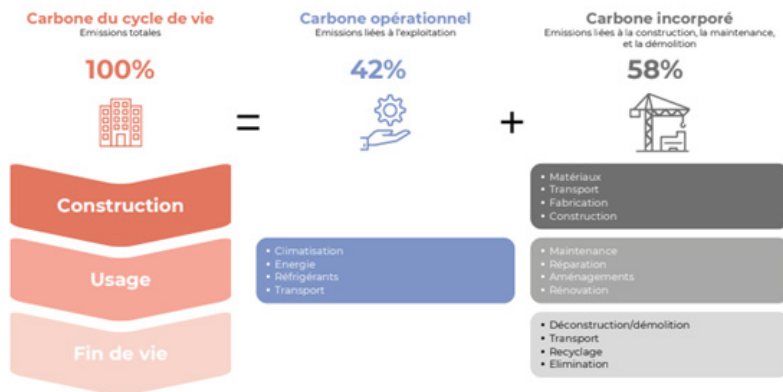


Figure 2. Carbone du cycle de vie

© Eric Groven, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 11 avril 2024.

3 • Eric Groven, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 11 avril 2024

4 • Franck Boutté, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 9 avril 2024

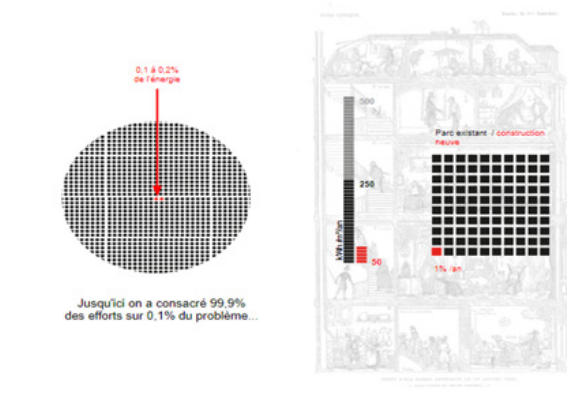


Figure 3. Le Poids des choses

© Franck Boulté, présentation à la Conférence internationale MS®IBD du 9 avril 2024.

En effet, nous avons environ 36 millions de logements en France et environ 350 000 logements en construction par an. On constate ainsi que même si les bâtiments neufs sont performants grâce aux réglementations thermiques, la construction consomme beaucoup de carbone (démolition, matières...).

En complément Loïs Moulas⁵ précise que 1 m² construit correspond à 1 t_{eq} CO₂ et 1 m² de consommation énergétique dans le tertiaire équivaut à 16 kg_{eq} CO₂. Construire ce m² correspond à 50 ans d'exploitation du même m².

Pour mesurer l'empreinte carbone, Il faut sortir du Scope 1 et 2 et prendre en compte le Scope 3 !

1.2 Pourquoi décarboner ?

1.2.1 Atténuation du changement climatique

Il faut diminuer de manière forte les émissions de GES pour limiter la hausse des températures.

Joy Gai nous indique quelques exemples de l'impact de la hausse des températures sur la planète :

- Une hausse de 1 °C entraîne une absence de glace en Arctique sur six mois ;
- Une hausse de 2 °C voit une hausse de 7 m de la mer ;
- Si on passe à 3 °C, la forêt amazonienne disparaît ;

5 • Loïs Moulas, présentation à la conférence internationale MS®IBD du 11 avril 2024.

- À 4 °C, la moitié du monde est recouverte d'eau ;
- À 6 °C nous sommes les prochains dinosaures !

1.2.2 Répondre aux réglementations

Dans le neuf, la RE2020 a trois objectifs majeurs :

- La sobriété énergétique ;
- La diminution de l'impact carbone ;
- Une garantie de confort d'été en cas de fortes chaleurs.

Toujours dans le neuf et les rénovations lourdes, la Loi Climat et résilience impose la végétalisation ou la mise en place d'ENR en toiture, mais aussi la notion d'ombrage et la perméabilisation des parkings.

Pour l'existant, le décret tertiaire bien qu'il vise en priorité la diminution des consommations énergétiques (-40 % en 2030, -50 % en 2040 et -60 % en 2050) aura un impact sur la diminution des émissions de GES.

La récente loi accélération ENR⁶ de 2023 oblige à équiper les toitures et les parkings existants d'ENR. Cette loi permettra à la France de rattraper son retard sur les objectifs d'un mix énergétique plus renouvelable/décarboné.

Dans la continuité du décret tertiaire, le décret BACS impose au tertiaire de s'équiper de systèmes d'automatisation, de contrôle et de régulation des bâtiments (GTB) qui permettent de réduire d'au moins 15 % les consommations énergétiques.

On peut aussi évoquer le diagnostic PEMD⁷ rendu obligatoire en juillet 2023 qui permettra aux maîtres d'ouvrage de mieux intégrer les enjeux de réemploi, valorisation des produits, équipements, matériaux et déchets.

Il sera interdit pour des bailleurs de louer des logements avec une étiquette G en 2025, F en 2028 et E en 2034. Pierre-Henri Grenier⁸ nous précise que dans les 11,4 millions de lots des 528 000 copropriétés en France, 15 % sont en étiquettes F ou G.

Applicable depuis le 1^{er} janvier 2024, la directive CSRD⁹ fixe de nouvelles normes et obligations de *reporting* extrafinancier pour les grandes entreprises et les PME cotées en Bourse. Le *reporting* porte sur des données ESG. L'objectif de cette directive est d'encourager le développement durable et d'identifier les bons et les mauvais élèves.

6 • Loi n° 2023-175 du 10 mars 2023 relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables.

7 • Diagnostic PEMD : diagnostic « produits, équipements, matériaux et déchets ».

8 • Pierre-Henri Grenier, Banque de la Transition énergétique, Banque Populaire AuvergneRhôneAlpes, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 10 avril 2024.

9 • Directive CSRD, Corporate Sustainability Reporting Directive.

La ZAN¹⁰ va rendre plus rare le foncier disponible pour le neuf et poussera les acteurs à la rénovation et à la densification.

Pour Lois Moulas, la réglementation agit comme un amortisseur des crises écologiques et donc aussi des crises économiques futures.

1.2.3 Valorisation des biens

Leslie Villatte¹¹ nous démontre à travers l'exemple ci-dessous d'un immeuble de bureaux qu'un bien décarboné améliore la valeur locative (+6 %) mais aussi la valeur du bien (+12 %)

Les biens rénovés faciliteront l'adaptation au changement climatique et donc le bien-être des habitants et diminueront les charges surtout dans un contexte incertain des prix de l'énergie.

ILLUSTRATION AVEC UN IMMEUBLE DE BUREAUX DE 2 000 M²

1. ACTIF NON CERTIFIÉ

Loyer métrique : 600 €/m²
Loyer annuel : 1,2 M€ HT HC
Taux applicable : 5,00%
Prix : 24,0 M€

2. ACTIF CERTIFIÉ → AVEC LA PRIME LOCATIVE

Loyer métrique (+6%) : 636 €/m²
Loyer annuel : 1,3 M€ HT HC
Taux applicable : 5,00%
Prix : 25,4 M€, soit une survalueur de 1,4 M€ (+6%) par rapport à un actif non certifié

3. ... ET L'APPLICATION D'UN « PRICING VERT »

Taux applicable (-25 bps) : 4,75%
Prix : 26,8 M€, soit une survalueur de 2,8 M€ (+12%) par rapport à un actif non certifié



Figure 4. Exemple valorisation « verte »

© Leslie Villatte, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 8 avril 2024.

1.2.4 Financement

Eric Groven attire notre attention sur le fait que les banques déclarent leur propre consommation énergétique dans le cadre du bilan carbone mais doivent aussi intégrer le bilan carbone des bâtiments financés.

Pour améliorer le bilan carbone du portefeuille de crédit il deviendra difficile de financer les bâtiments des clients qui ne sont pas vertueux.

¹⁰ - ZAN : Zéro artificialisation nette.

¹¹ - Leslie Villatte, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 8 avril 2024.

Marc Daumas¹² précise obtenir des taux en baisse de 0,5 point sur des projets présentant moins d'émissions de CO₂.

Ces tendances favorisent le financement des projets intégrant la décarbonation.

1.2.5 Assurabilité

Le dérèglement climatique génère des événements extrêmes tels que la sécheresse ou les inondations à répétition. Ces événements impactent en premier l'immobilier. Par exemple, les sinistres dus au retrait gonflement des argiles coûtent déjà 2 milliards d'euros par an. On attend 3,3 milliards de dommages par an avec 2,7° de plus selon Corinne Lepage¹³.

Il convient donc là aussi, autant que possible, de maximiser l'atténuation pour minimiser les phénomènes climatiques entraînant les sinistres à la chaîne.

1.3 Des freins encore nombreux

1.3.1 Les crises

Denis Burckel¹⁴ rappelle que la crise actuelle est profonde et historique et qu'elle n'est pas terminée. L'état a décidé de ne pas intervenir par des aides directes en faveur des acteurs de l'immobilier. Dans cette période, c'est la survie de l'entreprise qui compte et la décarbonation ne s'envisage que si elle sert à la préserver.

Il paraît ainsi très compliqué d'accélérer la décarbonation dans un contexte où ni les entreprises ni les particuliers n'ont la trésorerie ou le financement nécessaires.

1.3.2 La fiscalité

Guillaume Sainteny¹⁵ constate que la fiscalité n'est pas en faveur de la transition écologique sur plusieurs points.

En premier lieu, l'artificialisation est favorisée par le prix bas du foncier non bâti lié à notre statut de fermage et des loyers réglementés (150 € de loyer par ha contre 900 € par exemple aux PaysBas). Les taxes sont aussi importantes sur ces terrains : environ 30 % du fermage. L'indexation des loyers des fermages est par ailleurs inférieure à l'inflation. Le prix des terres est d'environ 6 000 € l'hectare contre 7 5000 € aux PaysBas ou 40 000 €/ha en Italie.

12 • Marc Daumas, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 11 avril 2024.

13 • Corinne Lepage, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 11 avril 2024

14 • Denis Burckel, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 11 avril 2024

15 • Guillaume Sainteny, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 10 avril 2024

Ainsi, la non-rentabilité des FNB¹⁶ est une opportunité pour les artificialiser. La plus-value d'artificialisation est faussée par ces prix très bas par rapport à ceux pratiqués par nos voisins européens.

Le ZAN ne règle pas le sujet tant que la rentabilité des FNB est négative. Ensuite, la vacance croissante des biens immobiliers ne va pas dans le sens du développement durable. Il y a plus de 90 000 logements vacants par an ce qui représente une croissance de 3,5 % par an alors que la population croît de 0,5 % par an. Cette vacance s'observe dans toutes les zones et dans tous les types de bâtiments. (rural, périurbain, grands centres, individuels ou collectifs).

En fait, la construction de logements provoque la vacance. Une des causes est la taxation sans cesse accrue de l'immobilier qui est, comme le montre le tableau ci-dessous, plus importante en France que dans les autres pays européens. La taxation est plus importante dans la rénovation que dans le neuf (En effet il faut rajouter 8 % de droit de mutation à titre onéreux dans l'ancien rénové).

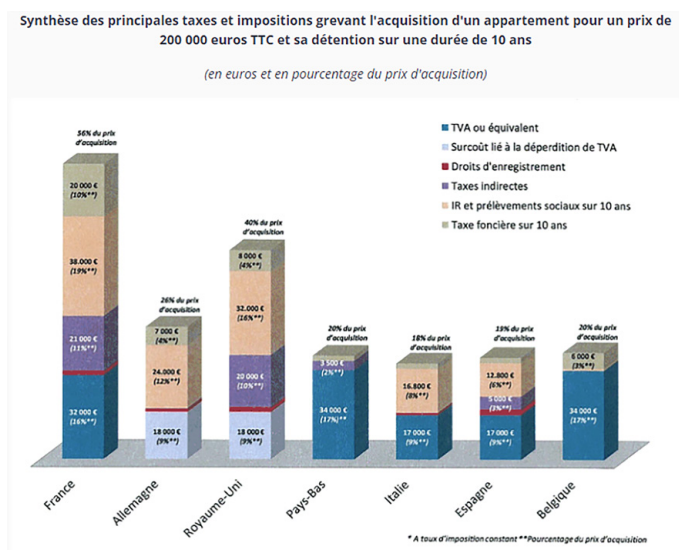


Figure 5. Comparaison taxes immobilières en Europe

© Guillaume Sainteny, présentation à la Conférence internationale MS@IBD du 10 avril 2024.

La suppression de la taxe d'habitation n'est pas non plus de nature à faire diminuer la vacance.

16 - FNB : foncier non bâti

Pour obtenir un rendement sur la rénovation énergétique, il faut garantir un niveau minimum de rentabilité des actifs immobiliers. Hors la très faible rentabilité de l'immobilier en France a fait chuter le nombre de bailleurs faisant des travaux de 33 % en 2008 à 14,2 % en 2017.

Enfin les réformes adoptées en 2018 ont abouti à une surtaxe des biens ayant fait l'objet d'une rénovation thermique. On a accru la taxation sur le bien immobilier par rapport à d'autres placements tels que les actions. Si on prend ce dernier exemple, les investissements immobiliers sont taxés entre 2 et 4 fois plus que les revenus mobiliers (actions, obligations). Cela n'incite pas à investir dans l'immobilier décarboné !

L'évaluation de l'impact préalable de ces réformes n'avait pas mis en évidence un tel risque environnemental ce qui peut être considéré comme une véritable anomalie.

1.3.3 Compétences et gouvernance

Dans le secteur de la construction neuve, il existe des groupes structurés et des réglementations relativement claires.

En rénovation, nous faisons face à un réel défi face à des artisans rencontrant un besoin important de formation et de sensibilisation. Les MOA sont aussi souvent perdus pour fixer et atteindre des objectifs de décarbonation.

Julien Hans¹⁷ montre ci-dessous les nombreux enjeux pour une massification de qualité en rénovation.

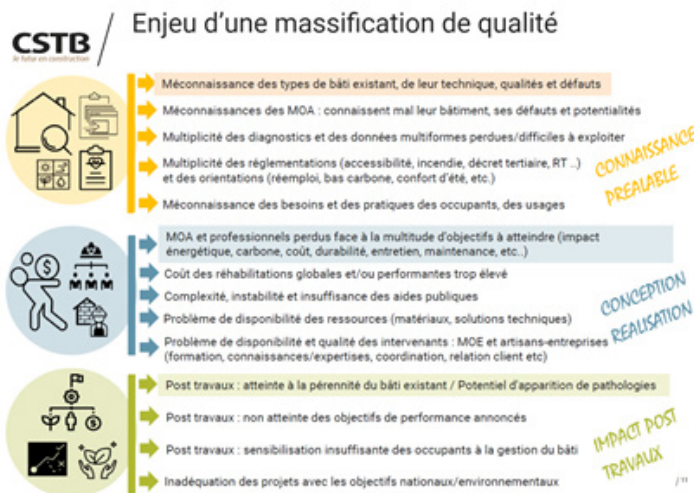


Figure 6. Enjeu massification Rénovation

© Julien Hans, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 12 avril 2024.

17 • Julien Hans, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 12 avril 2024.

Il est intéressant d'entendre le point de vue d'un chinois, Jérémie Ni¹⁸, sur la politique environnementale française : celui-ci nous demande comment on peut avoir une politique environnementale en changeant de ministre tous les deux ans ! Il est vrai que nous avons un décalage entre la vision à long terme nécessaire pour la transition écologique et les échéances politiques qui ne sont pas sur la même échelle de temps. Ce décalage peut constituer un véritable frein dans le cas de politiques de rupture.

2. Méthodologie pour la décarbonation

À partir de l'Accord de Paris de 2015, un certain nombre de méthodes de calcul, de mesurages, et de fixation de trajectoires ont été mises au point. De telles méthodes ont le mérite d'introduire, autant que possible, une approche scientifique permettant de limiter le risque de *green washing*, risque toujours présent dans le secteur.

Eric Groven évoque deux références importantes :

- La première, la démarche SBTi¹⁹ qui a pour mission d'aider les entreprises à fixer des objectifs de neutralité carbone robustes. Elle définit et promeut les meilleures pratiques en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre et peut fournir à des organisations une assistance technique ;
- La seconde en matière d'immobilier, plus contraignante est le Carbon Risk Real Estate Monitor (CRREM).

Le CRREM est un logiciel *open-source*. Il est proposé gratuitement aux entreprises immobilières tertiaires au sein de l'Union européenne et également accessible aux autres pays.

Il permet de faire le bilan des émissions de GES à l'instant T, tout en permettant de se projeter dans le futur en proposant une trajectoire carbone pour chacun des actifs. On peut aussi estimer la valeur extrafinancière des actifs dans le futur.

Eric Oudard²⁰ décrit le *reporting* RSE de la Foncière Lyonnaise qui prend en compte des indicateurs à la fois sur le climat (kW, tCO₂, ...), la biodiversité et les ressources (kg de déchets valorisés, flux entrants et sortants de matériaux.). Le *reporting* RSE résume le contexte, les enjeux principaux et les objectifs.

18 • Jérémie Ni, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 12 avril 2024.

19 • SBTi : Science-based Target Initiative.

20 • Eric Oudard, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 11 avril 2024.

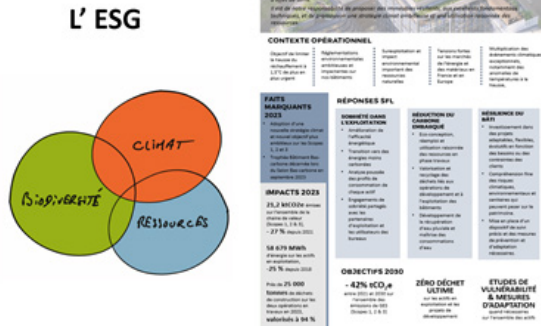


Figure 7. Stratégie Climat © Eric Oudard, présentation à la Conférence internationale MS@IBD du 11 avril 2024.

La difficulté pour décarboner les actifs immobiliers est de passer de la vision lointaine théorique de neutralité carbone à l'action concrète.

La Foncière Lyonnaise s'est fait aider par le cabinet Carbone 4 qui recommande une approche zéro carbone structurée selon les trois piliers suivants :

- les émissions de carbone que nous réduisons ;
- les émissions de carbone que nous évitons ;
- les émissions de carbone que nous stockons.

La société qui évalue ces émissions le fait à la fois pour sa propre chaîne de valeur et intègre également celle des autres (client, fournisseurs, utilisateur, ville..).

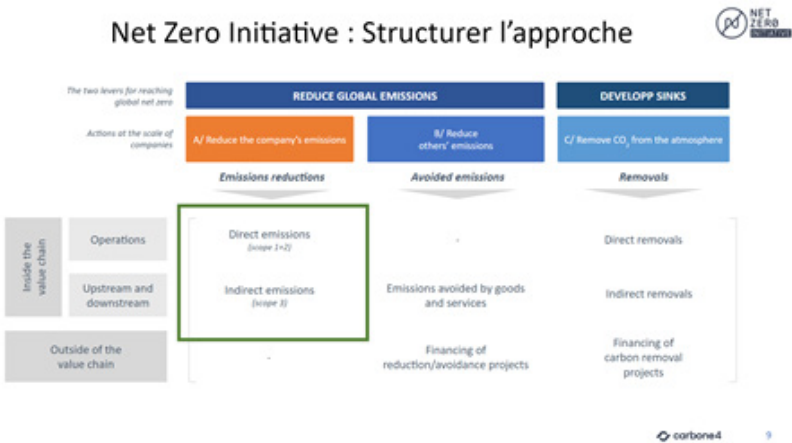


Figure 8. Approche zéro carbone © Eric Oudard, op. cit.

Ensuite, il faut mesurer les efforts à réaliser. Pour ce faire, on distingue la mesure traditionnelle par Scope de la mesure par spot ou poste.

Dans le cas de la foncière Lyonnaise on distingue en dessous trois postes : celui de la construction, celui de l'énergie et des déchets et enfin, celui des achats (avocats, assurances, conseils...). La lecture par poste est privilégiée.

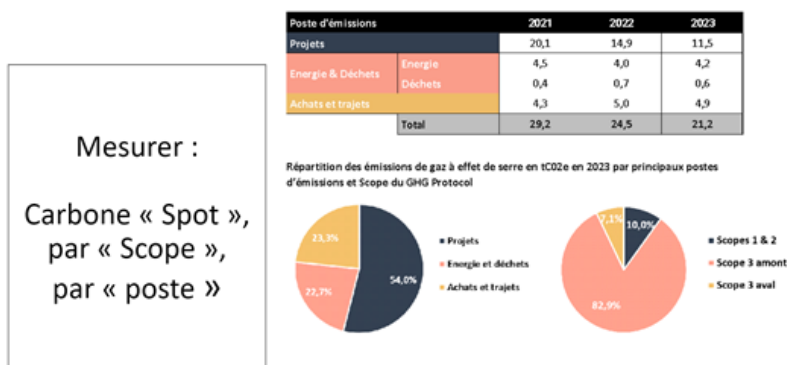


Figure 9. Mesure Spot/Scope/poste © Eric Oudard, op. cit.

Comme une part significative des émissions de CO₂ vient de la construction, il faut estimer la part du carbone embarqué, autrement dit incorporé à l'ouvrage, ceci par une approche ACV (Analyse du cycle de vie).

Le monde anglosaxon s'attarde aux catégories A1 A5 pour la phase de chantier.

En France, le BBCA ajoute le carbone des installations et réinvestissements (A1 à B5)

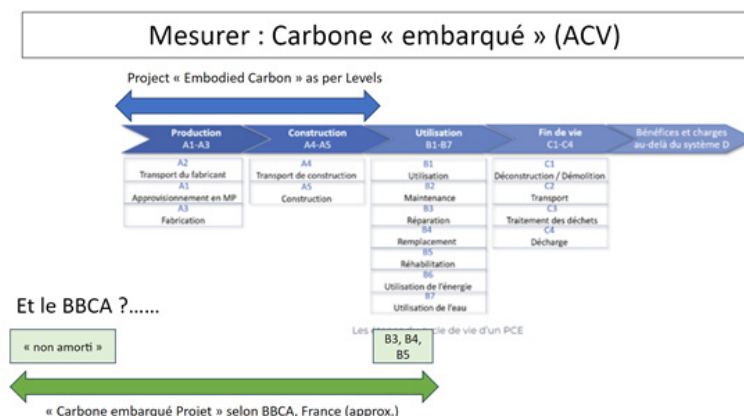


Figure 10. Mesure ACV © Eric Oudard, op. cit.

Pour réaliser des plans d'actions, il faut définir les grandes ambitions à l'échelle mondiale si nécessaire, son empreinte carbone par poste (exploitation, construction, achats) et aussi le savoir, les motivations des équipes opérationnelles (suite à un travail en ateliers).

Cela permet de tracer une trajectoire prévisionnelle plausible avec des plans d'actions qui permettent d'atteindre les objectifs fixés en 2030.

Des feuilles de routes sont établies à partir des leviers identifiés.

Action plan aligned with the objectives, by comparing « top-down » and « bottom-up » approaches

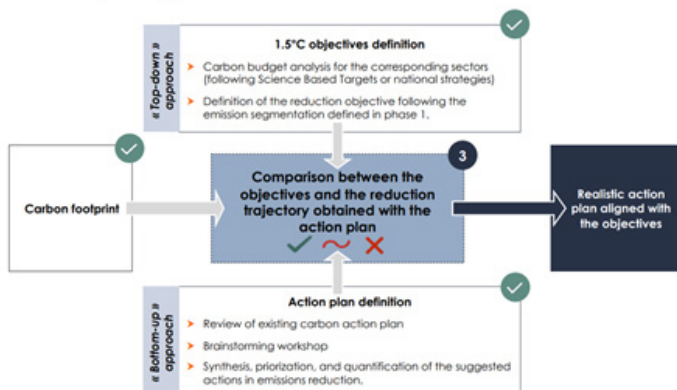


Figure 11. Définition d'un plan d'action © Eric Oudard, op. cit.

3. Les leviers

3.1 Le leadership gouvernemental et le financement des projets

L'importance du rôle de l'État dans la politique de décarbonation du parc immobilier est indéniable. En effet, face à l'urgence climatique et à la nécessité de réduire les émissions de gaz à effet de serre, les gouvernements jouent un rôle crucial dans la mise en place de mesures incitatives et réglementaires visant à transformer le secteur de l'immobilier. Voici quelques points clés et exemples illustrant cette importance du rôle joué par l'état.

Taxonomie et orientations fiscales

La mise en place d'une taxonomie claire et précise permet d'orienter les investissements vers des projets respectueux de l'environnement. En définissant des critères spécifiques de durabilité, l'État peut guider les acteurs du marché immobilier vers des choix plus responsables. De plus, une politique fiscale adaptée, avec des incitations financières pour les projets respectueux de l'environnement, encourage les acteurs du secteur à investir dans des initiatives de décarbonation.

Corinne Lepage rappelle que de nombreuses activités du bâtiment sont éligibles au titre de la taxonomie dans les domaines du changement climatique, de l'économie circulaire ou de la biodiversité. Cette éligibilité à la taxonomie permet de bénéficier de subventions et d'obtenir des financements intéressants plus facilement.

Soutien actif à la transformation urbaine

L'État peut jouer un rôle moteur en lançant des initiatives nationales telles que l'AMI lancé en octobre 2023 visant à transformer les zones commerciales en espaces plus durables et verts. En fournissant un soutien technique et des subventions, il encourage les propriétaires et les exploitants à réinventer ces sites, en intégrant des espaces verts, en favorisant la mixité fonctionnelle et en facilitant l'utilisation des modes de transport doux.

Aides financières et réglementations adaptées

Des aides financières ciblées, destinées à récompenser les pratiques d'éco-construction ou de rénovation énergétique, encouragent les propriétaires et les développeurs à investir dans des bâtiments plus durables. Parallèlement, une réglementation adaptée et agile est essentielle pour accélérer les processus administratifs liés à la construction et à la rénovation. Cela inclut la simplification des procédures pour l'instruction des permis de construire et la mise en place de réglementations spécifiques pour garantir des normes élevées en matière de performance énergétique.

Collaboration avec les acteurs concernés

Enfin, la décarbonation du parc immobilier nécessite une collaboration étroite entre l'État, les acteurs du secteur privé, les collectivités locales et la société civile. La mise en place de plateformes de dialogue et de concertation permet de rassembler les différentes parties prenantes autour d'objectifs communs et de favoriser l'émergence de solutions innovantes et durables.

Le rôle de l'État est essentiel pour mener une politique de décarbonation efficace du parc immobilier. En combinant des mesures incitatives, des réglementations adaptées et une collaboration étroite avec les acteurs concernés, les gouvernements peuvent contribuer de manière significative à la transition vers un secteur immobilier plus durable.

Bruno Fulda²¹ décrit les principales actions entreprises par l'État pour créer les conditions des objectifs de décarbonation :

- réglementer le secteur de la construction et de la rénovation en imposant un niveau de performance énergétique à atteindre ;
- fixer les exigences de réduction des consommations d'énergie dans les bâtiments tertiaires ;
- proposer des dispositifs et des aides financières pour construire ou rénover de manière économe ;
- lutter contre la précarité énergétique ;
- encourager la généralisation des bâtiments à énergie positive à bas-carbone.

3.2 Les solutions techniques : réemploi, recyclage, ENR, hybridation urbaine...

Le réemploi et le recyclage des matériaux permettent de réduire considérablement l'empreinte carbone associée à la construction et à la rénovation des bâtiments. En réutilisant des matériaux déjà existants, on évite la production de nouvelles matières premières, souvent obtenues par des processus énergivores et polluants. Cela contribue à diminuer les émissions de gaz à effet de serre et à préserver des ressources naturelles précieuses.

Ces mécanismes favorisent la réduction des déchets de construction : plutôt que d'envoyer ces matériaux à la décharge, où ils contribuent à la pollution et à l'épuisement des sites d'enfouissement, les réutiliser dans de nouveaux projets prolonge leur durée de vie utile et minimise leur impact environnemental. Des économies substantielles sur l'achat de nouveaux matériaux peuvent être réalisées, ajoutées à la réduction des déchets de construction.

Le réemploi et le recyclage des matériaux favorisent la création d'emplois locaux et la stimulation de l'économie circulaire. En encourageant le développement d'entreprises spécialisées dans la récupération, le tri et la rénovation de matériaux de construction, on crée de nouvelles opportunités d'emploi dans des secteurs durables et innovants. Leur adoption généralisée offre des avantages environnementaux, économiques et

²¹ • Bruno Fulda, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 8 avril 2024

sociaux significatifs, contribuant ainsi à la construction d'un monde plus durable et résilient pour tous.

De plus en plus de chantiers sont concernés, par exemple la transformation d'un immeuble de la Poste en 19 logements sociaux dans le quartier du Marais à Paris (III^e arrondissement) pour le bailleur social RIVP, initiée en 2016 par l'agence Bien Urbain. Une reconfiguration complète des appartements a été menée, accompagnée d'une rénovation thermique globale de l'immeuble, dans le respect des objectifs du Plan Climat de la Ville de Paris.

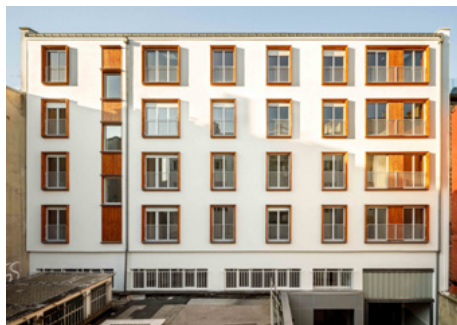


Figure 12. Transformation d'un immeuble de la Poste en logements par l'agence d'architecture Bien Urbain.

Le projet a pu inclure un réemploi important de certains matériaux présents sur le site. Par exemple, les parquets ont été déposés et reposés au gré des nouveaux cloisonnements, les radiateurs ont été sablés puis repositionnés, des pavés de verre ont été réimplantés dans le hall, et des parties de couverture en zinc, vouées à disparaître, ont été démontées et recalibrées pour venir protéger les cadres en bois des fenêtres.

La solution semble être donc le choix du matériau ? Pas si simple... Au-delà du matériau lui-même, il faut aussi comprendre ses propriétés physiques et son utilisation : il n'a pas vocation à s'appliquer partout – son intérêt dépend de sa localisation et de son processus de fabrication. Cela pose donc la question de la qualification (évaluation, certification, qualification par essais, ...) des produits de réemploi.

Autre exemple présenté par Delphine Laffay²² : le projet CAMPUS. Il vise la création d'un parc multiusages intégrant des solutions énergétiques telles que le photovoltaïque et la géothermie, en utilisant un réseau de partage sur l'ensemble du site. Ceci permet une gestion efficace des ressources énergétiques, réduisant ainsi l'empreinte carbone de l'ensemble du projet. En plus, le projet intègre une stratégie de mobilité durable incluant la mobilité d'hydrogène. Delphine Laffay souligne les efforts de reboisement à

22 • Delphine Laffay, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 11 avril 2024

proximité pour compenser les émissions de CO₂ et atteindre la neutralité carbone. Le projet CAMPUS s'inscrit ainsi dans une démarche globale de préservation de l'environnement tout en offrant des fonctionnalités avancées pour le bien-être des utilisateurs et la préservation des ressources naturelles.

Elle souligne l'avantage d'être aménageur, promoteur, concepteur, constructeur dans la création de projets de cette envergure, ce qui permet d'intégrer des solutions durables avec un réseau de chaleur partagé sur l'ensemble du projet. La vision est différente de celle d'un promoteur qui raisonne à l'unité.

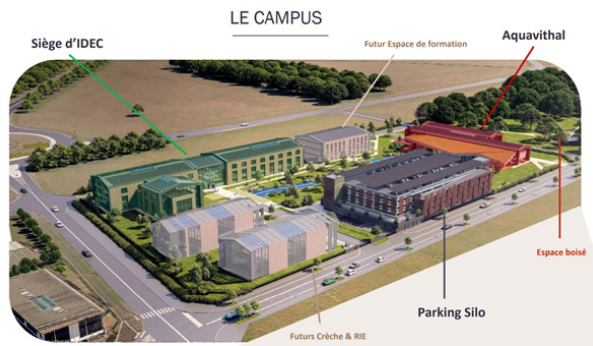


Figure 13. IDEC Plan d'ensemble du projet Campus, à Blois
© Delphine Laffay, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 11 avril 2024.

Lorsqu'on sait que la déconstruction/reconstruction équivaut en termes de consommation énergétique à 15 années de chauffage d'un bâtiment, il semble aujourd'hui indispensable de se poser systématiquement la question : doit-on démolir le bâtiment ou le rénover ? La rénovation de l'existant est un enjeu stratégique pour réduire les consommations d'énergie.

L'exemple du projet BIOME mis en avant par Eric Oudard consiste en la rénovation d'un immeuble de bureaux, axé sur l'intégration de technologies énergétiques avancées. En privilégiant des matériaux de construction écologiques et en installant des systèmes de chauffage optimisés, le projet vise à maximiser l'efficacité énergétique. L'adoption de façades bioclimatiques innovantes permet de minimiser les besoins en chauffage et en climatisation en utilisant les conditions climatiques locales à l'avantage de l'immeuble. En outre, le projet promeut la biodiversité avec l'intégration de zones végétalisées qui améliorent non seulement la qualité de l'air mais aussi offrent des bénéfices esthétiques et réduisent les effets des îlots de chaleur en milieu urbain.



Figure 14. Projet BIOME © Eric Oudard, *op. cit.*

La solution est hybride, résultant de divers choix : la rénovation, l'emploi judicieux des matériaux, le réemploi, l'innovation, le choix du système de chauffage, etc.

L'optimisation des secteurs urbanisés, avec le zéro artificialisation nette (ZAN) comme objectif à l'horizon 2050, et la réflexion sur l'hybridation urbaine ouvrent la voie à des projets immobiliers plus durables et résilients.

L'exemple du collectif CHUTT²³, lancé par l'urbaniste Céline Betito et l'architecte Renaud Tarrazi est parlant. La démarche fait de l'hybridation urbaine la nouvelle boussole de la revitalisation des zones périphériques. Leurs réflexions reposent sur des solutions innovantes permettant de concilier fabrication des logements, respect du zéro artificialisation nette et maîtrise des coûts. Ce collectif a imaginé un concept permettant la surélévation du bâti en entrée de ville et dans des zones commerciales.

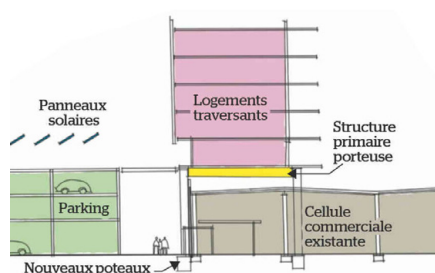


Figure 15. « Urbanisme : un collectif marseillais mise sur l'hybridation » © Le Monde, 02 février 2024.

23 • Collectif CHUTT : Collectif d'hybridation urbaine des territoires de transition.

L'aménagement urbain responsable, l'écoconception et l'optimisation des secteurs déjà urbanisés sont des éléments clés dans la lutte contre le dérèglement climatique. La conception initiale des bâtiments et l'architecture bioclimatique permettent de réduire significativement leur empreinte carbone tout en assurant leur résilience aux changements climatiques.

L'objectif ambitieux d'atteindre 49 % de consommation d'énergies renouvelables d'ici 2030 témoigne de la volonté de réduire l'empreinte carbone des bâtiments et plus vertueux sur le plan énergétique.

De plus, la gestion de l'eau et la préservation de la biodiversité sont des aspects indissociables d'un aménagement urbain durable, avec des objectifs concrets tels que la renaturation, la création d'îlots de fraîcheur et la réduction de la consommation d'eau. En parallèle, l'écoconception en vue de la déconstruction devient une priorité, avec un accent particulier sur la réutilisation des matériaux et la réduction des déchets. Il est important de rendre les bâtiments résilients aux situations climatiques que nous ne connaissons pas encore.

Le développement des énergies renouvelables et la réhabilitation des projets existants sont des leviers essentiels pour décarboner le parc immobilier. La sanctuarisation des puits de carbone, la décarbonation de la logistique et la production d'énergies renouvelables sur site contribuent à réduire significativement les émissions de carbone. Cependant, il est important de noter que les énergies renouvelables ne peuvent à elles seules remplacer les énergies fossiles et qu'une approche multidimensionnelle est nécessaire. Sur des projets de réhabilitation, mettre l'usager et l'usage au cœur de la rénovation permet d'optimiser l'efficacité énergétique et le confort des occupants, tout en encourageant les bonnes pratiques.

3.3 Révolution de la mobilité

La mobilité joue un rôle crucial dans la décarbonation du parc immobilier, et son importance est de plus en plus reconnue dans la transition vers des villes durables. Inspirée par le concept novateur de la ville du quart d'heure de Carlos Moreno²⁴, l'idée de créer des « villes dans la ville » prend de l'ampleur. Ce concept vise à repenser entièrement notre modèle urbain et territorial en favorisant des quartiers complets, où les résidents ont accès à tous les services et commodités à moins de quinze minutes de marche ou de transport en commun. Tout est à portée d'usage, avec la possibilité de repenser l'urbain.

24 • Carlos Moreno, urbaniste.

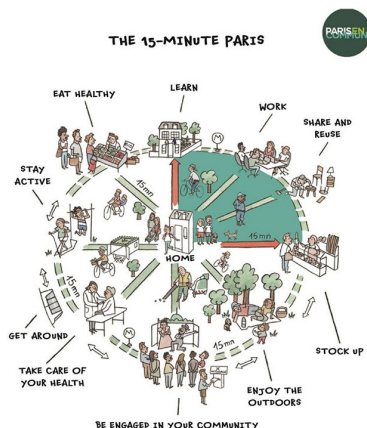


Figure 16. « Ville du quart d'heure en images », 09 décembre 2020, Mairie de Paris. © Micael

Cette approche de la mobilité nécessite un changement radical dans les mentalités et les habitudes de déplacement. Elle encourage l'utilisation de modes de transport plus durables et efficaces, tels que la marche, le vélo et les transports en commun, tout en réduisant la dépendance aux véhicules individuels motorisés. En intégrant ces principes dans la planification urbaine et la conception des projets immobiliers, il est possible de créer des environnements urbains plus conviviaux, résilients et respectueux de l'environnement.

Le concept de la ville du quart d'heure est largement adopté par des grandes villes et mégalofoles engagées pour le climat, témoignant ainsi de son potentiel à transformer nos villes en des espaces plus durables et inclusifs. Cependant, pour concrétiser cette vision, il est impératif d'investir dans des infrastructures de mobilité adaptées, telles que les parkings silos et les stations de recharge pour véhicules électriques, ainsi que de promouvoir des politiques urbaines favorables à la marche et au vélo.

Il existe toutefois des limites. En effet, Philippe Bihouix²⁵ nous alerte sur les limites de la ville dense et durable car à partir d'une certaine taille il y a des externalités négatives.

3.4 GTB et usager au cœur du système

La gestion technique du bâtiment (GTB) émerge comme un outil essentiel dans la décarbonation du parc immobilier, offrant des possibilités considérables pour optimiser l'efficacité énergétique, réduire les émissions de carbone et améliorer la durabilité globale des bâtiments. La GTB repose sur l'utilisation de systèmes informatisés pour

25 • Philippe Bihouix, présentation à la conférence internationale MS@IBD en avril 2023

contrôler et surveiller les équipements et les installations d'un bâtiment, tels que le chauffage, la ventilation, la climatisation, l'éclairage et les systèmes de sécurité. En centralisant la gestion et le suivi de ces systèmes, la GTB permet une optimisation fine de leur fonctionnement, en ajustant les paramètres en fonction des besoins réels des occupants et des conditions environnementales en temps réel.

L'un des principaux avantages de la GTB est sa capacité à réduire la consommation d'énergie des bâtiments en identifiant les inefficacités et en mettant en œuvre des mesures correctives. Par exemple, la GTB peut permettre de programmer des horaires de fonctionnement plus efficaces pour les systèmes de chauffage et de climatisation, de détecter et de corriger les fuites d'énergie, ou encore d'optimiser l'utilisation de l'éclairage naturel pour réduire la dépendance à l'éclairage artificiel.

De plus, la GTB facilite la surveillance en temps réel des performances énergétiques des bâtiments, permettant aux gestionnaires immobiliers de suivre de près leur consommation d'énergie et d'identifier les opportunités d'amélioration continue. Cette capacité à collecter et à analyser des données précises sur la consommation énergétique permet également de mettre en place des stratégies de gestion proactives pour réduire les émissions de carbone, telles que la mise en veille des équipements non utilisés, l'optimisation des réglages de température et la planification d'interventions de maintenance préventive.

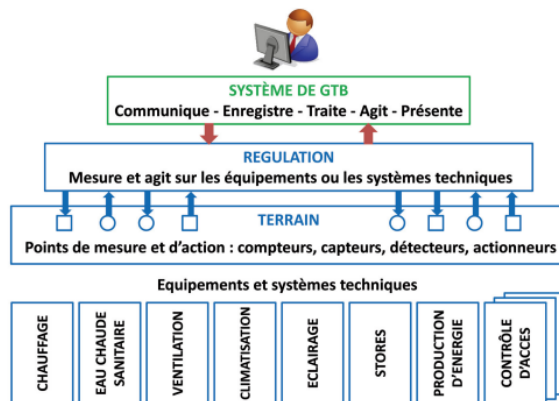


Figure 17. Les systèmes de régulation par GTB sont pensés en 3 niveaux. © Guide RAGE- Gestion technique du bâtiment - Bonnes pratiques pour concevoir et réaliser les systèmes de GTB, ADEME, juin 2014.

En outre, la GTB peut être intégrée à d'autres systèmes et technologies pour renforcer davantage les efforts de décarbonation du parc immobilier. Par exemple, en combinant la GTB avec des capteurs IoT (Internet des Objets) et des systèmes de gestion de

l'énergie, il est possible de créer des bâtiments intelligents capables d'adapter dynamiquement leur fonctionnement en fonction des besoins des occupants et des conditions environnementales, optimisant ainsi leur efficacité énergétique et leur empreinte carbone.

Il faut également former, encourager et accompagner les occupants aux bonnes pratiques. Car même si le bâtiment est performant, Leslie Villatte souligne l'incidence de l'occupant qui possède à lui seul « 30 % d'amélioration entre les mains ». L'enjeu est donc de ne jamais oublier les comportements humains et les usages dans les solutions techniques.

Eric Groven précise que la GTB est une des actions fortes de la Société Générale pour réduire de 50 % ses émissions GES entre 2019 et 2030.

3.5 Tenir compte des souhaits des usagers

L'approche participative proposée par Philippe Madec²⁶, notamment à travers son mouvement pour une frugalité heureuse, appelle à développer des établissements humains frugaux en énergie, en matière et technicité, créatifs et heureux pour la terre et l'ensemble de ses habitants.

La réussite des projets d'architecture passe par l'écoute des utilisateurs. Il faut tenir compte de leurs souhaits, des usages, de ce qui les rend heureux.

En combinant ces leviers avec les stratégies détaillées précédemment, il est possible de tracer la voie vers un parc immobilier plus durable, résilient et respectueux de l'environnement. La décarbonation du parc immobilier est non seulement un impératif environnemental, mais également une opportunité de stimuler l'innovation, la croissance économique et le bien-être des occupants.



Figure 18. Présentation de Joy Esther Gai, présentation à la conférence internationale MS@IBD du 11 avril 2024.

Conclusion

Réduire les émissions de GES nécessite une transformation systémique à l'échelle du gigawatt, soit celle d'une ville moyenne française. Des changements en profondeur sont indispensables. Le secteur de la construction représente 38 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre. La décarbonation des parcs d'entreprises et de logements est un mouvement mondial incontournable, porté par la nécessité de répondre aux défis climatiques actuels et atteindre les objectifs fixés à l'horizon 2050.

En s'engageant dans la décarbonation, les entreprises peuvent non seulement réduire leur empreinte carbone, mais aussi améliorer leur efficacité opérationnelle et leur compétitivité à moyenlong terme. Néanmoins, elles seront forcées de passer par une période d'adaptation qui leur permettra de s'approprier les outils techniques, juridiques et fiscaux.

Par ailleurs, pour atteindre ces objectifs ambitieux, une collaboration étroite entre les différentes parties prenantes et un engagement fort sont indispensables pour rendre ces projets acceptables et réalisables.

Comme le souligne Philippe Madec, architecte et urbaniste, le monde doit se tourner vers une architecture de la frugalité, pour la paix, « Il est grand temps de réenchanter le monde déjà là ! »

Le plus grand défi n'est peut-être pas d'ordre technique, il est peut-être davantage culturel. Il faut repenser la manière de travailler, de percevoir le profit et revoir notre vision de l'économie et des usages.

L'enjeu sera de concilier la sobriété foncière et le développement économique. Cela nécessitera un changement profond dans la manière dont nous concevons, construisons et habitons nos espaces. Cette évolution redéfinit même les métiers traditionnels, tels que celui de promoteur immobilier qui aujourd'hui semble devoir se tourner vers une approche plus « hybride », à mi-chemin entre l'aménageur, l'artisan et le promoteur.

La décarbonation du parc immobilier représente un défi majeur dans la lutte contre le changement climatique. Si les moyens techniques et les avancées technologiques sont indispensables pour réduire les émissions de gaz à effet de serre et améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments, il est primordial de reconnaître que ces solutions techniques doivent être accompagnées d'un changement de mentalité profond au sein de la société.

En effet, la transition vers un parc immobilier décarboné ne peut être réalisée avec succès que si elle est soutenue par une volonté collective de changer nos modes de vie et de consommation. Cela implique non seulement d'adopter des technologies plus propres et plus efficaces, mais également de repenser notre façon de concevoir, de construire et d'utiliser les bâtiments.

Dans ce contexte, le rôle de l'État est crucial. En tant que régulateur et législateur, l'État a la responsabilité d'impulser les changements nécessaires à travers des mesures incitatives et des politiques publiques appropriées. La fiscalité et les mécanismes de taxation peuvent être des outils puissants pour orienter les comportements et encourager les investissements dans des projets plus durables. De même, les subventions et les aides financières peuvent jouer un rôle essentiel en fournissant un soutien financier aux acteurs du secteur immobilier qui s'engagent dans la voie de la décarbonation. La simplification administrative (mécanismes de financement, démarches urbanisme.) est un facteur clef aussi pour accélérer le développement durable.

Il est important de reconnaître que le changement passe souvent par le volet économique. Les acteurs du secteur immobilier, qu'ils soient promoteurs, constructeurs, investisseurs ou propriétaires, sont influencés par les considérations financières et cherchent à préserver un certain niveau de rentabilité et en période de crise forte, durable à subsister.

Pour conclure, la décarbonation du parc immobilier est un impératif moral autant qu'un impératif environnemental, car comme le disait François Mauriac, « Il ne sert de rien à l'homme de gagner la Lune s'il vient à perdre la Terre ».

Alors, sommes-nous prêts à faire le deuil d'une certaine forme de modernisme pour nous diriger vers une véritable modernité à savoir celle du développement durable ?

Introduction

For several decades, the world's population has been growing exponentially, driving humankind to increasingly urbanize areas once reserved for nature.

With the prospect of global warming of 4°C or more, some climate scientists fear that a growing part of our planet will become uninhabitable.

It is not so much global warming itself that will be the immediate cause, but rather its consequences: flows of climate refugees, with famine and drought driving millions of people to flee for their survival. These large-scale migrations from densely populated urban areas will disrupt already fragile regional balances, triggering conflicts over access to natural resources.

In France, against the backdrop of the current multi-factor crisis (soaring construction costs, reduced purchasing power, tighter conditions for access to mortgages and new energy standards), the decarbonization of property assets represents a crucial challenge for companies committed to the ecological transition. Some companies may be inclined to "salvage what they can" and put off their decarbonization actions, but most recognize the need to change the economic and management model of the real estate sector.

This commitment is no longer a choice, but an obligation for all humanity.

Better modes of consumption, better living and better housing seem to be the keys to a new way of life. Decarbonization is one way to achieve sustainable construction objectives.

Since the Paris Agreement, carbon neutrality has become the guiding principle for climate action for major companies, and a new driver for their growth strategy.

However, targets are often limited to Scope 1 and 2, ignoring Scope 3,²⁷ which can account for a significant proportion of companies' carbon footprint. Companies also find it difficult to measure and correctly define the actions they need to take to achieve their objectives.

The cost of decarbonization actions is estimated at €1,520 billion per year worldwide until 2050. The subject of financing is thus central to achieving these objectives, and it is necessary to understand how real estate groups can fund these investments and make them profitable.

It is therefore highly instructive to understand how various players in the real estate sector (real estate groups, banks, industrial companies, politicians and technical bodies) are tackling the issues, methods and actions involved in decarbonizing property assets, as well as the question of financing, in an economically complicated context.

Why have players in the construction and real estate industries not yet addressed the issue of decarbonizing their sector, even though they are well aware of the stakes at hand?

²⁷ • Scopes 1, 2 and 3 are categories of greenhouse gas (GHG) emissions used when evaluating a carbon footprint.

What methodologies and levers of action do they need to implement in order to make a real difference?

How can we reconcile the imperative of decarbonizing our building stock with today's economic and cultural demands, while at the same time embarking on a transition to more sustainable lifestyles and consumption patterns?

1. The challenges

1.1. Review of decarbonization of real estate assets

In France, the real estate sector accounts for 26% of GHG emissions, second only to transport.

80% of the buildings that will exist in 2050 have already been built.

Only 9% of private homes have an EPD²⁸ rating of A or B, and it is even worse in Paris, with less than 1% of homes with an A or B EPD rating.

According to Eric Groven,²⁹ we are working at a rate of 1 to 1.5% of buildings renovated per year, but to meet the targets set out in the Paris Agreement, we need to be working at a rate of 2 to 5% per year.

\$5,200 billion will be needed over the next 10 years to decarbonize the global real estate sector and meet the Net Zero by 2050 target.

The construction sector's carbon footprint is 153 tons CO₂eq/year, 67% of which comes from direct and indirect emissions from building operations, and 33% from construction products and equipment.

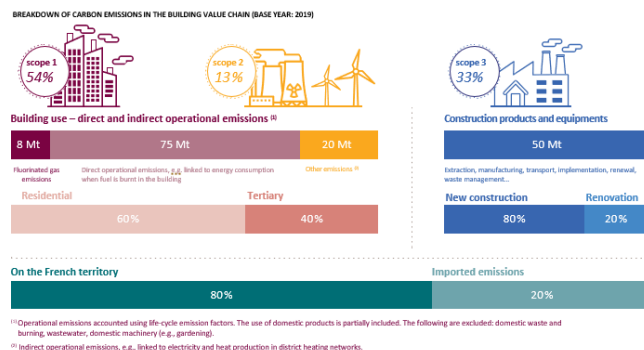


Figure 1 Breakdown of carbon emissions from the building value chain (reference year: 2019).

Source : CSTB - DGALN ; Feuille de route décarbonation Bâtiment ; 2023.

²⁸ EPD: Energy Performance Diagnosis. The EPD provides information on the energy and climate performance of a home or building (A to G ratings).

²⁹ Eric Groven, Banque Société Générale Réseau France, presentation at the IBD@MS International Conference on April 11, 2024

To achieve the 2050 carbon-neutral trajectory, we need to go from 153 to 96 Mt CO₂eq/year by 2030, i.e. a reduction of 37%, and 16 Mt by 2050.

If we assess a building's GHG emissions over its entire lifecycle, 42% of emissions come from operations and 58% from construction, maintenance and demolition.

As Franck Boutte³⁰ demonstrates, too often we focus 99.9% of our efforts on 0.1% of the problem, i.e. the new-build sector, which uses a large proportion of gray energy. However, the real challenges in terms of decarbonization lie with the existing stock.

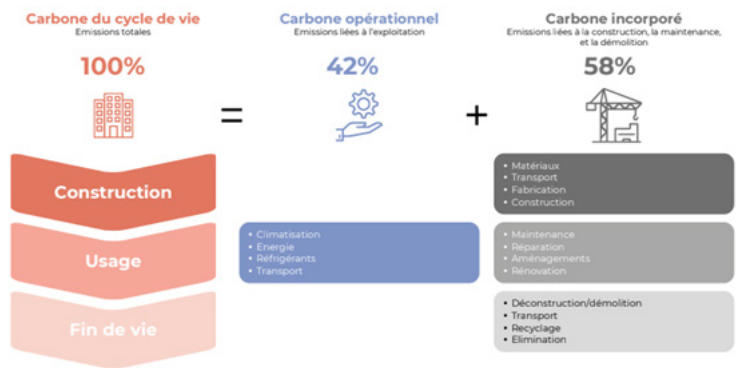


Figure 2. Lifecycle Carbon Emissions

© Eric Groven, presentation at the IBD@MS International Conference on April 11, 2024.

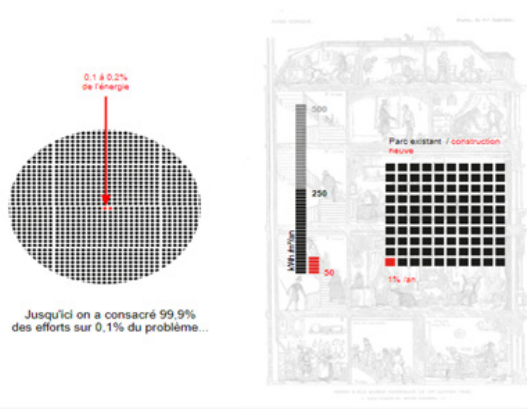


Figure 3. The Weight of Things

© Franck Boutté, presentation at the IBD@MS International Conference on April 9, 2024.

30 • Franck Boutté, presentation at the IBD@MS International Conference on April 9, 2024.

There are around 36 million homes in France, with some 350,000 under construction every year. Even if new buildings are more efficient due to thermal regulations, construction consumes a lot of carbon (demolition, materials, etc.).

Loïs Moulas³¹ adds that 1m² built corresponds to 1 T CO₂eq, whereas 1m² of energy consumption in the tertiary sector is equivalent to 16 kg CO₂eq. Building this m² corresponds to 50 years of operations of the same m².

When measuring a carbon footprint, it is important to go beyond Scope 1 and 2 and take Scope 3 into account!

1.2 Why decarbonize?

1.2.1 Mitigating climate change

GHG emissions must be drastically reduced to limit the rise in temperatures. Joy Gai gives some examples of how rising temperatures will impact the planet:

- A rise of 1°C means no ice in the Arctic for six months.
- A rise of 2°C means a seven-meter rise in sea levels.
- If the temperature rises by 3°C, the Amazon rainforest will disappear.
- At 4°C, half the world will be covered in water.
- At 6°C, we are the next dinosaurs!!!!

1.2.2 Meeting regulatory requirements

French regulation RE2020 applies to the new-build sector, with three major objectives:

- Restrained energy use
- Reducing carbon footprint
- Guaranteeing comfort in hot weather

In the area of new construction and major renovations, the Climate and Resilience Law requires plantings or solar panels on roofs, as well as adding shade to parking lots and making them water-permeable.

For existing buildings, the Tertiary Decree will help reduce GHG emissions, although it is aimed primarily at reducing energy consumption (-40% by 2030, -50% by 2040 and -60% by 2050).

³¹ • Loïs Moulas, presentation at the IBD@MS International Conference on April 11, 2024

The recent Renewable Energy Acceleration Law³² of 2023 requires existing roofs and parking lots to be fitted with sources of renewable energy. This law will help France catch up on its targets for an energy mix with a higher proportion of renewable/decarbonized energy.

Following on from the Tertiary Decree, the Building Automation and Control Systems (BACS) Decree requires tertiary sector buildings to be equipped with BACS that reduce energy consumption by at least 15%.

There is also the PEMD diagnostic mechanism,³³ which became mandatory in July 2023 and allows project owners to better integrate the issues of reuse and recovery of products, equipment, materials and waste.

It will be forbidden for landlords to lease housing with a rating of G in 2025, F in 2028 and E in 2034. Pierre-Henri Grenier³⁴ explains that 15% of the 11.4 million apartments in France's 528,000 joint- ownership properties are rated F or G.

The CSRD,³⁵ which entered into force on January 1, 2024, sets new standards and obligations for extra-financial reporting for listed SMEs and large companies. This reporting relates to ESG data. The aim of this directive is to encourage sustainable development and identify good and bad performers.

The ZAN objective³⁶ will make less land available for new construction, encouraging real estate actors to renovate and densify.

For Loïs Moulas, regulation acts as a shock absorber for environmental crises, and therefore for future economic crises as well.

1.2.3 Asset valuation

Below, Leslie Villatte³⁷ uses the example of an office building to demonstrate that decarbonizing not only increases rental value (+6%) but also the value of the property (+12%).

Renovating properties will make it easier to adapt to climate change, thereby enhancing the well-being of residents and reducing costs, especially in a context of uncertain energy prices.

32 • Law no. 2023-175 of March 10, 2023 on the acceleration of renewable energy production.

33 • PEMD diagnosis: "products, equipment, materials and waste" diagnosis

34 • Pierre-Henri Grenier, presentation at the IBD@MS International Conference on April 10, 2024

35 • CSRD: Corporate Sustainability Reporting Directive

36 • ZAN: Net-Zero Artificialization

37 • Leslie Villatte, presentation at the IBD@MS International Conference on April 8, 2024

ILLUSTRATION AVEC UN IMMEUBLE DE BUREAUX DE 2 000 M²**1. ACTIF NON CERTIFIÉ**

Loyer métrique : 600 €/m²
 # Loyer annuel : 1,2 M€ HT HC
 # Taux applicable : 5,00%
 # Prix : 24,0 M€

2. ACTIF CERTIFIÉ → AVEC LA PRIME LOCATIVE

Loyer métrique (+6%) : 636 €/m²
 # Loyer annuel : 1,3 M€ HT HC
 # Taux applicable : 5,00%
 # Prix : 25,4 M€, soit une survalue de 1,4 M€ (+6%) par rapport à un actif non certifié

3. ... ET L'APPLICATION D'UN « PRICING VERT »

Taux applicable (-25 bps) : 4,75%
 # Prix : 26,8 M€, soit une survalue de 2,8 M€ (+12%) par rapport à un actif non certifié



Figure 4. Example of increased "green" value

© Leslie Villatte, presentation at the IBD@MS International Conference on April 8, 2024.

12.4. Financing

Eric Groven draws our attention to the fact that banks must not only declare their own energy consumption as part of their carbon footprint, but must also include the carbon footprint of the buildings they finance.

If they wish to improve the carbon footprint of the loan portfolio, they will therefore have to avoid financing property assets with a lower environmental performance.

Marc Daumas³⁸ points out that mortgage rates are 0.5 points lower on projects with lower CO₂ emissions.

These trends make it more attractive to fund decarbonization projects.

12.5 Insurability

Climate change is causing extreme events, such as recurrent droughts and floods. These events are having the greatest impact on real estate. For example, losses due to clay shrinkage and swelling already cost €2 billion per year. According to Corinne Lepage,³⁹ with a 2.7° rise in temperatures, €3.3 billion in damages are expected annually. Here, too, we need to maximize mitigation as far as possible, in order to minimize climate phenomena that can lead to a string of disasters.

³⁸ • Marc Daumas, presentation at the IBD@MS International Conference on April 11, 2024

³⁹ • Corinne Lepage, presentation at the IBD@MS International Conference on April 11, 2024

1.3 Many obstacles remain

1.3.1 Crises

Denis Burckel⁴⁰ reminds us that the current crisis is deep, historic and far from over. The government has decided not to intervene via direct assistance to real estate stakeholders. In these times, company survival is what counts, and decarbonization can only be envisaged if it serves to preserve it.

It therefore seems highly complicated to accelerate decarbonization in a context where neither companies nor individuals have the necessary cash flow or financing.

1.3.2 Taxation

Guillaume Sainteny⁴¹ notes that taxation does not support the ecological transition on several points:

Firstly, artificialization is encouraged by the low price of undeveloped land, due to France's tenant farming statute and regulated rents (€150 per hectare compared with €900 in the Netherlands, for example). Taxes are also high on these plots, at around 30% of the rent. The indexation of land rents is also lower than inflation. Land prices are around €6,000 per hectare, compared with €75,000 in the Netherlands and €40,000 per hectare in Italy.

In this way, the lack of profitability for undeveloped land makes artificializing this land more attractive.

The added value of artificialization is distorted by these land prices, which are very low in comparison with our European neighbors.

The ZAN objective will not solve the problem as long as the profitability of undeveloped land remains negative.

Secondly, the rising vacancy of real estate assets does not support sustainable development. There are over 90,000 vacant dwellings per year, representing an annual rise of 3.5%, while the population is growing by 0.5% per year.

The issue of vacancy is found in all zones and building types (rural, suburban, major centers, individual and collective).

In fact, building new homes leads to vacancy. One of the causes of this is the ever-increasing taxation of real estate, which is higher in France than in other European countries, as shown in the table below. Renovation projects are taxed more heavily than new-build projects (as 8% transfer duty must be added to the price of a renovated old property).

⁴⁰ • Denis Burcke, presentation at the IBD@MS International Conference on April 11, 2024

⁴¹ • Guillaume Sainteny, presentation at the IBD@MS International Conference on April 10, 2024

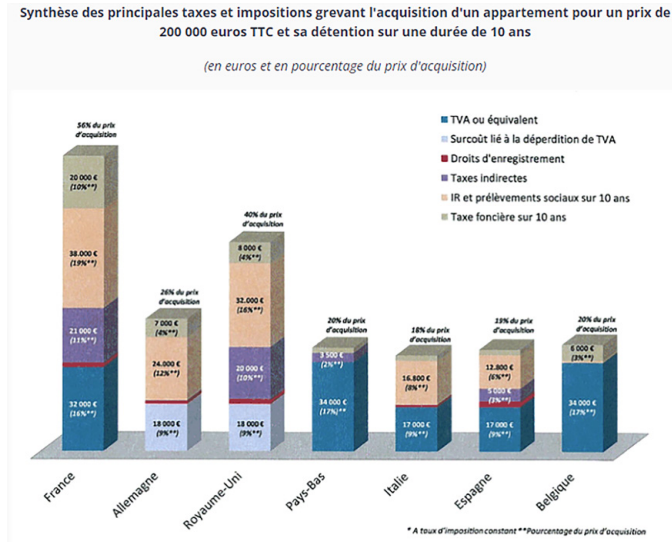


Figure 5. Comparison of property taxes in Europe

© Guillaume Sainteny, presentation at the IBD@MS International Conference on April 10, 2024.

Nor is the abolition of the housing tax likely to reduce vacancy.

To obtain a return on energy-efficient renovations, a minimum level of profitability on real estate assets must be guaranteed. However, the very low level of profitability for real estate in France has caused the number of landlords carrying out renovations to fall from 33% in 2008 to 14.2% in 2017.

Lastly, the reforms adopted in 2018 have resulted in a surtax on properties that have undergone energy-efficient renovations. Real estate is taxed more heavily than other investments such as shares. If we take the latter example, property investments are taxed between two and four times more than income from securities (shares, bonds). That is no incentive to invest in decarbonized real estate!!!

The prior impact assessment of these reforms had not highlighted such an environmental risk, which is a real anomaly.

1.3.3 Skills and governance

In the new-build sector, there are structured groups and relatively clear regulations. However, in renovation, we face a real challenge, with tradespeople in great need of training and increased awareness. Project owners are also often at a loss when it comes to setting and achieving decarbonization targets.

Below, Julien Hans⁴² shows the many challenges involved in achieving quality mass renovation.



Figure 6. Mass renovation challenges

© Julien Hans, presentation at the IBD@MS International Conference on April 12, 2024.

It is interesting to hear a Chinese point of view from Jeremie Ni⁴³ on French environmental policy: he raises the question of how we can have consistent environmental policy when the minister changes every two years! Indeed, there is a gap between the long-term vision needed for the ecological transition and political timelines, which are not on the same scale. This gap can be a real obstacle for impactful policy.

2. Decarbonization methodology

Since the 2015 Paris Agreement, a number of methods for measuring figures and setting trajectories have been developed. Such methods have the merit of introducing, as far as possible, a scientific approach that limits the risk of "greenwashing", a risk that is always present in the sector.

Eric Groven cites two important references:

⁴²• Julien Hans, presentation at the IBD@MS International Conference on April 12, 2024

⁴³• Jeremie Ni, presentation at the IBD@MS International Conference on April 12, 2024

- The first is the SBTi approach,⁴⁴ which aims to help companies set robust carbon neutrality targets. It defines and promotes best practices for reducing greenhouse gas emissions, and can provide organizations with technical assistance.
- The second is more restrictive and specifically applies to the real estate sector, the Carbon Risk Rural Estate Monitor (CRREM).

The CRREM⁴⁵ is an open-source software program. It is offered free of charge to commercial real estate companies within the European Union, and is also accessible in other countries.

It provides an assessment of GHG emissions at a given point in time, while also making it possible to project into the future by proposing a carbon trajectory for each asset. It can also estimate the extra-financial value of assets in the future.

Eric Oudard⁴⁶ describes Société Foncière Lyonnaise's CSR reporting, which takes into account indicators on climate (Kw, TCO₂eq, etc.), biodiversity and resources (kg of recycled waste, incoming and outgoing material flows, etc.).

The CSR reporting summarizes the context, key issues and objectives.

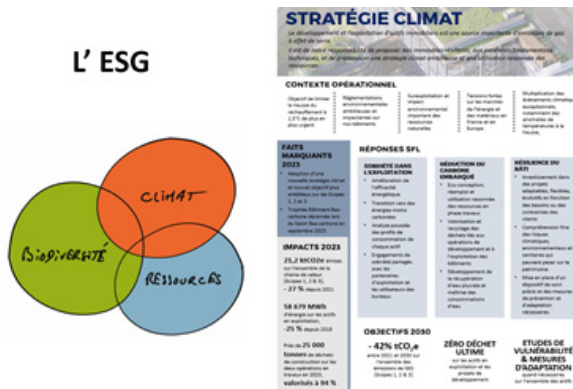


Figure 7. Climate Strategy

© Eric Oudard, presentation at the IBD@MS International Conference on April 11, 2024.

The challenge in decarbonizing real estate assets is to move from the distant, theoretical vision of carbon neutrality to concrete action.

44 • SBTi: Science Based Targets initiative

45 • CRREM: Carbon Risk Rural Estate Monitor

46 • Eric Oudard, Société Foncière Lyonnaise, presentation at the IBD@MS International Conference on April 11, 2024

Foncière Lyonnaise was assisted by consulting firm Carbone 4, which recommended a zero-carbon approach structured around the following three pillars:

- reduced carbon emissions
- avoided carbon emissions
- stored carbon emissions

Companies assessing these emissions do so both for their own value chain and that of others (customers, suppliers, users, cities, etc.).

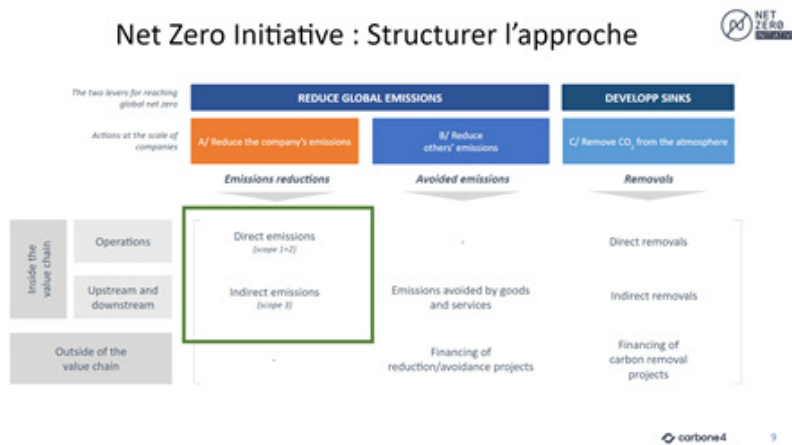
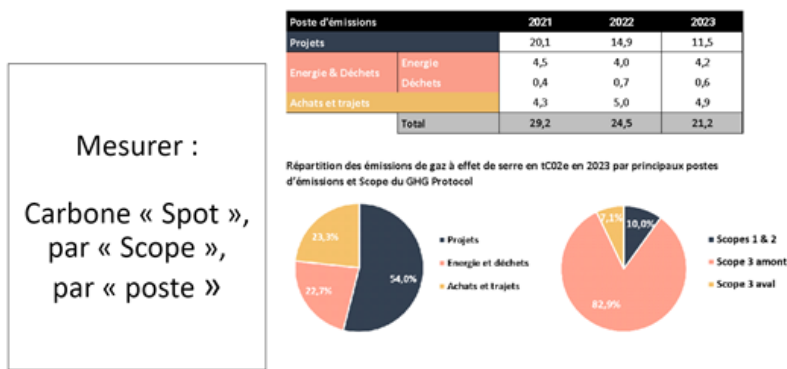


Figure 8. Zero-Carbon Approach © Eric Oudard, op.cit.

The next step is to measure the efforts required. To enable this, a distinction is made between traditional scope measurement and measurement of carbon emissions in a specific year or of a specific nature.

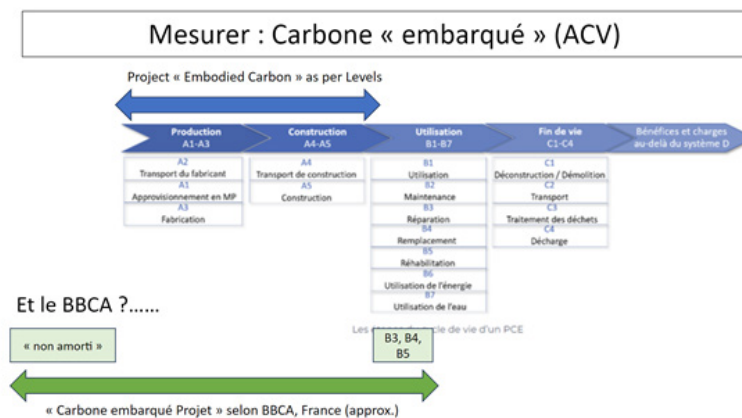
In the case of Foncière Lyonnaise, there are three main categories: construction, energy and waste, and purchasing (legal, insurance, consulting, etc.). It is preferable to interpret the data category-by-category.

Figure 9. Emissions by Year/Scope/Nature © Eric Oudard, *op.cit.*

As a significant proportion of CO₂ emissions comes from construction, it is important to estimate the amount of carbon embodied in a structure, using an LCA (Life Cycle Assessment) approach.

The Anglo-Saxon world focuses on categories A1 to A5 for the construction phase.

In France, the BBCA label adds the carbon content of installations and reinvestments (A1 to B5).

Figure 10. Carrying out an LCA © Eric Oudard, *op.cit.*

To create action plans, it is important to define major ambitions, on a global scale if necessary, the carbon footprint by category (operations, construction, purchasing) and also, the knowledge and motivation level of operational teams (assessed during workshops).

This makes it possible to establish a plausible future trajectory and an action plan to achieve the targets set for 2030.

Roadmaps are defined based on the levers identified.

Action plan aligned with the objectives, by comparing « top-down » and « bottom-up » approaches

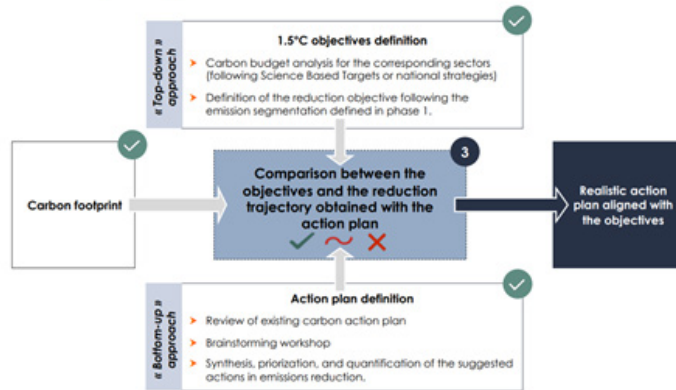


Figure 11. Defining an action plan © Eric Oudard, op.cit

3. Levers

3.1. Government leadership and project financing

The importance of the government's role in decarbonizing property assets is undeniable. Faced with the climate crisis and the need to reduce greenhouse gas emissions, governments play a crucial role in implementing incentives and regulatory measures to transform the real estate sector. Here are a few key points and examples to illustrate the importance of the role played by the state.

Taxonomy and tax guidelines

A clear and precise taxonomy makes it possible to direct investments towards environmentally friendly projects. By defining specific sustainability criteria, the government can guide real estate market players towards more responsible choices. Furthermore, appropriate tax policy with financial incentives for environmentally friendly projects encourages industry players to invest in decarbonization initiatives.

Corinne Lepage points out that many activities in the construction industry are eligible under the taxonomy in the fields of climate change, the circular economy and biodiversity. This eligibility means that projects can benefit from subsidies and obtain attractive financing more easily.

Active support for urban transformation

The government can play a leading role by introducing national initiatives such as the call for expressions of interest launched in October 2023, for projects aiming to transform commercial areas into more sustainable, green spaces. By providing technical support and subsidies, it encourages owners and operators to reinvent these sites, integrating green spaces, promoting a functional mix and facilitating the use of sustainable modes of transport.

Financial aid and adapted regulations

Targeted financial aid, designed to reward eco-construction or energy renovation practices, encourages owners and developers to invest in more sustainable buildings. At the same time, adapted and agile regulations are essential to speed up the administrative processes involved in construction and renovation. This includes simplifying building permit procedures and introducing specific regulations to ensure high standards of energy performance.

Collaboration with stakeholders

Finally, decarbonizing the property stock requires close collaboration between the government, private-sector players, local authorities and civil society. By setting up platforms for dialog and consultation, we can bring the various stakeholders together around common objectives and create the conditions for innovative, sustainable solutions to emerge.

The government's role is essential if we are to pursue an effective decarbonization policy for property assets. By combining incentives, appropriate regulation and close collaboration with stakeholders, governments can make a significant contribution to the transition towards a more sustainable real estate sector.

Bruno Fulda⁴⁷ describes the main actions undertaken by the French government to create the conditions for achieving decarbonization objectives:

- regulate the construction and renovation sector by imposing energy performance requirements;
- set requirements for reducing energy consumption in commercial buildings;

⁴⁷ • Bruno Fulda, presentation at the IBD@MS International Conference on April 8, 2024

- propose measures and financial assistance to build or renovate in a sustainable manner;
- combat energy insecurity;
- encourage the widespread development of low-carbon, positive-energy buildings.

3.2. Technical solutions: reuse, recycling, renewable energies, urban hybridization, and more

Reusing and recycling materials considerably reduces the carbon footprint associated with building construction and renovation. By reusing existing materials, we avoid the production of new raw materials, often obtained through energy-intensive and polluting processes. This helps reduce greenhouse gas emissions and preserve precious natural resources.

These mechanisms reduce the amount of waste produced by construction: rather than sending these materials to landfill, where they contribute to pollution and the depletion of landfill sites, reusing them in new projects extends their useful lifespan and minimizes their environmental impact. This also provides substantial savings on the purchase of new materials, in addition to reducing construction waste.

Reusing and recycling materials helps to create local jobs and stimulate the circular economy. Encouraging the development of companies specialized in recovering, sorting and reusing building materials creates new employment opportunities in sustainable and innovative sectors. Adopting these practices on a widespread basis offers significant environmental, economic and social benefits, helping to build a more sustainable and resilient future for all.

More and more projects are being developed according to this approach. One example is the conversion of a post office building into 19 social housing units in the Marais district of Paris for social landlord RIVP, launched in 2016 by agency Bien Urbain.

A complete reconfiguration of the apartments was carried out, along with a comprehensive thermal renovation of the building, in line with the objectives of the City of Paris Climate Plan.



Figure 12. Conversion of post office building into housing, Bien Urbain Atelier d'architecture.

The project was able to reuse a significant amount of certain materials present on the site. For example, parquet floors were removed and reinstalled according to the new layout, radiators were sandblasted and repositioned, glass blocks were reinstalled in the foyer, and parts of the zinc roofing, which were due to be sent to landfill, were dismantled and recalibrated to protect the wooden window frames.

So, does the solution lie in the choice of materials? It is not so simple... Because beyond the materials themselves, it is also important to understand their physical properties and use. Certain materials are not designed to be used everywhere - their benefits depend on their position and manufacturing process. This raises the question of how to qualify (assessment, certification, qualification by testing, etc.) reused products.

Another example presented by Delphine Laffay⁴⁸ is the Campus project, for a multi-use facility integrating energy solutions such as solar panels and geothermal energy, using a site-wide sharing network. This enables efficient management of energy resources, reducing the carbon footprint of the entire project. In addition, it features a sustainable mobility strategy, including hydrogen mobility. Delphine Laffay also highlights the reforestation initiatives in the local area to offset CO₂ emissions and achieve carbon neutrality. In this way, the Campus project adopts a comprehensive approach to preserve the environment, while offering advanced functionalities for user well-being and natural resource conservation.

She emphasizes the advantages of being a developer, designer and builder when creating projects of this scale, as it makes it possible to integrate sustainable solutions, such as a shared heating network for the entire project. She has a different vision to that of a developer who thinks in terms of units.

⁴⁸ Delphine Laffay, Groupe IDEC, presentation at the IBD@MS International Conference on April 11, 2024

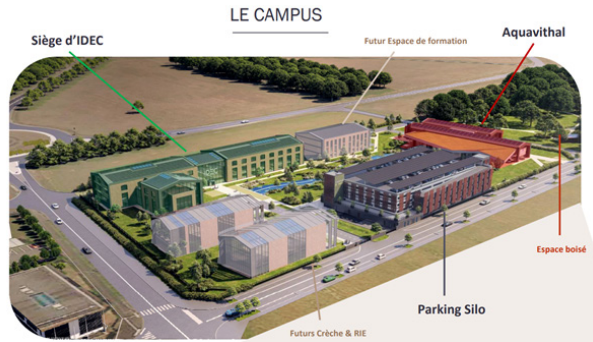


Figure 13. Overview of the IDEC Campus project in Blois

© Delphine Laffay, presentation at the IBD@MS International Conference on April 11, 2024.

When you consider that, in terms of energy consumption, demolition and reconstruction is equivalent to 15 years of heating a building, it now seems essential to systematically ask the question: should we demolish the building or renovate it? Renovating existing buildings is a strategic challenge for reducing energy consumption.

The example of the Biome project discussed by Eric Oudard involves the renovation of an office building, focusing on integrating advanced energy technologies. By favoring environmentally friendly building materials and installing optimized heating systems, the project aims to maximize energy efficiency. Innovative bioclimatic facades minimize heating and cooling requirements by using local climate conditions to the building's advantage. In addition, the project promotes biodiversity by including planted areas that not only improve air quality, but also offer aesthetic benefits and reduce the effects of urban heat islands.



Figure 14. Biome Project © Eric Oudard, op.cit.

It is a hybrid solution, the result of various choices: renovation, judicious use of materials, reuse, innovation, choice of heating system, etc.

The optimization of urbanized areas, with Net-Zero Artificialization (ZAN) as the goal by 2050, and reflections on urban hybridization pave the way for more sustainable and resilient real estate projects.

The example of CHUTT,⁴⁹ a collective launched by urban planner Céline Betito and architect Renaud Tarrazi, speaks for itself. Their approach makes urban hybridization the new guiding principle for revitalizing outlying areas. Their ideas are based on innovative solutions that reconcile housing production, net-zero artificialization and cost control. The collective has developed a concept for raising the height of buildings in city outskirts and commercial areas.

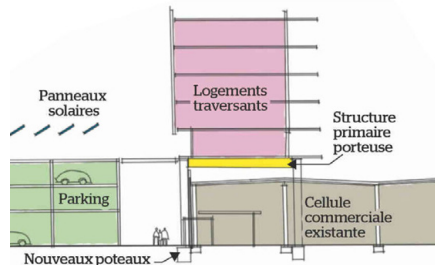


Figure 15. « Urbanisme : un collectif marseillais mise sur l'hybridation » © Le Monde, 02 février 2024.

Responsible urban planning, eco-design and optimization of already urbanized areas are key elements in the fight against climate change. Buildings' initial design and bioclimatic architecture can significantly reduce their carbon footprint, while ensuring resilience to climate change.

The ambitious target of 49% renewable energy consumption by 2030 reflects the desire to reduce buildings' carbon footprint and make them more energy-efficient.

Moreover, water management and biodiversity preservation are inseparable aspects of sustainable urban development, with concrete objectives such as renaturalization, the creation of cooling islands and the reduction of water consumption. At the same time, eco-design for demolition is becoming a priority, with a particular focus on reusing materials and reducing waste. It is important to make buildings resilient to climate situations that we do not yet know about.

The development of renewable energies and the rehabilitation of existing projects are essential levers for decarbonizing the building stock. Making carbon sinks untouchable,

49 • CHUTT: Collective for the Urban Hybridization of Transition Territories

decarbonizing logistics and generating renewable energy on-site all contribute to significantly reducing carbon emissions. However, it is important to note that renewable energies alone cannot replace fossil fuels, and that a multi-dimensional approach is required. When it comes to renovation projects, putting users and usage at the heart optimizes energy efficiency and occupant comfort, while encouraging best practices.

3.3 The Mobility Revolution

Mobility plays a crucial role in decarbonizing the building stock, and its importance is increasingly recognized in the transition towards sustainable cities. Inspired by the innovative concept of the 15-minute city developed by Carlos Moreno,⁵⁰ the idea of creating "cities within cities" is gaining momentum. This concept aims to completely rethink our urban and territorial model by promoting complete neighborhoods, where residents have access to all services and amenities within a 15-minute walk or public transit ride. Everything is within easy reach, while also offering the possibility of rethinking the urban environment.

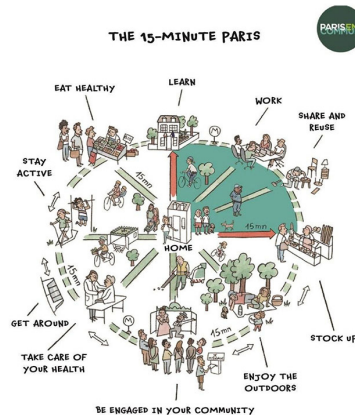


Figure 16. « Ville du quart d'heure en images », 09 décembre 2020, Mairie de Paris. © Micael

This approach to mobility requires a radical change in attitudes and travel habits. It encourages the use of more sustainable and efficient modes of transport, such as walking, cycling and public transport, while reducing dependence on individual motorized vehicles. By integrating these principles into urban planning and the design of real estate projects, it is possible to create urban environments that are more convivial, resilient and respectful of the environment.

50 • Carlos Moreno, Urban planner.

The concept of the 15-minute city has been widely adopted by major cities and urban hubs committed to the climate, testifying to its potential to transform our cities into more sustainable and inclusive spaces. However, to implement this vision, it is imperative to invest in appropriate mobility infrastructure, such as multi-level parking facilities and electric vehicle charging stations, as well as to promote urban policies that encourage walking and cycling.

That said, there are limits to the benefits of this approach. Philippe Bihouix⁵¹ warns of the limitations of dense, sustainable cities, as beyond a certain size, there are negative externalities.

3.4 BMS and users at the heart of the system

Building Management Systems (BMS) are emerging as essential tools to decarbonize building stock, offering considerable potential for optimizing energy efficiency, reducing carbon emissions and improving the overall sustainability of buildings. The BMS uses a computerized system to control and monitor building facilities and installations such as heating, ventilation, air conditioning, lighting and security systems. By centralizing the management and monitoring of these systems, the BMS can optimize their operation in great detail, adjusting parameters according to the real needs of occupants and environmental conditions in real time.

One of the main benefits with a BMS is the ability to reduce energy consumption in buildings, by identifying inefficiencies and implementing corrective measures. For example, the BMS can be used to program more efficient operating schedules for heating and air-conditioning systems, detect and correct energy leaks, or optimize the use of natural lighting to reduce dependence on artificial lighting.

What's more, the BMS facilitates real-time monitoring of a building's energy performance, enabling property managers to keep a close eye on energy consumption and identify opportunities for continuous improvement. This ability to collect and analyze precise data on energy consumption also means that proactive management strategies can be implemented to reduce carbon emissions, such as putting unused equipment on standby, optimizing temperature settings and planning preventive maintenance interventions.

What's more, the BMS can be integrated with other systems and technologies to further strengthen efforts to decarbonize the building stock. For example, by combining the BMS with IoT (Internet of Things) sensors and energy management systems, it is possible to create intelligent buildings capable of dynamically adapting their operations to occupant needs and environmental conditions, thus optimizing their energy efficiency and carbon footprint.

⁵¹ • Philippe Bihouix, presentation at the IBD@MS International Conference in April 2023

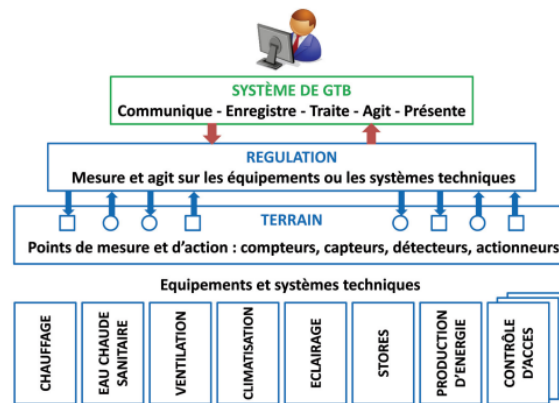


Figure 17. Les systèmes de régulation par GTB sont pensés en 3 niveaux. © Guide RAGE- Gestion technique du bâtiment - Bonnes pratiques pour concevoir et réaliser les systèmes de GTB, ADEME, juin 2014.

It is also important to train, encourage and support occupants in best practices. Because even if the building itself is efficient, Leslie Villatte emphasizes the impact of occupants, who alone have “30% of improvements in their hands”. The challenge is therefore to never forget human behavior and usage in technical solutions. Eric Groven points out that using BMS is one of Société Générale’s key initiatives to reduce its GHG emissions by 50% between 2019 and 2030

3.5 Taking user wishes into account

The participatory approach proposed by Philippe Madec,⁵² notably through his movement for happy frugality, calls for the development of human settlements that are frugal in energy, materials and technicality, creative and happy for the earth and all its inhabitants.

Successful architecture projects require listening to users. It is important to factor in their wishes, uses and what makes them happy.

By combining these levers with the strategies detailed above, it is possible to pave the way towards a more sustainable, resilient and environmentally-friendly building stock. Decarbonizing the building stock is not only an environmental imperative, but also an opportunity to stimulate innovation, economic growth and occupant well-being.

52 • Philippe Madec, Atelier Philippe Madec, presentation at the IBD@MS International Conference on April 9, 2024



Figure 18. Diagram presented by Joy Gai, presentation at the IBD@MS International Conference on April 11, 2024.

Conclusion

Reducing GHG emissions requires a systemic transformation on a gigawatt scale, i.e. that of a medium-sized French city. Profound changes are vital. The construction sector accounts for 38% of global greenhouse gas emissions. The decarbonization of our business and residential property stock is an unavoidable global movement, driven by the need to meet current climate challenges and achieve the targets set for 2050. By committing to decarbonization, companies can not only reduce their carbon footprint, but also improve their operational efficiency and competitiveness in the medium to long-term. However, they will have to go through a period of adaptation, in order to adopt certain technical, legal and fiscal tools.

Furthermore, to achieve these ambitious goals, close collaboration between the various stakeholders and a strong level of commitment are essential, to make these projects acceptable and feasible.

As architect and urban planner Philippe Madec points out, the world must shift towards an architecture of frugality, for peace: "it's high time to re-enchant the world that's already here!"

The biggest challenge may not be technical, but rather cultural. We need to rethink the way we work, the way we perceive profit, and the way we see the economy and uses. The challenge will be to reconcile minimal land use with economic development. This will require a profound change in the way we design, build and inhabit our spaces. This evolution is even redefining traditional professions, such as the role of real estate developer, which nowadays seems to be turning to a more "hybrid" approach, halfway between developer, tradesperson and promoter.

Decarbonizing our real estate stock represents a major challenge in the fight against climate change. While technical means and technological advances are indispensable for reducing greenhouse gas emissions and improving the energy efficiency of buildings, it is essential to recognize that these technical solutions must be accompanied by a profound mentality shift within society.

Indeed, the transition to a decarbonized property stock can only be successfully achieved if it is supported by a collective determination to change our lifestyles and consumption patterns. This means not only adopting cleaner, more efficient technologies, but also rethinking the way we design, construct and use buildings.

In this context, the government's role is crucial. As a regulator and legislator, it has a responsibility to drive the necessary changes through appropriate incentives and public policies. Taxation and tax mechanisms can be powerful tools for guiding behavior and encouraging investment in more sustainable projects. Similarly, subsidies and financial aid can play a vital role in providing financial support to real estate players committed to decarbonization. Simplifying administrative procedures (financing mechanisms, urban planning procedures, etc.) is also a key factor in accelerating sustainable development. It is important to recognize that change often comes down to economics. Actors in the real estate sector, whether developers, builders, investors or owners, are influenced by financial considerations and seek to maintain a certain level of profitability and, in times of severe crisis, long-term survival.

In conclusion, decarbonizing our housing stock is as much a moral imperative as it is an environmental one. As François Mauriac said, "there's no point in man conquering the Moon if he's going to lose the Earth".

So, are we ready to say goodbye to a certain form of modernism and move towards true modernity, namely that represented by sustainable development?

Bibliographie • References

Burckel, Denis (coord.). *Management de l'immobilier*. Paris : Vuibert, 2021.

Burckel, Denis. *Des logements trop chers en France, une stratégie pour la baisse des prix*. Terra Nova, étude parue le 22 avril 2014.

Burckel, Denis. *Rénovation énergétique des logements : pour une politique volontariste*. Terra Nova, note parue le 9 janvier 2013.

Burckel, Denis. *L'accès au logement, une exigence citoyenne, un choix politique*. Terra Nova, rapport paru le 7 juillet 2011.

Collectif d'hybridation urbaine des territoires en transition (CHUTT). *LinkedIn*. <https://www.linkedin.com/company/chutt/>

Daumas, Marc. « Réalisation de GA Smart Building ». Dernière modification en 2024. <https://www.ga.fr/nos-realisations/>

Esther, Joy. « GBC Missions ». *World Green Building Concil*, s.d. <https://worldgbc.org/about-us/our-mission/>

Laffay, Delphine. « Artificialisation des sols ». *Faubourg Promotion*, s.d. <https://lp.faubourg-promotion.com/artificialisation-des-sols/>

Lepage, Corinne. *Code de la justice administrative 2022*. LexisNexis, 24 février 2022.

Lepage, Corinne, et Christian Huglo (dir.). *Nos batailles pour l'environnement*. Arles : Actes Sud, 2021.

Lepage, Corinne. *Vivre autrement*. Paris : Grasset, 2010.

Lepage, Corinne. « *On ne peut rien faire, madame le ministre...* ». Paris : Albin Michel, 2009.

Lepage, Corinne. *À bout de confiance. De la morale en politique*. Paris : Autrement, 2017.

Lepage, Corinne. *L'état nucléaire*. Paris : Albin Michel, 2014.

Lepage, Corinne, et Christian Huglo. *Code de l'environnement 2019*. LexisNexis, 2019.

Lepage, Corinne, et Dominique Bourg. *Le choix du pire. De la planète aux urnes*. Paris : PUF, 2004.

Mahboub, Abel. *Management de l'immobilier*. Paris : Vuibert, 2021.

Moulas, Loïs. « Industrie du bâtiment : la révolution écologique en ordre de marche ». *La Tribune*, 29 février 2024. <https://www.la Tribune.fr/opinions/tribunes/industrie-du-batiment-la-revolution-ecologique-en-ordre-de-marche-991774.html>

Moulas, Loïs. « Le monde des labels a fait son temps ». *Le Moniteur*, 09 mars 2022. <https://www.lemoniteur.fr/article/le-monde-des-labels-a-fait-son-temps-lois-moulas-oid.2194987>

Moulas, Loïs. *Étude sur les fonds immobiliers. Les pratiques ESG des fonds immobiliers face aux évolutions*, octobre 2022. <https://www.aspim.fr/storage/documents/etude-aspim-oid-les-pratiques-esg-des-fonds-immobiliers-face-aux-evolutions-634ff4b38adfa.pdf>

Moulas, Loïs. « La taxonomie donne un avantage concurrentiel à la construction ». *Le Moniteur*. 23 mars 2023. <https://www.lemoniteur.fr/article/la-taxonomie-donne-un-avantage-concurrentiel-a-la-construction-lois-moulas-oid.2261586>

Moulas, Loïs. « Nous ne pouvons plus parler de décarbonation de l'économie sans évoquer la préservation du vivant ». *Le Monde*, 10 décembre 2022. https://www.lemonde.fr/idees/article/2022/12/10/nous-ne-pouvons-plus-parler-de-decarbonation-de-l-economie-sans-evoquer-la-preservation-du-vivant_6153815_3232.html

Rich, Nathaniel. *Perdre la Terre : Une histoire de notre temps*. Éditeur : non précisé, date de parution non précisée.

Les auteurs du Yearbook

The Yearbook authors



**Cassilie
Lonak de Carvalho**



Julien Manel



Sophie Mihalache



Jespin Ngoufack Kana



Nelson Nkonmeneck



Quentin Roland-Baty



Théo Wesolowski

Les conférenciers

Speakers



Denis Burckel

Directeur du mastère Immobilier
Université Paris Dauphine-PSL



Marc Daumas

Directeur général Promotion
et services
GA Smart Building



Eric Groven

Directeur Immobilier
Réseaux France, Société Générale



Esther Joy

Strategic Partnership Lead
World Green Building Council - Asia Pacific



Delphine Laffay

Directrice pôle montage,
développement, aménagement
Faubourg Promotion - IDEC



Corinne Lepage

Avocate
Huglo Lepage Avocats



Abel Mahboub

Directeur pôle tertiaire
Promoval



Loïs Moulas

Directeur général
Observatoire de l'immobilier durable



Éric Oudard

Directeur Technique et
développement
Société Foncière Lyonnaise

Les technologies high-tech versus low-tech pour les bâtiments durables

High-Tech versus Low-Tech Technologies

for Sustainable Buildings



Doris Belanor Ngankeu
Maxime Bourrée,
Lucile Gasnier
Alice Gohard
Cyril Guérandel
Sébastien Paumier
Laëtitia Watchouang Djapa



IP PARIS

Introduction

L'urgence de la crise climatique mondiale nécessite de repenser notre manière de créer, de construire, d'exploiter et de gérer les bâtiments. D'une approche *low-tech* à une technologie de pointe, de nombreuses démarches existent pour relever le défi de la transition écologique.

Pour répondre aux enjeux des bâtiments durables, nous pouvons catégoriser 3 types de solutions : l'optimisation de l'efficacité énergétique des bâtiments, les matériaux bas-carbones et les procédés de construction durable.

L'optimisation énergétique traite de la performance du bâtiment. Ce volet, encadré par la réglementation et riche en solutions techniques, ne sera pas développé dans notre analyse.

Les conférences de la semaine internationale du Master Immobilier et Bâtiment Durables sur le thème « technologies high-tech versus *low-tech* pour les bâtiments durables » nous ont permis d'approfondir la problématique au travers des thèmes suivants : les nouveaux modes constructifs, les matériaux pour construire durablement et la nécessité de créer autrement, et enfin une approche sur la circularité du bâtiment, pour imaginer et construire une démarche environnementale innovante.

Nous avons conscience que la transition écologique et environnementale du secteur de la construction nécessite une approche globale en prenant en compte les aspects environnementaux, sociaux et économiques. Nous nous concentrerons principalement sur l'approche environnementale et ses aspects techniques.

1. Grandes transitions et leurs déclinaisons dans l'acte de construire et d'habiter

Le secteur du bâtiment est confronté, comme l'ensemble des secteurs de l'économie mondiale, à des bouleversements profonds liés à transition énergétique actuelle et à venir. En France, le secteur du bâtiment représente près de 25 % des émissions de gaz à effet de serre (153 millions de tonnes de CO₂) et 44 % de l'énergie consommée¹ ; il est urgent que les acteurs de ce secteur s'engagent à revoir le modèle de construction et les modes d'usage des bâtiments.

Notre analyse s'articulera dans un premier temps autour des grandes mutations en matière de transition environnementale auquel le monde de la construction fait face, puis dans un second temps, nous illustrerons les solutions existantes ou en développement relatif aux matériaux, aux nouveaux modes constructifs et de circularité.

1 • Hans, Julien. « Quels défis à relever pour tenir la trajectoire de transformation du parc existant sur les grands enjeux d'adaptation et de transformation lié au changement climatique ? », CSTB, 2024.

1.1. Environnement et changement climatique

L'effet de serre, phénomène naturel qui contribue à l'équilibre climatique terrestre, emprisonne une partie du rayonnement solaire dans l'atmosphère. Accentué par le développement des activités humaines depuis les différentes révolutions industrielles, l'effet de serre est anormalement élevé et provoque une hausse des températures (réchauffement planétaire) et ainsi, un constat visible aux yeux de tous : le changement climatique.

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), qui évalue l'état des connaissances sur l'évolution du climat, ses causes, ses impacts, réalise des scénarios d'augmentation de température entre +1,9 °C et +8,5 °C entre 1990 et 2100² (fig.1).

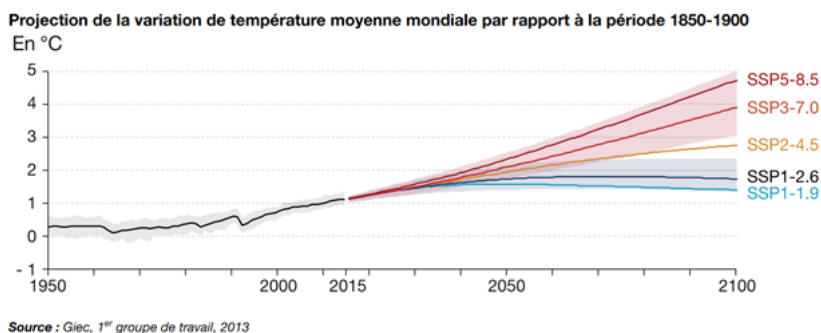


Figure 1 Projection de la variation de température moyenne mondiale par rapport à la période 1850/1900

© F. Stocker, Thomas, Dahe Qin, GianKasper Plattner, et al. « Changements climatiques 2013. Les éléments scientifiques », GIEC, 2013.

Les conséquences du réchauffement global constatées et prévues par les climatologues et les scientifiques sont nombreuses. Elles concernent notamment : la fonte des glaces, l'augmentation du niveau des mers et océans, les canicules, les inondations, le retrait gonflement des argiles, etc. Ces effets induiront d'importants mouvements de population... Les aléas climatiques d'aujourd'hui ne seront que les événements climatiques de demain, avec une fréquence et une intensité décuplée. Les événements extrêmes vont devenir plus fréquents ce qui, *de facto*, entraînera l'apparition de nouveaux phénomènes extrêmes avec un impact majeur sur les populations³.

Afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre, la France s'est engagée à construire sa Stratégie nationale bas-carbone (SNBC) dont l'objectif est la neutralité carbone à l'horizon 2050 (fig. 2).

² F. Stocker, Thomas, Dahe Qin, GianKasper Plattner, et al. « Changements climatiques 2013. Les éléments scientifiques », GIEC, 2013.

³ Mège, Romain. « Grandes transitions et leurs déclinaisons dans l'acte de construire et d'habiter ». ESTB, 2024.

Évolution des émissions et des puits de GES sur le territoire français entre 1990 et 2050 (en MtCO₂eq). Inventaire CITEPA 2018 et scénario SNBC révisée (neutralité carbone)

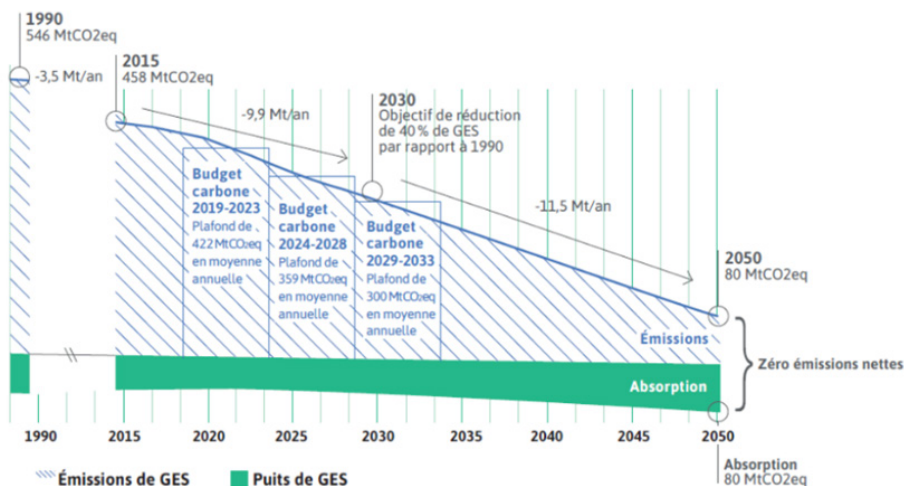


Figure 2. Évolutions des émissions et des puits de GES sur le territoire français entre 1990 et 2050 (en MteqCO₂)

© Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires. « Stratégie nationale bas-carbone ».

ecologie.gouv.fr, 2020.

Pour concevoir et réaliser une construction bas-carbone et favoriser un usage bas-carbone, inciter à la rénovation du parc existant (résidentiel et tertiaire) et accroître les niveaux de performances des constructions neuves, notre étude portera sur plusieurs approches, entre modernité et sobriété, *high-tech* et *low-tech*.

1.2. Épuisement des ressources naturelles

Pour maintenir son économie et répondre aux besoins de sa population tels que le logement, le transport, l'alimentation... la France utilise environ 700 millions de tonnes de matières premières chaque année (900 millions au début des années 2000)⁴.

Ces matières premières proviennent des écosystèmes et peuvent être renouvelables (comme la biomasse, l'eau dans une certaine mesure, les ressources halieutiques et les énergies) ou non renouvelables (tels que les minéraux et les combustibles fossiles). Dans le secteur de l'énergie, les ressources naturelles incluent les combustibles

4 • Commissariat général au développement durable. « L'utilisation des ressources naturelles », 2023.

fossiles comme le gaz, le pétrole, le charbon et l'uranium utilisé dans la production d'énergie nucléaire.

En Europe, 31 % des ressources naturelles sont destinées à la construction et à la rénovation des bâtiments, générant la majeure partie des déchets⁵. Pour faire face aux défis de la raréfaction des ressources et la gestion des déchets, et à celui de la croissance démographique, une utilisation maîtrisée des ressources est essentielle dès la phase de conception jusqu'à la fin de vie du bâtiment. Les énergies renouvelables (ENR) tendent à se développer pour remplacer progressivement les autres types d'énergie. Toutefois, le développement massif des ENR entraîne une augmentation des besoins en métaux et terres rares, qui eux, sont disponibles en quantité limitée⁶ et accroît notre dépendance vis-à-vis d'autres pays comme la Chine.

La réglementation environnementale 2020 (RE2020) introduit le concept d'analyse de cycle de vie (ACV) dont l'objectif est d'évaluer les impacts environnementaux d'un bâtiment sur l'ensemble de son cycle de vie, de l'extraction des matières premières à sa démolition et au recyclage des matériaux. L'objectif de la RE2020 est d'aller au-delà de la réglementation thermique de 2012 en examinant en profondeur l'impact environnemental global d'un bâtiment, depuis la fabrication des matériaux, la construction, l'exploitation ainsi que sa fin de vie (fig. 3).



Figure 3. Les sept étapes de l'analyse de cycle de vie
© « RE2020 : 7 étapes pour réaliser l'analyse du cycle de vie (ACV) d'un bâtiment », Locabrig.

La RE2020 fixe trois grands principes : encourager la sobriété énergétique, garantir le confort thermique des bâtiments (notamment le confort d'été) et diminuer l'empreinte carbone au travers l'ACV des bâtiments neufs. Sur ce dernier point, la réglementation

⁵ Agence européenne pour l'environnement (AEE). *L'environnement en Europe : état et perspectives 2010 - Synthèse*. Luxembourg : Office des publications officielles de l'Union européenne, 2010.

⁶ Ni, Jérémie. « Le rôle de nouvelles énergies dans la ville de Shenzhen en Chine ». In: *MS® IBD, Net Zero Carbon Strategy in Real Estate and Building Sector, in the World by 2050*, 8-12 avril 2024.

fixe des ambitions en termes d'émissions de GES sur les matériaux de construction. Cette prescription a pour conséquence la décarbonation des procédés, le recours accru au recyclage, l'emploi de matériaux géo et biosourcés, mais elle oriente également les concepteurs vers de nouveaux modes constructifs comme la construction hors site et la transformation de l'existant.

1.3. La décarbonation de l'énergie du bâtiment

Le secteur du bâtiment émet pour l'acte de construire et la gestion globale du parc existant 160 millions de tonnes_{eq} CO₂/an. Deux tiers de ces impacts sont liés à l'exploitation (émissions directes et indirectes) et un tiers est lié aux produits de construction et aux équipements⁷.

La construction neuve, au travers de la RE2020, permet potentiellement de respecter les ambitions et la trajectoire SNBC. Cela est fruit d'une démarche lancée en 2003 avec l'élaboration de la première FDES (Fiche de déclaration environnementale et sanitaire). La RE2020 implique l'utilisation systématique des FDES pour réaliser les ACV de bâtiment. Cette pratique ainsi que l'amélioration de la performance énergétique en phase d'exploitation contribuent à l'obtention des certifications environnementales devenues indispensable au succès d'un projet de construction neuve. Le sujet de la décarbonation du bâtiment porte donc essentiellement sur le parc existant, qui représente 100 millions de tonnes équivalent CO₂/an.

L'enjeu est de définir une démarche de massification de la rénovation qui concerne 33 millions de logements et 1 milliard de m² de surfaces tertiaires. Cette démarche se construit à travers une connaissance parfaite du parc de bâtiment, la conception d'une solution idéalement duplicable, puis sa massification.

La culture de la performance est également un levier de transformation. Julien Hans (1) propose le concept de *Renovation Readiness Levels* en analogie à la *Technologie Readiness Levels*, qui est un système de mesure employé pour évaluer le niveau de maturité d'une technologie. Il l'imagine comme un indicateur de performance de rénovation du parc existant⁸.

Pour construire une trajectoire de neutralité carbone dans le secteur du bâtiment, le scope 1 (émissions émises par le bâtiment) devra être divisé par 15, le scope 2 (émissions liées à l'énergie) devra être divisé par 20 et le scope 3 (émissions liées aux matériaux de construction) devra être divisé par 5 (fig. 4). L'ambition à l'horizon 2030 est réalisable en construction neuve grâce à la RE2020, mais l'enjeu principal est celui de la rénovation. Nous pouvons également noter que pour atteindre l'objectif du scope 1, l'action principale portera sur l'isolation des bâtiments. Par conséquent, c'est la perfor-

7 • Hans, Julien. « Quels défis à relever pour tenir la trajectoire de transformation du parc existant sur les grands enjeux d'adaptation et de transformation lié au changement climatique ? », CSTB, 2024.

8 • Hans, Julien. *Ibid.*

mance des produits d'isolation mis en œuvre qui aura l'impact le plus important sur le résultat final.

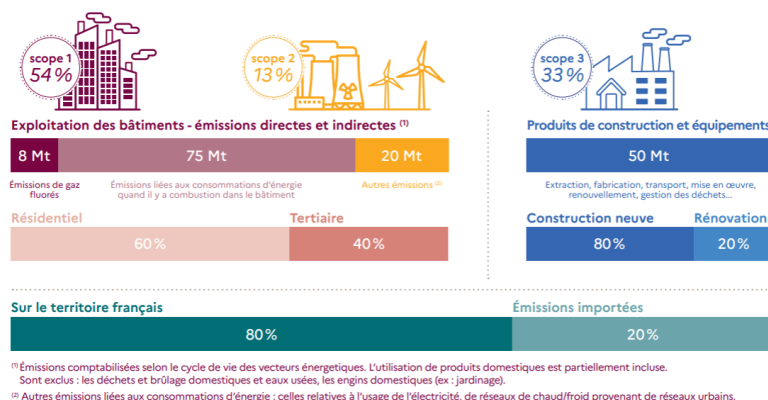


Figure 4. Répartition des émissions de carbone de la chaîne de valeur bâtiment (année de référence : 2019).

Source : CSTB – DGALN ; Feuille de route décarbonation Bâtiment ; 2023.

2. L'importance des nouveaux modes constructifs

Le contexte économique de la construction en France est très dégradé. Les mises en chantier de constructions neuves s'effondrent de près de 24 % sur le 1^{er} trimestre 2024, les taux de crédit immobilier ont augmenté et la production de bâtiments s'effondre de 38 %⁹. Cette situation précarise une partie importante de la population et rend pour celle-ci l'accès au logement plus difficile. Il est donc urgent de déployer des solutions à grande échelle, visant l'ensemble du secteur de la construction et surtout en rénovation¹⁰.

2.1. La construction hors site un atout pour la construction bas-carbone

La construction hors site est une méthode qui vise à déporter tout ou partie du processus de construction d'un bâtiment hors du lieu sur lequel il est érigé. Les éléments de structure, de façade, des blocs entiers (cuisines, salles de bains) sont conçus numé-

9 • FFB Nationale. « Tendances récentes du bâtiment – Mars 2024 », Fédération française du bâtiment, 06 mars 2024. <https://www.ffbatiment.fr/actualites-batiment/actualite/tendancesbatmars2024>

10 • « Communiqué de presse. Céline Beaujolin, nommée déléguée générale de l'association Filière horsite France », Filière horsite France, 29 avril 2024.

riquement via le BIM (*building information modeling*) avant d'être fabriqués en usine et acheminés sur le chantier (fig. 5). Jusqu'à 80 % de la construction d'un bâtiment pourrait être réalisée en usine contre à peine 10 % dans le cas des bâtiments construits selon les méthodes courantes actuelles¹¹.



Figure 5. Construction hors site de l'usine au chantier © Aurenche, Eric, 2020.

Ce mode constructif est en accord avec les contraintes économiques et environnementales actuelles car il permet des chantiers plus propres, plus courts, générant moins de nuisances et en utilisant moins de matières premières. Il génère en outre de meilleures conditions de travail. Le hors site pourrait donc réconcilier la France avec le secteur du bâtiment – dans le neuf et rénovation – tout en respectant les engagements de la SNBC¹².

Au dernier trimestre 2023 la construction hors site ne représentait que 1 % du chiffre d'affaires de la construction en France. Pourtant les avantages sont considérables (fig. 6) et on peut citer :

- Une amélioration des conditions de travail sur les chantiers ;
- Une productivité significativement plus élevée avec des délais raccourcis de 50 % et des coûts réduits de 20 % ;
- Une qualité de la construction répondant aux exigences de la RE2020, permettant de réduire les malfaçons et de limiter les besoins en rénovation précoce ;

¹¹ • Groupe de travail des maîtrises d'ouvrage signataires de la Charte pour le développement de la construction horsite. « Référentiel construction horsite », octobre 2023.

¹² • « Communiqué de presse. Céline Beaujolin, nommée Déléguée générale de l'association Filière horsite France », *op. cit.*

- Un impact environnemental très favorable sur l'ensemble des opérations ;
- Un impact sociétal positif avec des nuisances chantier réduites au minimum.

PRINCIPAUX AVANTAGES DU HORS SITE

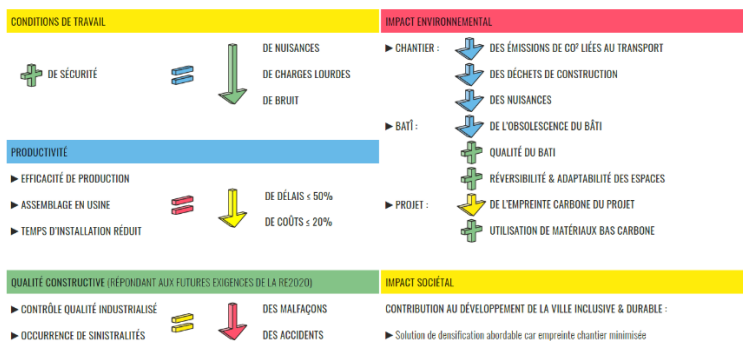


Figure 6. Les principaux éléments différenciant de la construction hors site en termes de construction durable
© Keys Reim, 2022.

La construction hors site redéfinit l'acte de construire. On peut donc se poser la question de l'impact à long terme sur les métiers de l'artisanat. Il est probable qu'un développement massif du hors site permettrait de répondre à l'urgence actuelle en ce qui concerne les métiers de la construction. En effet, la pénurie croissante de main-d'œuvre qualifiée sur les chantiers pénalise le secteur en augmentant les délais d'exécution en même temps que le nombre de sinistres et de défauts de qualité. Le coût mesuré de la nonqualité dans le secteur du bâtiment en France est estimé à 10 milliards d'euros par an soit environ 10 % du CA hors taxe des travaux réalisés¹³. Le coût réel est généralement estimé à plus de 15 % du CA. La nonqualité génère ainsi un besoin en rénovation supplémentaire considérable entraînant mécaniquement une surconsommation en ressources et un impact carbone supplémentaire.

L'analyse plus fine des avantages environnementaux de la construction hors site montre des opportunités considérables. Si la limitation des déchets de constructions et la qualité du bâti sont désormais reconnus par le secteur du bâtiment, les études démontrent que ce mode constructif nécessite en réalité moins de transport et est très adapté à l'intégration des matériaux bio et géosourcés. Enfin, la construction hors site est un atout majeur en termes de réversibilité et démontabilité des éléments du bâtiment (fig. 7).

¹³ - Daumas, Marc. « Imaginer : concevoir l'immobilier demain ». GA Smart Building, 2024.

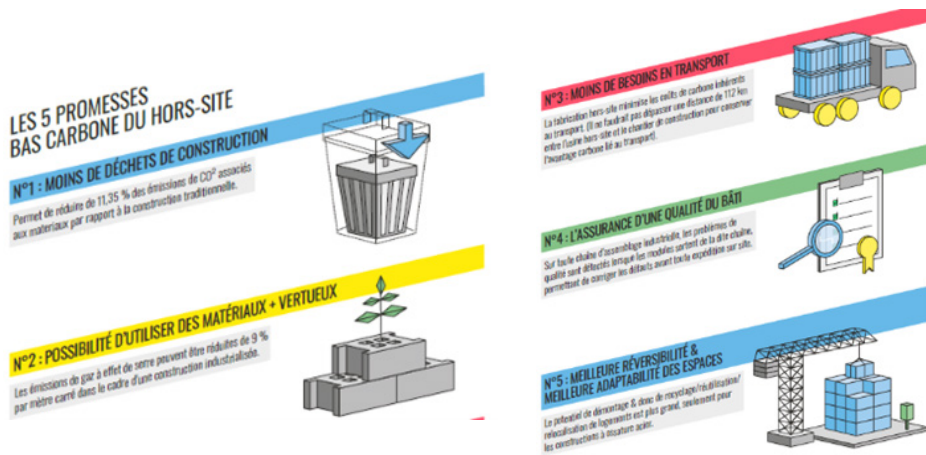


Figure 7. Les bénéfices du hors site en termes de réduction des émissions de carbone © Keys Reim, 2022.

L'étude Batimat réalisée lors du Campus Hors-Site montre que la méconnaissance des procédés est la principale source de doute sur la qualité de la construction hors site. Pour se développer, le secteur doit également encore mailler le territoire français d'usines de production et donc se financer pour capter la demande française qui risquerait se reporter sur les filières étrangères plus avancées.

Enfin le contexte technicoréglementaire et normatif – on peut penser aux Eurocodes notamment – nécessiterait une harmonisation adaptée pour mettre davantage à profit les atouts du hors site, ce dernier répondant bien aux préoccupations environnementales et économiques des pouvoirs publics et de l'ensemble des acteurs de la construction.

Sujet le marché de l'immobilier, la construction hors site et bas-carbone est un argument fort en termes de stratégie ESG. La structuration progressive de cette nouvelle filière et la maîtrise de sa chaîne de valeur s'effectuent au travers de partenariats avec des constructeurs spécialisés et ou des fabricants de matériaux de construction¹⁴...

2.2. Les enjeux de la restructuration et de la réhabilitation

Face aux problématiques liées aux ressources naturelles, la réglementation impulsée par la loi Climat et Résilience¹⁵ pose une limite sur l'artificialisation des sols (zéro artificialisation nette¹⁶) dont l'objectif est la préservation des ressources naturelles notamment des terrains.

¹⁴ - Ibid.

¹⁵ - Loi Climat et Résilience. <https://www.ecologie.gouv.fr/loi-climat-resilience>

¹⁶ - Loi ZAN (zéro artificialisation nette) <https://artificialisation.developpement-durable.gouv.fr/guide-synthese-zan>

Nous savons que 80 % des villes de 2050 existent déjà¹⁷. Il faut imaginer la fabrique de la ville sur elle-même, travailler sur l'existant et sur le bâti, sortir de l'industrialisation de la ville et arrêter l'étalement urbain. L'enjeu réside donc dans l'adaptation du stock existant de bâtiments. Repenser l'usage pour que les bâtiments de demain répondent aux besoins futurs grâce, notamment, à la restructuration et la réhabilitation, plutôt que la démolition puis la reconstruction. Transformer plutôt que démolir. Flexibilité, adaptabilité plutôt que mono-fonctionnalité.

Il s'agit de créer des espaces qui enrichissent leur environnement, qui ajoutent de la valeur à la vie de ceux qui y vivent, mais aussi à l'écosystème qui les entoure. Cette démarche illustre la notion de réversibilité qui permet de transformer et faire durer les bâtiments ; agilité, flexibilité et pérennité¹⁸.

La réversibilité est une solution qui consiste à imaginer, dès la phase conception, un bâtiment évolutif afin qu'il puisse s'adapter dans le temps aux besoins du territoire¹⁹. Anne Demians illustre cette méthode architecturale avec le projet de l'Hôtel de logistique urbaine de Lezennes pour La Poste Immobilier. Ce projet vise à transformer une friche industrielle (ancien centre de tri) en un bâtiment emblématique et adapté à la mutation des activités de La Poste. La particularité du projet réside en la superposition des fonctions ce qui permet d'anticiper le caractère évolutif du bâtiment.

La « matrice » est l'unité de base de 16 m de large, duplicable, 12 fois dans ce projet. Cette matrice est pensée pour accompagner la réversibilité des usages afin d'installer le bâtiment dans la durée²⁰ (fig. 8)



Figure 8. Matrice de l'hôtel logistique urbain (HLU) Lezennes © Architectures Anne Demians.

17 • Boutté, Franck. « Et maintenant on fait quoi ? Récits prospectifs d'atténuation et d'adaptation ». In : MS® IBD, *Net Zero Carbon Strategy in Real Estate and Building Sector, in the World by 2050*, 8-12 avril 2024.

18 • Demians, Anne. « ArchitectureConnaissance/Imagination ». In : MS® IBD, *Net Zero Carbon Strategy in Real Estate and Building Sector, in the World by 2050*, 8-12 avril 2024.

19 • Anne Demians, Architecture Anne Demians, présentation conférence internationale MS®IBD, 9 mai 2024.

20 • OLD, « Fin de cycle d'un bâtiment : quelles stratégies pour quelle empreinte environnementale ? » 03 mai 2023. <https://o-immobilierdurable.fr/fin-de-cycle-dun-batiment-queelles-strategies-pour-quelle-empreinte-environnementale/>

La transformation des actifs existants permettra d'éviter les émissions de carbone liées à la démolition qui est la solution la plus courante mais pas la plus vertueuse. En effet, selon l'outil DémolitionReconstruction, la démolition d'un bâtiment de 1000 m² émet environ 312 tonnes de CO_2 . Au-delà de l'impact carbone, la démolition génère une grande quantité de déchets et alourdit significativement l'impact sur l'environnement²¹. La restructuration fait appel à la modification de la structure du bâtiment afin que celui-ci réponde à de nouveaux besoins, à un nouvel usage (transformation de bureaux en logements, d'un entrepôt en bureaux, aménagement d'une ancienne friche industrielle...). Cette démarche permet d'optimiser l'espace urbain et peut ouvrir de nouveaux espaces en zones tendues.

Lors des travaux de restructuration, la mise en place de technologies et de matériaux biosourcés permettra de réduire l'empreinte carbone et amélioreront l'efficacité énergétique du bâtiment.

La réhabilitation est, quant à elle, le réaménagement d'un bâtiment en gardant l'aspect extérieur et en améliorant le confort. Elle implique la rénovation ou la réutilisation de parties d'ouvrages pour prolonger la durée de vie du bâtiment, et parfois aussi, le changement d'usage. Elle permettra la récupération et le réemploi des matériaux de construction dans l'objectif de la RE2020.

La réhabilitation et la restructuration sont des leviers pour l'amélioration de l'exploitation des bâtiments, enjeu essentiel de la feuille de route SNBC. En recherchant un mix énergétique le plus équilibré possible et en imaginant un bâtiment non plus comme un consommateur et un émetteur de carbone, mais comme un producteur d'énergie et, pourquoi pas, un puits de carbone (hydrogène vert, petit éolien, autoconsommation...), ces modes de transformation accompagnent la transition énergie et carbone.

La transformation des actifs est également synonyme de (re)création de valeur. En effet, la remise aux standards actuels d'un parc obsolète permettra d'augmenter le potentiel des bâtiments existants grâce à la création de surfaces supplémentaires, la transformation vers de nouveaux usages (valeur d'usage) ou encore la création de valeur verte.

Ces actions réalisées dans le cadre d'une réhabilitation ou d'une restructuration peuvent être quantifiées et mesurées en utilisant une approche par « retour sur carbone ». Cette approche consiste à mesurer l'efficacité des actions entreprises en faveur de la réduction des gaz à effet de serre. Elle met en parallèle l'investissement financier réalisé et la diminution des émissions de gaz à effet de serre directes ou indirectes observées²².

21 • Ibid.

22 • Mège, Romain. « Grandes transitions et leurs déclinaisons dans l'acte de construire et d'habiter », ESTP, 2024.

3. Les technologies de décarbonation des matériaux

Les produits et équipements liés à la construction neuve et à la rénovation représentent le second poste d'émission de CO₂ du secteur du bâtiment en France à hauteur de 33 % représentant ainsi 50 millions de tonnes de CO₂/an. Sont inclus dans ce chiffre l'extraction, la fabrication, le transport, la mise en œuvre, le renouvellement et la gestion des déchets des matériaux de construction²³.

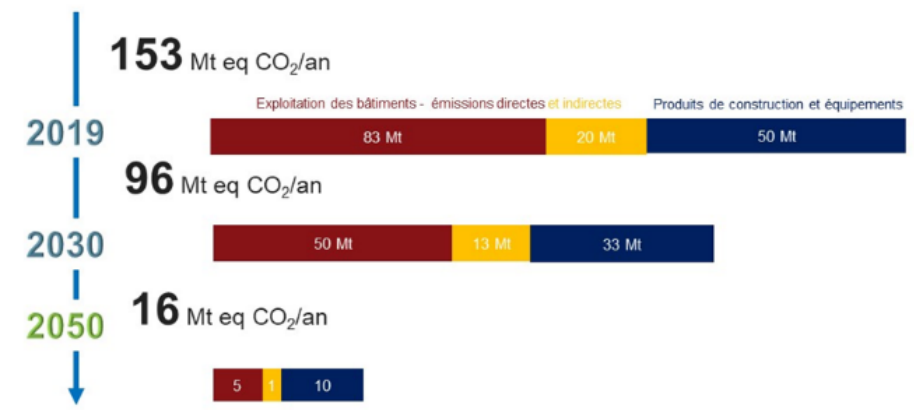


Figure 9. Trajectoire carbone du secteur du bâtiment

© Hans, Julien, 2024 ; Transition écologique et de la Cohésion des territoires, 18 novembre 2020.

L'impact considérable de cette stratégie sur le secteur de la construction implique 80 % (fig. 9) de réduction des émissions liées aux produits de construction et rend essentiel le recours aux transformations suivantes :

- La mise au point de procédés de production permettant de décarboner l'énergie nécessaire à la production des matériaux existants ;
- Le développement de produits écoconçus, plus sobres en ressources et parfaitement adaptés aux usages ;
- L'adaptation des matériaux de structure en décarbonant les bétons et en utilisant plus de produits biosourcés.

23 • Hans, Julien, *op.cit.* ; Mège, Romain, *Ibid.*

3.1. Des procédés high-tech pour décarboner les matériaux

Les industriels font face à deux enjeux majeurs pour réduire l'empreinte carbone des matériaux de construction :

- Produire les matériaux existants bas-carbone en réinventant les procédés et les matières premières ;
- Concevoir de nouvelles solutions pour les modes constructifs bas-carbone et sobres en énergie ;
- La fabrication du verre plat pour les bâtiments bas-carbone.

L'exemple du verre plat pour le bâtiment est représentatif des nécessités de transitions. Du point de vue du matériau il est critique d'adapter les procédés et repenser les matières premières, et en tant que produit les fonctionnalités doivent favoriser la performance environnementale du bâtiment.

Saint-Gobain fabrique du verre plat depuis 1665 et déploie une stratégie d'innovation dont l'ambition est de décarboner la production des matériaux produits d'ici 2050. La technologie Float de production de verre plat (fig. 10) consiste à former une feuille de verre en fusion flottant sur un bain d'étain²⁴.

Sur la base des conclusions des travaux de R&D, le Groupe Saint-Gobain sur son site d'Herzogenrath en Allemagne, a réalisé la première production de verre plat avec 30 % d'hydrogène vert réduisant l'impact de cette production de 70 % en scope 1²⁵.

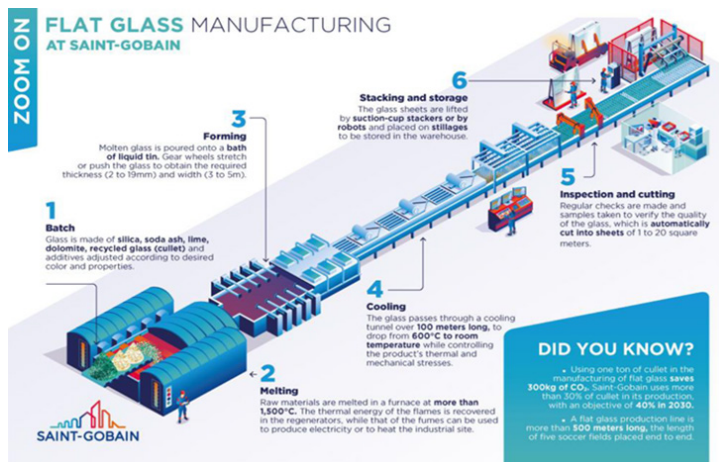


Figure 10. Procédé Float de fabrication du verre plat pour le bâtiment © Hardy, Anne, 2024.

²⁴ Pilkington. « Le Procédé Float, ». Pilkington, s.d.

²⁵ Saint-Gobain. « Communiqué de presse, La première production de verre plat avec plus de 30 % d'hydrogène », 30 mars 2023. <https://www.saint-gobain.com/fr/news/saint-gobain-realise-la-premiere-production-de-verre-plat-avec-plus-de-30-dhydrogene>

La fabrication du verre consiste à mélanger une série de carbonates porteurs de CO₂ se libérant sous l'effet de la chaleur et représentant un tiers des émissions. L'approche la plus directe en termes de gains environnementaux est l'utilisation de verre recyclé, l'ambition de l'industriel étant d'utiliser 40 % de verre recyclé sur l'ensemble de la production de verre plat d'ici 2030²⁶.

La fonctionnalisation du verre représente également un enjeu majeur pour le bâtiment bas-carbone. Le vitrage est obtenu par dépôts de revêtements d'oxyde et d'argent tellement fins qu'ils deviennent transparents (fig. 11). Cette fonctionnalisation permet d'optimiser de manière considérable le confort thermique du bâtiment. Cette barrière thermique passive limite l'utilisation de climatisation en été, et les déperditions de chaleur par temps froid²⁷.

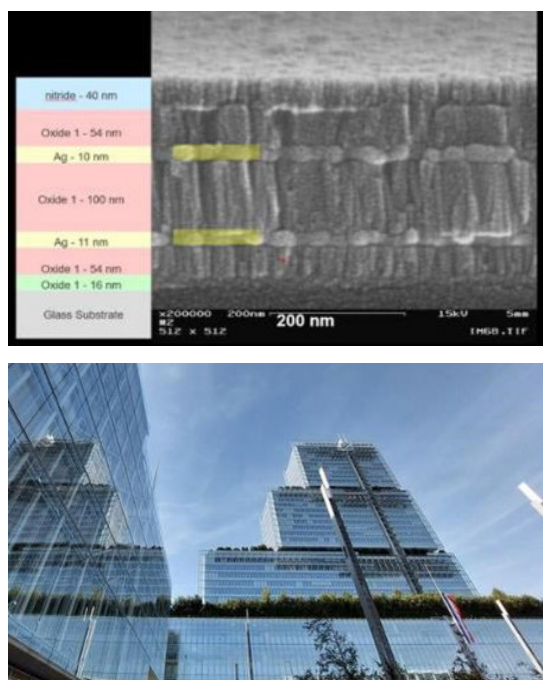


Figure 11. Couche de fonctionnalisation d'un verre plat (en haut) et système de vitrage isolant utilisé sur le tribunal de grande instance de Paris (en bas) © Hardy, Anne, 2024.

²⁶ Hardy, Anne. « Constructing the future of buildings ». *YearBook 2023-2024*, Saint-Gobain, 2024.

²⁷ Ibid.

Fabrication de plaques de plâtres bas-carbone pour le second œuvre

La production de plaques de plâtre nécessite des opérations de déshydratation/séchage pouvant représenter pour une usine une consommation quotidienne de l'ordre de 1 000 MWh de gaz naturel²⁸ (fig. 12).

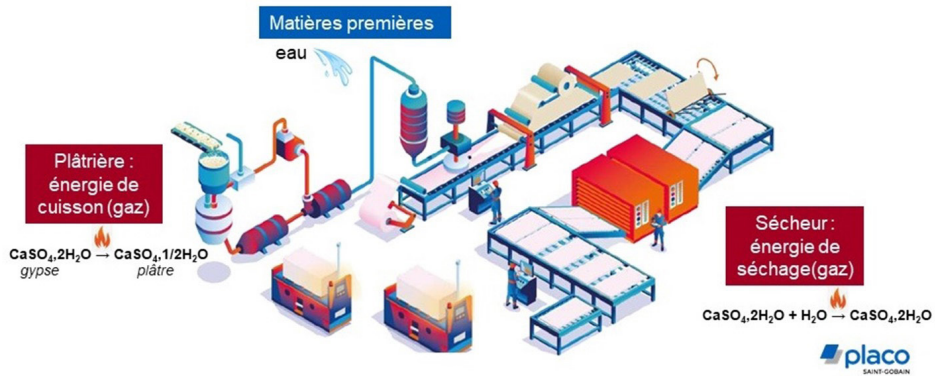


Figure 12. Procédé de production des plaques de plâtre © Saint-Gobain Placo, 21 septembre 2022.

Toujours dans l'objectif d'atteindre la neutralité carbone en 2050, le groupe Saint-Gobain a réalisé un projet innovant d'électrification du procédé de production de son usine de plaques de plâtre de Fredrikstad en Norvège. Ce projet est particulièrement pertinent dans ce pays car 96 % de l'électricité produite est d'origine hydraulique et donc décarbonée. C'est ainsi qu'à fin 2023 cette usine est devenu le premier site au monde de production de plaques de plâtre neutres en carbone. L'impact en termes de réduction d'émission de CO_2 s'élève à plus de 20 000 tonnes par an et permet de développer une offre bas-carbone pour les produits de construction de second œuvre²⁹. Ce type de projet d'électrification pourrait s'étendre à d'autres usines de plaques de plâtre de manière à limiter l'utilisation de gaz naturel. Cependant, dans la plupart des pays l'électrification représente un surcoût par rapport au gaz naturel ce qui augmente le prix des produits. Enfin même si le nucléaire est une énergie décarbonée, il est important pour les industriels de veiller à ce que l'électrification ne se traduise pas par des consommations énergétiques plus importantes dans le cas de procédés avec une forte inertie thermique.

²⁸ « Les industries du plâtre. Au cœur de la construction durable ». Syndicat national des industries du plâtre (SNIP), 2023. <https://www.lesindustriesduplatre.org/>

²⁹ Saint-Gobain. « Communiqué de presse. Saint-Gobain va augmenter ses capacités de production en Norvège et créer la première usine de plaques de plâtre "net zéro carbone" au monde », 24 mai 2021.

3.2. L'approche low-tech pour la construction écologique et durable

Les solutions dites *low-tech* sont conçues pour répondre à des enjeux sociétaux et environnementaux. Les matériaux *low-tech* sont caractérisés par leur sobriété en énergie et en matière pour les concevoir et de frugalité pour leur mise en œuvre³⁰. En termes de ressources, elles sont généralement locales bio ou géosourcée. Cet article décrit deux exemples :

- Le premier projet est sociétal. Il est développé par une organisation caritative et il répond aux besoins de la construction en Ouganda avec d'excellentes performances environnementales.
- Le second est industriel et illustre l'intérêt des matériaux géosourcés en France pour construire à la fois écologiquement et durablement tout en répondant au besoin de confort dans un contexte de changement climatique.

Des briques en argile stabilisé

Situé en Afrique de l'Est, l'Ouganda est un pays en voie de développement au climat tropical modéré. Il compte 49,6 millions d'habitants et l'offre de logements est inadéquate, tant en qualité qu'en quantité. La plupart des maisons rurales sont construites couramment avec des briques cuites de mauvaise qualité, produites localement et consommant beaucoup d'énergie, à cause de l'utilisation de fours rudimentaires³¹ (fig. 13).



Figure 13. Méthode de fabrication traditionnelle des briques en Ouganda © Nambatya, Mauricia. 8-12 avril 2024.

30 • Madec, Philippe. « Mieux avec Moins. L'architecture frugale », In : MS® IBD, *Net Zero Carbon Strategy in Real Estate and Building Sector, in the World by 2050*, 8-12 avril 2024.

31 • Nambatya, Mauricia. « Upscaling innovative appropriate technologies in construction. A case for uptake of Interlocking Stabilised Soil Blocks in tropical housing projects in Uganda » In : MS® IBD, *Net Zero Carbon Strategy in Real Estate and Building Sector, in the World by 2050*, 8-12 avril 2024.

Le fonctionnement de ces fours est très énergivore et conduit à des problèmes environnementaux. Le bilan énergétique des briques fabriquées en Ouganda (*small scale burned brick*) est très mauvais, il est presque six fois supérieur à celle des briques d'argile ordinaires (*general clay brick*). C'est dans ce contexte que l'ONG Haileybury Youth Trust (HYT) Uganda a mis en œuvre un projet de construction durable en formant des jeunes à la construction à l'aide de blocs à emboîter, fabriqués à partir de terre stabilisée et compressée (ISSB) permettant de diviser par plus de dix l'énergie nécessaire pour édifier un mur³² (fig. 14).

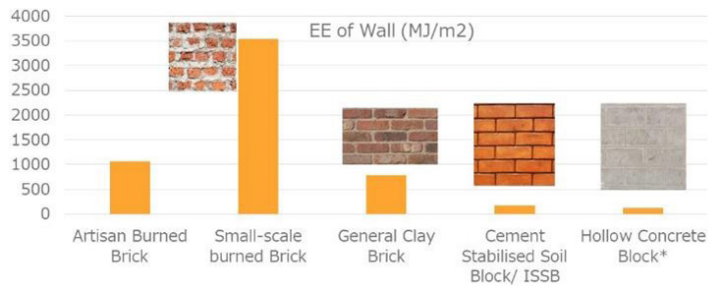


Figure 14. Graphique de l'énergie intrinsèque (EE) des murs en briques cuites, en ISSB et en béton
© Nambatya, Mauricio. 8-12 avril 2024.

Le coût est également un facteur important en particulier en Ouganda où le salaire moyen mensuel s'élève à environ 80 \$. Dans ce contexte, le coût des blocs en béton est prohibitif même si son énergie intrinsèque est inférieure à celle des briques cuites. Les blocs ISSB quant à eux ont un coût de revient au m² très proche des briques traditionnelles (fig. 15). Dans la perspective de la construction durable et de la neutralité carbone, les ISSB deviennent l'alternative la plus appropriée avec un rapport coût/énergie intrinsèque plus optimisé que l'ensemble des autres matériaux disponibles.



Figure 15. Comparatif de coût des matériaux de construction couramment utilisé en Ouganda
© Nambatya, Mauricio. 8-12 avril 2024.

32 • Ibid.

Du point de vue de la méthode de production, les blocs ISSB sont parfaitement adaptés au besoin de la société ougandaise. La matière première est constituée à 90 % de terre argileuse locale disponible sur la quasi-totalité du territoire (fig. 16).



Figure 16. Procédé de fabrication des blocs ISSB © Nambatya, Mauricia. 8-12 avril 2024.

L'impact de cette technologie sur la construction de bâtiment a pu être évalué lors de la réalisation de trois salles de classe (fig. 17) permettant d'économiser 16 tonnes de CO₂ à un coût comparable d'un bâtiment en briques traditionnelle. La fin de vie du bâtiment a également été étudié, étant donné que très peu de mortier est utilisé pour édifier les murs, les blocs ISSB ne sont pas collés et peuvent être démontés et réemployés sur un autre chantier.



Figure 17. Construction d'une école à partir des blocs ISSB © Nambatya, Mauricia. 8-12 avril 2024.

L'ambition de l'HYT Uganda est de disséminer ce mode constructif en formant des étudiants sur tous les aspects de la construction, de la fabrication des blocs à la finition. Les compétences sont transférables à n'importe quel chantier, ce qui permet aux diplômés d'accéder à des emplois dans le secteur de la construction en Ouganda, secteur actuellement en plein essor.

Ce déploiement se heurte toutefois à quelques limites comme l'acquisition de la machine de fabrication de blocs (1 200 USD), le recrutement des jeunes de communauté locale, le manque d'ambassadeurs de la technologie auprès des architectes et des ingénieurs Ougandais ou encore la certification des bâtiments : du fait de la variabilité des caractéristiques des terres, il est difficile de produire un plan de contrôle robuste des blocs ISSB pour répondre aux exigences de la norme Ougandaise³³.

La généralisation de la technologie blocs ISSB à faible technicité, pour être un succès, doit être associée à une politique de logement favorisant la construction respectueuse de l'environnement, et limitant le réchauffement climatique de façon à ce que les entrepreneurs locaux s'intéressent à ce mode constructif durable.

Utilisation des terres d'excavation dans les modes constructifs modernes

Saint-Gobain Distribution Bâtiment France a repensé la construction à base de terre crue et en particulier comment coupler ce matériau historique aux modes constructifs actuels de manière à conjuguer développement durable et performance du système constructif. La matière première utilisée est de la terre d'excavation générée à partir de chantiers et qui est donc recyclée en tant que matériau de construction pour fabriquer les murs de bâtiments. Cette approche est une alternative environnementale à l'utilisation du béton qui utilise du ciment (très carboné) et du sable alluvionnaire qui se raréfie³⁴.

Les terres sélectionnées proviennent de gros projets de construction nécessitant des travaux d'excavation pour construire un ouvrage. La terre excavée et ensuite criblée et combinée avec une fibre biosourcée, comme le chanvre et un liant hydraulique bas-carbone³⁵ (fig. 18).

Le système constructif présenté est dédié principalement à la construction de maisons individuelles à ossature bois.

33 • Ibid.

34 • Point P. « Communiqué de presse. Point P lance Terlian », 13 novembre 2023.

35 • CSTB. « Appréciation Technique d'Expérimentation n° 3221_V1 ». POINT P SAS, 2023.

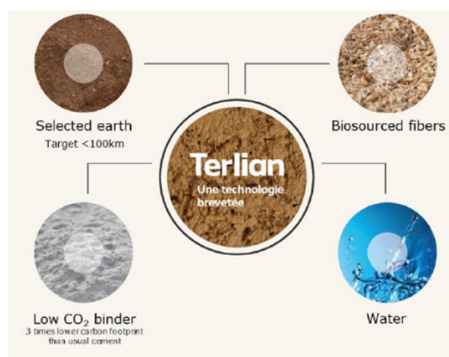


Figure 18. Principe du procédé Terlian® et configuration de mur en maison ossature bois
© Hardy, Anne, 2024.

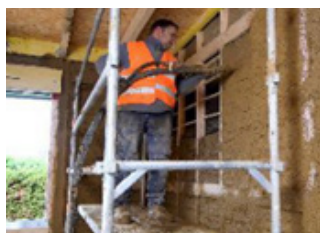


Figure 19. Procédé de fabrication d'une maison individuelle avec la technologie Terlian®.

La technologie Terlian® se positionne pleinement dans la stratégie de la RE2020. En plus du faible impact environnemental des matières premières – si on prend comme ouvrage de comparaison un voile de béton standard – l'utilisation de la terre crue démontre des performances particulièrement différenciantes en ce qui concerne le confort des occupants. Les études menées à la fois en simulation numérique et par instrumentation des chantiers démontrent l'amélioration du confort d'été des logements ainsi qu'une régulation de l'humidité par temps froid (fig. 20)³⁶.

36 • Hardy, Anne, *op. cit.*

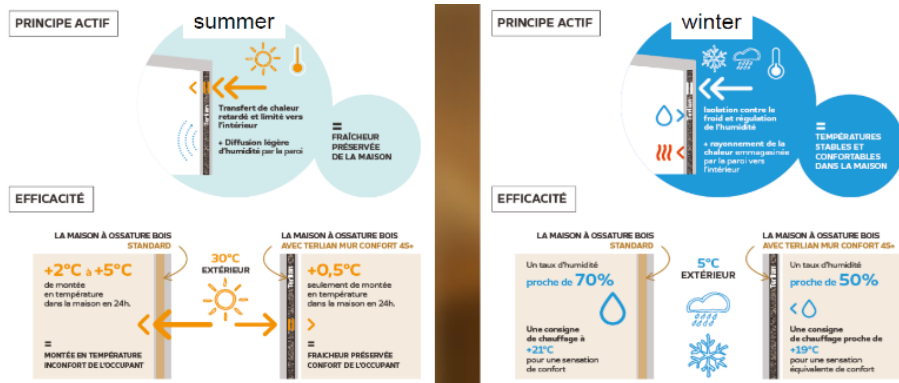


Figure 20. Comparaison des performances de confort d'été et humidité d'une maison individuelle avec des murs Terliant® ou en béton traditionnel © Hardy, Anne, 2024.

3.3. Le cas des matériaux de structures

Le matériau de structure le plus utilisé du xx^e siècle reste le béton. En France, 82 % des logements collectifs et 74 % des bâtiments tertiaires sont construits en béton. Les données de l'Observatoire E+C- montrent que les lots liés au gros œuvre (fondations, infrastructure et superstructure) – essentiellement en béton et en acier – représentent entre 25 % et 36 % de l'empreinte carbone des bâtiments en structure béton, soit $244 \text{ kg}_{\text{eq}} \text{CO}_2/\text{m}^2$ pour le logement collectif et $335 \text{ kg}_{\text{eq}} \text{CO}_2/\text{m}^2$ pour le tertiaire³⁷. L'impact est donc considérable et les fabricants doivent faire évoluer ce matériau pour répondre aux exigences de la SNBC.

Le béton traditionnel est riche en ciment Portland, ce liant hydraulique est constitué d'une roche synthétique, le clinker, responsable de 7 % des émissions de CO_2 au niveau mondial. Le développement des bétons bas-carbone se concentre donc sur la mise au point de liants bas-carbone en substituant ce clinker par des sous-produits de l'industrie sidérurgique, tel que le laitier de haut-fourneau pour produire des ciments dit « CEM III » (fig. 21). Les technologies les plus avancées proposées par Ecocem permettent d'atteindre 90 % de réduction d'impact carbone et sont déjà utilisées pour la préfabrication (fig. 22).

37 • IFPEB, Carbone4. « Quels enseignements de la conversion de l'Observatoire E+C- avec les indicateurs de la RE2020 » 2023.

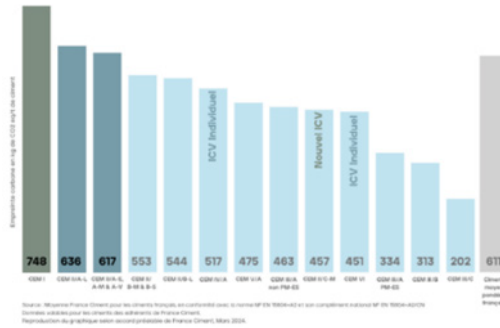


Figure 21. Emprise carbone des ciments normalisés © Infociments, mars 2022.



Figure 22. Voussoir du Grand Paris Express avec le liant dont l'impact CO2 réduit de 90 %
© Grand Paris Express, 10 février 2022.

Cette technologie de béton rencontre tout de même des limites en ce qui concerne le béton prêt à l'emploi (transporté par camion toupies sur chantier) traditionnellement utilisé pour la construction des bâtiments. En effet, bien que les résistances à long terme soient équivalentes voire supérieures à un béton traditionnel, les performances à court terme sont beaucoup plus faibles et augmentent le temps avant décoffrage (paramètre d'efficacité et de rentabilité très important) ce qui ralentit le rythme de construction. De plus, les gisements de laitiers sont limités et inégalement répartis au niveau mondial. À plus long terme l'avenir de ce type de technologie est également dépendant de la qualité des laitiers produits par une industrie sidérurgique qui elle-même, effectue la transition énergétique et carbone de ses propres procédés. En effet, l'effort de R&D pour les temps de prise du béton obtenus par des procédés bas-carbone risque d'être non négligeable.

Bouygues Immobilier s'illustre par la mise au point d'un béton bas-carbone prêt à l'emploi et la réalisation d'une quinzaine d'opérations de bâtiment sur le territoire français

avec un liant hydraulique sans clinker (fig. 24) ce qui permet au groupe Bouygues d'afficher une réduction globale de 70 % de l'empreinte carbone des bétons produits³⁸ (fig. 23)

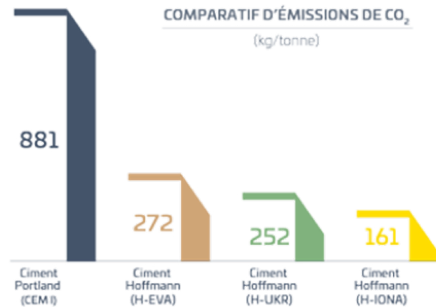


Figure 23. Impact carbone des ciments 0 % clinker d'Hoffmann Green © Ciments Hoffmann.Green 2022.



Figure 24. Façade en béton prêt à l'emploi en ciment 0 % de clinker © Fabre, Maël, Ouest-France, 24 avril 2024.

Si les bétons bas-carbone permettent d'améliorer le bilan de la production de ce matériau traditionnel, la problématique du « tout collé »³⁹ reste une caractéristique pénalisante de ce matériau en ce qui concerne la fin de vie du bâtiment. Dans ce contexte, la RE2020 met en avant le bois en tant que matériau de structure pour les bâtiments bas-carbone. Son utilisation dans le bâtiment permet des chantiers plus rapides, grâce à l'utilisation d'éléments préfabriqués et donc démontables (fig. 25)

Le bois est le matériau bas-carbone par excellence : sa transformation nécessite peu d'énergie et, lorsqu'il est utilisé en circuit court, son empreinte carbone est très faible. Chaque mètre cube de bois permet de stocker au cours de sa vie dans le bâtiment

38 • « Le béton bas-carbone, un matériau à faible impact environnemental », Bouygues Construction, 2022. <https://www.bouygues-construction.com/innovation/toutes-nos-innovations/le-beton-bas-carbone>

39 • Les éléments en béton sont généralement collés ensemble de manière définitive, soit parce qu'ils ont été coulés les uns sur les autres, soit parce qu'ils ont été jointoyés par un mortier de scellement.

jusqu'à 800 kg de CO₂. Si un bâtiment neuf zéro émission carbone est une illusion, le mode de calcul de la RE2020 prend en compte le stockage temporaire de carbone des matériaux, en intégrant suffisamment de bois il est donc envisageable de respecter la trajectoire de la SNBC et l'objectif zéro émission nette en 2050 (fig. 26). La construction bois ne représente aujourd'hui que 4,1 % des logements collectifs et 11,3 % des maisons individuelles. Cependant le développement de la construction bois en France est très dynamique avec plus de 10 % de croissance par an en France⁴⁰. On notera toutefois que l'utilisation du bois connaît aussi certaines limites et ne peut constituer l'unique alternative au béton. En effet la filière bois française est loin d'être suffisamment bien structurée pour produire du bois de construction en quantité et qualité suffisantes et la forêt française elle-même, bien que vaste et en croissance, est fragilisée voire en danger⁴¹.

La RE2020 implique une sobriété dans l'utilisation des matériaux, c'est-à-dire les utiliser en quantité adéquate en tirant la meilleure partie de leurs propriétés intrinsèques.



Figure 25. Le Grand Palais éphémère à Paris, construit en structure bois © Jean-Michel Wilmotte & Associés, 2021.

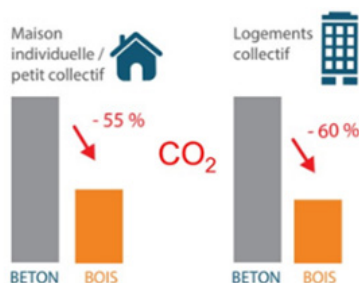


Figure 26. Réduction moyenne en impact CO₂ de la construction bois par rapport au béton traditionnel
© France Bois Forêt, Codifab, 19 juillet 2023.

40 • « Enquête nationale de la construction bois 2022 ». France Bois Forêt, Codifab, 19 juillet 2023.

41 • Jean-Michel Wilmotte & Associés. « Grand Palais éphémère », 2021. <https://www.wilmotte.com/projets/grand-palais-ephemere/>

Le béton est extrêmement performant en compression mais présente des performances très faibles en flexion et traction, ce qui est l'inverse pour le bois. Dans ce contexte la tendance du secteur de la construction de bâtir en monomatériau n'a plus de sens du point de vue du dimensionnement des structures. Les enjeux de sobriété impliquent désormais la nécessité d'utiliser le « bon matériau au bon endroit » comme l'indique Romain Mège. Les réglementations RE2020 et SNBC conduiront à une montée en puissance de solutions techniques hybrides associant plusieurs matériaux. Malheureusement, les Eurocodes en vigueur pour le dimensionnement des ouvrages restent extrêmement « silotés » et les professionnels de la construction ne disposent que de très peu d'outils pour concevoir et calculer une construction multimatériaux optimisée⁴².

4. L'enjeu de la circularité dans la sobriété du cycle du vie du bâtiment

L'analyse économique réalisée par les Nation Unies en matière de circularité montre l'importance du découplage de la croissance économique de l'utilisation des ressources naturelles et des intrants⁴³, dans l'objectif de :

- Minimiser le taux extraction/consommation des ressources ;
- Maintenir une production de déchets en quantité inférieure à ce qui peut être transformé et recyclé ;
- Concevoir des bâtiments durables favorisant : l'entretien, la réparation, la réutilisation, le partage, la préfabrication, la remise à neuf et le recyclage (fig. 27).

L'atteinte de l'objectif de neutralité carbone en 2050 implique de réduire drastiquement le coût environnemental des matériaux et donc de mettre la circularité au cœur de l'économie de la construction avec deux piliers primordiaux le recyclage et le réemploi.

⁴² • Mège, Romain, *op. cit.*

⁴³ • United Nations Economist Network. « New economics for sustainable development, circular economy » 2021.

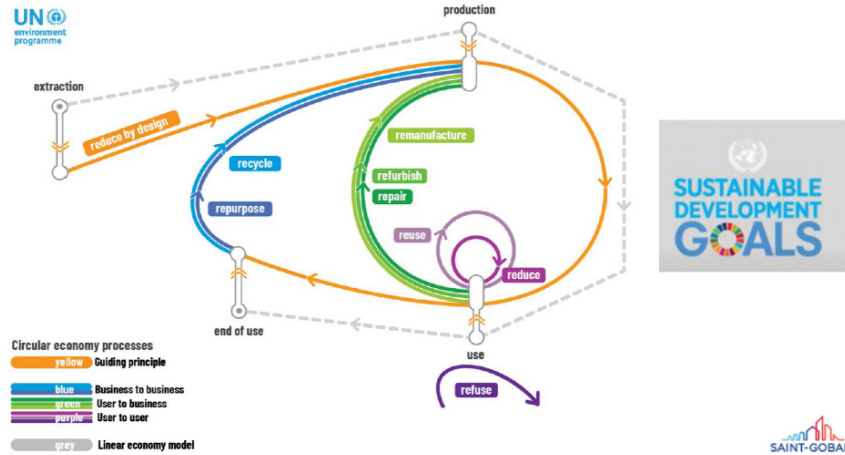


Figure 27. Le processus d'économie circulaire défini par les Nations unies

© United Nations Economist Network, 2021.

4.1. Les solutions de matériaux recyclés

Selon l'ADEME, le secteur du bâtiment génère chaque année plus de 42 millions de tonnes de déchets en France. Les deux tiers sont des déchets inertes (béton, gravats, tuiles, briques, etc.), et le reste, à peu près 15 millions de tonnes, des déchets dits « non inertes », en général non dangereux⁴⁴.

La première catégorie est principalement constituée par le béton et le bois qui affichent des taux de recyclage d'environ 80 %. Le béton est largement recyclé en sous-couche routière et le bois est pour moitié valorisé énergétiquement et le reste en panneaux de particules pour la construction. La seconde catégorie rassemble d'autres produits tels que les plastiques, les isolants minéraux, le plâtre... Et leur taux de recyclage s'élève à environ 20 %.

De manière à favoriser la valorisation des matériaux de construction, le ministère de la transition écologique a défini en 2022 le cadre général des filières à responsabilité élargie des producteurs, aussi appelé la REP. Il s'agit en d'autres termes d'un principe de pollueur-payeur : l'entité qui met sur le marché un produit est responsable opérationnellement et financièrement de la gestion de sa fin de vie⁴⁵.

Cela se traduit par l'obligation d'organiser la collecte, le tri de la fin de vie des produits et leur traitement, et est une incitation significative au recyclage.

⁴⁴ • Commissariat général au développement durable, *op. cit.*

⁴⁵ • « Les Filières REP, qu'est-ce que c'est ? », Ministère de la Transition écologique, juin 2023.

En pratique, un producteur adhère à un éco-organisme auquel il délègue cette responsabilité. Pour chacun de ces produits le producteur paye une éco-contribution qui va permettre à l'éco-organisme de gérer le traitement des déchets en fin de vie. Cette éco-contribution est désormais visible par les consommateurs puisqu'elle est affichée sur leur facture (fig. 28).

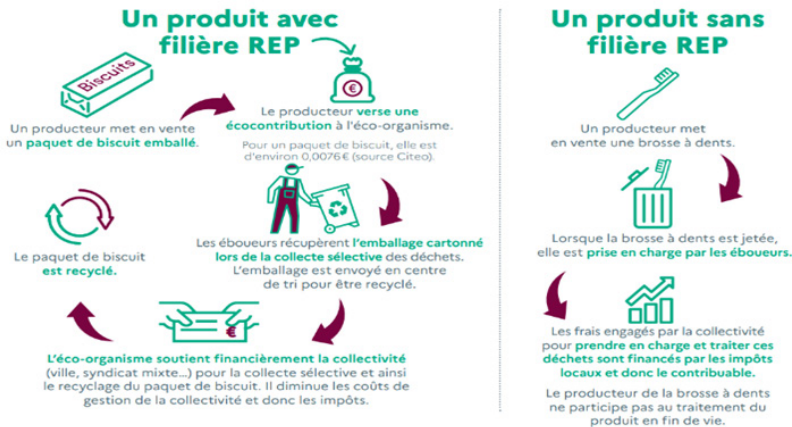


Figure 28. Intégrer le recyclage dans l'ADN de son produit selon la REP
© Ministère de la Transition écologique, juin 2023.

La première conséquence pour le secteur du bâtiment suite à l'entrée en vigueur de la REP a été la mise en place d'une collecte permettant le tri à la source avec un système de reprise sans frais. À condition d'apporter sur un point d'apport volontaire, les déchets de bâtiment triés séparément selon un cahier des charges permettant le recyclage ultérieur.

Cette collecte a pu être réalisée grâce à l'implication des enseignes de distribution des produits du bâtiment. Selon la taille, selon la vocation des points de vente, les bons contenants, adaptés aux conditions locales de surface disponible ont été déployés. Les distributeurs de matériaux de construction ont compris qu'ils devaient impérativement proposer à leurs clients ce service de collecte gratuite de la manière la plus efficace possible (fig. 29).

La mise en place de la REP et le développement de l'activité des éco-organismes ont permis de créer de nouveaux gisements de matières premières recyclées à la fois plus favorables d'un point de vue environnemental mais également plus économique que l'extraction et la transformation de matières premières naturelles. Certains industriels ont saisi cette opportunité pour développer des produits innovants en matière de circularité, soit en concevant le matériau recyclable à partir de la matière recyclée - ce qui

est le cas de Saint-Gobain Placoplatre, avec sa gamme de plaque Placo® Infinalé 13⁴⁶ – soit comme le fait la société Buitex en transformant une matière recyclée tel que les textiles en matériaux d'isolation⁴⁷ (fig. 30, fig. 31).

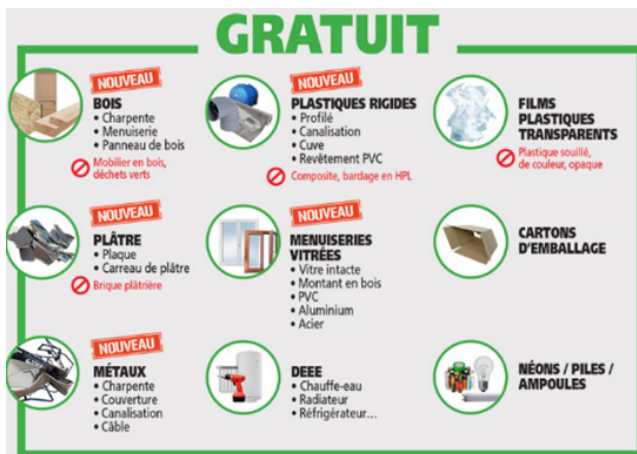


Figure 29. Déchetterie REP, la plateforme du bâtiment © Ministère de la Transition écologique, juin 2023.



Figure 30. Placo® Infinalé contenant 50 % de plâtre recyclée © Saint-Gobain Placo, 21 septembre 2022. (Gauche)

Figure 31. Buitex® Cotonwool Flex 25 en 100 % fibres recyclées © Buitex, 2023. (Droite)

46 • « Placo® Infinalé 13, la première plaque de plâtre composée à plus de 50 % de plâtre recyclé ». Saint-Gobain Placo, 21 septembre 2022. <https://www.placo.fr/nous-connaître/nos-innovations/page-editoriale-article/placor-infini-13-la-premiere-plaque-de-platre-composee-de-plus-de-50-de-matiere-recyclee>

47 • « Buitex : recyclage et revalorisation de matériaux en isolants ». Buitex, consulté en 2023. <https://www.buitex.com/>

4.2. Le réemploi et la nécessité de concevoir différemment

Le réemploi consiste à utiliser pour de nouveaux projets des matériaux, équipements et structures existants provenant de bâtiments ou de sites antérieurs. Cette technique implique la possibilité d'une déconstruction sélective des bâtiments, permettant alors de prolonger le cycle de vie des matériaux par leur réemploi avec un impact considérable sur l'environnement puisqu'un matériau réemployé est considéré comme neutre par la RE2020 en termes de ressources et d'énergie de production. L'étape initiale de l'opération de réemploi consiste à réaliser un diagnostic des ressources afin de répertorier les composants d'un bâtiment sur les chantiers de déconstruction ou de rénovation. Il s'agit de qualifier et quantifier le gisement réemployable. Sur un projet, le réemploi se décompose en trois modalités opérationnelles :

- *in situ* pour un réemploi sur le même projet ;
- *ex situ* pour sa remise en œuvre sur un autre chantier ;
- utilisation de gisements extérieurs pour intégrer un matériau dont l'usage a été généralement détourné.

Le réemploi, en particulier *in situ*, est un des piliers majeurs de l'approche de l'architecture frugale développé par Philippe Madec⁴⁸ permettant de redéfinir les usages d'une partie des matériaux adaptés aux besoins de réhabilitation des bâtiments ou de quartier. Cette approche a été mise en œuvre par exemple pour la construction de la médiathèque James Baldwin, rue Jean Quarré : la nécessité de décroïsonnement de l'espace a conduit à démonter les planchers béton, produisant un gisement de dalles réutilisables pour les espaces extérieurs du bâtiment (fig. 32).



Figure 32. Opération de réemploi *in situ* des planchers béton en dallage de l'espace public sur la médiathèque Jean Quarré © Madec, Philippe, 8-12 avril 2024.

48 • Madec, Philippe, *op. cit.*

Cette approche locale centrée sur le changement d'usage des matériaux permet un réemploi en circuit court limitant les problèmes de logistique, de stockage et permettant de s'affranchir de la nécessité de requalifier le matériau par rapport à son usage initial.

En termes de massification du réemploi, l'approche ex situ démontre un potentiel considérable. Cependant elle nécessite de repenser les modes de conception des bâtiments en les adaptant au gisement de matériaux de réemploi disponibles (fig. 33). Il s'agit de l'approche de l'entreprise d'architecture danoise Landager, qui conçoit les bâtiments avec en moyenne 30 % de matériaux de réemploi⁴⁹. Pour y parvenir des processus spécifiques ont été mis en place :

- Des études d'identification des chantiers de déconstruction et une analyse fine des opportunités de réemploi ;
- Une logistique d'extraction, de reconditionnement et de stockage permettant à l'entreprise de disposer d'une matériauuthèque ;
- Un système d'évaluation technique et assurantiel spécifique permettant d'obtenir un passeport pour le réemploi du matériau.



Figure 33. Réemploi d'un mur en brique en élément de bardage © Bang Kiertzner, Anders, 8-12 avril 2024.

⁴⁹ • Bang Kiertzner, Anders. « Form follows availability ». In : *MS® IBD, Net Zero Carbon Strategy in Real Estate and Building Sector, in the World by 2050*, 8-12 avril 2024.

En France, les études présentées par Romain Mège⁵⁰ montrent que pour atteindre la neutralité carbone à 2050, le réemploi des matériaux qui ne représente que quelques pourcents à ce jour devra devenir la source principale à cette échéance (fig. 34). Si la culture de matériauuthèque s'installe progressivement au travers de sociétés comme Cyneo ou CycleUp, les problématiques d'assurabilité restent considérables. Cette situation est notamment liée aux codes de dimensionnement qui ont été développés pour des matériaux sortant d'usine, calibrés pour présenter une très faible dispersion de leurs propriétés. Dans le cadre du réemploi, il revient donc aux constructeurs la lourde tâche de démontrer que la qualité intrinsèque des matériaux destinés au réemploi est suffisante pour conserver la conformité des performances lors du second cycle de vie. C'est pour promouvoir ce type d'initiative que différents acteurs de l'architecture et de la construction réclament l'implication des pouvoirs publics au travers de mesures incitatives telles que la baisse de la TVA sur ce type de matériaux⁵¹.



Figure 34. Évolution des sources de matériaux de construction de 2020 à 2050 © Mège, Romain, 2024.

Conclusion

Les technologies high-tech et *low-tech* (ou *right-tech* selon Philippe Madec) représentent un moyen essentiel pour répondre à l'ambition de la Stratégie nationale bas-carbone (SNBC) décrivant la politique d'atténuation du changement climatique en France avec l'objectif d'atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050.

Le développement des nouveaux modes constructifs tel que la construction hors site est critique car cette technologie constructive permet de combiner l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments avec leur démontabilité/réversibilité. La construction hors site représente donc un facteur de croissance majeur pour le réemploi et l'adaptabilité des espaces des bâtiments. Les développements techno-

⁵⁰• Mège, Romain, *op. cit.*

⁵¹• Madec, Philippe, *op. cit.*

logiques dans ce domaine doivent s'accélérer en particulier pour répondre à grande échelle aux besoins du secteur de la rénovation.

La démarche de réemploi est structurante pour l'ensemble des stratégies/réglementations en France (SNBC, RE2020, REP...) car elle permet la prolongation du cycle de vie des matériaux avec un impact positif considérable sur l'environnement puisqu'un matériau réemployé est considéré comme neutre en termes de ressources naturelles et d'énergie de production.

Les modes constructifs présentés lors de la Conférence internationale 2024 du MS®IBD sont un facteur clé de la transition environnementale du secteur du bâtiment. Les initiatives existantes font majoritairement appel aux ressources locales, que ce soit la terre crue ou excavée pour réaliser des briques ou encore les matériaux de réemploi issus de chantiers de démolition pour les nouveaux usages du bâtiment construit ou rénové.

En ce qui concerne la réduction des émissions de GES des produits de construction courants, une transition technologique a été amorcée avec pour objectif de développer massivement le remplacement des énergies fossiles par des énergies à fort potentiel de décarbonation.

Des progrès technologiques considérables ont également été réalisés pour décarboner en partie les matériaux de construction (béton, verre, plâtre, isolants...) et pour développer les matériaux bio et géosourcés (bois et terre crue) qui sont appelés à prendre une place prépondérante dans le mix constructif à l'horizon 2050.

Le recyclage est avec le réemploi le deuxième pilier en matière de circularité. Certaines filières du secteur de la construction fonctionnent depuis des années déjà en circuit fermé (entreprise métallurgique) néanmoins la mise en place de la REP incite désormais considérablement l'ensemble des fabricants à considérer leurs déchets comme une réelle matière première qu'ils doivent collecter, conditionner et réintégrer dans leur process de production. Cette approche a permis des développements majeurs de produits en matière de circularité et écoconception permettant d'envisager d'ici 2050 une large gamme de matériaux produits quasi exclusivement à partir des déchets qu'ils génèrent.

Sur l'ensemble de notre analyse il ressort que les technologies, qu'elles soient high-tech ou *low-tech*, ont pour objectif de parvenir à révolutionner les processus de production de l'existant, d'apporter de la frugalité dans les usages que ce soit en termes de construction ou utilisation des bâtiments et enfin de prolonger le cycle de vie des ouvrages et enfin de préserver les ressources minérales biologiques et énergétiques.

Nous devons réinventer nos processus, notre façon de bâtir et d'exploiter et porter une émulation collective afin d'impulser une démarche d'innovation alignée avec les objectifs de neutralité carbone dans un avenir proche.

Introduction

The urgency of the global climate crisis requires us to rethink the way we design, build, operate and manage buildings. Whether taking a low-tech approach or using cutting-edge technology, there are many ways to tackle the ecological transition. In response to the challenges involved in creating sustainable buildings, we can categorize three types of solutions: optimization of energy efficiency, low-carbon materials and sustainable construction processes.

Energy optimization is part of building performance. This aspect, which is governed by regulations and offers a wealth of technical solutions, will not be developed further in our analysis.

The conferences given during the international week of the Master in Sustainable Real Estate and Building (IBD MS) on the theme of "High-Tech versus Low-Tech Technologies for Sustainable Buildings" offered an opportunity to explore the issue in greater depth through the following themes: new construction methods, sustainable building materials and the need to create differently, and lastly, an approach to building circularity, to imagine and develop an innovative environmental approach.

We are aware that the construction sector's ecological and environmental transition requires a comprehensive approach, taking into account environmental, social and economic aspects. We will be concentrating mainly on the environmental approach and its technical aspects.

1. Major transitions and their impact on how we build and live

Like all sectors of the global economy, the building sector is facing profound upheavals linked to the current and future energy transition. In France, this sector accounts for almost 25% of greenhouse gas emissions (153 million tons of CO₂) and 44% of energy consumption.⁵² It is urgent that the players involved commit to reviewing the construction model and the way buildings are used.

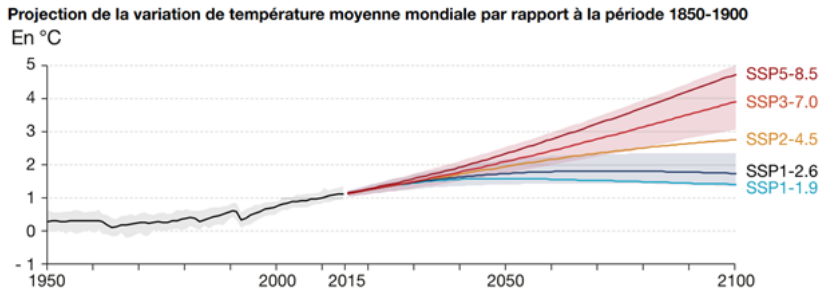
Our analysis will first focus on the major shifts facing the construction industry under the environmental transition, then illustrate solutions already in place or under development in terms of materials, new construction methods and circularity.

1.1. *The environment and climate change*

⁵² • Hans, Julien. « Quels défis à relever pour tenir la trajectoire de transformation du parc existant sur les grands enjeux d'adaptation et de transformation lié au changement climatique ? », CSTB, 2024.

The greenhouse effect is a natural phenomenon that contributes to the Earth's climate equilibrium, trapping some of the sun's rays in the atmosphere. Since the various industrial revolutions, it has been intensified by the development of human activities and is now abnormally high, causing a rise in temperatures (global warming) and thus a clear set of consequences that we can all observe: climate change.

The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), which assesses the state of knowledge on climate change, its causes and impacts, has produced scenarios for temperature rises of between +1.9°C and +8.5°C between 1990 and 2100 (cf. fig.1)⁵³.



Source : Giec, 1^{er} groupe de travail, 2013

Figure 1. Projected change in global average temperature compared with the period 1850-1900

© F. Stocker, Thomas, Dahe Qin, GianKasper Plattner, et al. « Changements climatiques 2013. Les éléments scientifiques ». GIEC, 2013.

The consequences of global warming observed and predicted by climatologists and scientists are numerous. They include melting ice, rising sea levels, heatwaves, flooding, clay shrinking and swelling, and so on. These effects will lead to major population displacements. Today's climate risks will become tomorrow's climate events, with a tenfold increase in frequency and intensity. Extreme events are set to become more common, which will necessarily lead to new extreme phenomena emerging, with a major impact on populations.⁵⁴

In order to reduce greenhouse gas emissions, France has committed to developing its National Low Carbon Strategy (SNBC), with the aim of achieving carbon neutrality by 2050 (cf. fig 2).

To design and develop a low-carbon construction sector and encourage low-carbon operations, promote the renovation of existing buildings (residential and commercial) and increase the performance levels of new buildings, our study will focus on several approaches, between modernity and minimalism, high-tech and low-tech.

⁵³ F. Stocker, Thomas, Dahe Qin, GianKasper Plattner, et al. « Changements climatiques 2013. Les éléments scientifiques ». GIEC, 2013.

⁵⁴ Mège, Romain. « Grandes transitions et leurs déclinaisons dans l'acte de construire et d'habiter ». ESTP, 2024.

Évolution des émissions et des puits de GES sur le territoire français entre 1990 et 2050 (en MtCO₂eq). Inventaire CITEPA 2018 et scénario SNBC révisée (neutralité carbone)

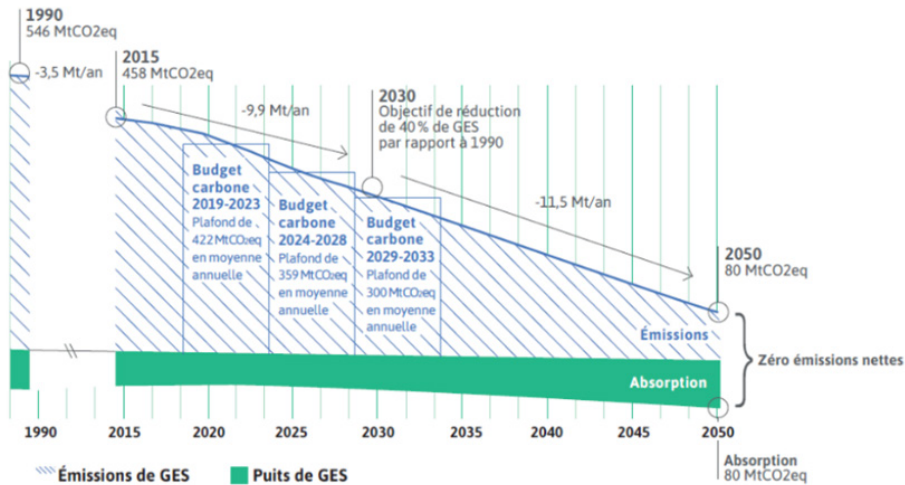


Figure 2. Changes in GHG emissions and sinks in France between 1990 and 2050 (in Mt CO₂eq) © Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires. « Stratégie nationale bas-carbone ». ecologie.gouv.fr, 2020.

1.2. Depletion of natural resources

To maintain its economy and meet the needs of its population, such as housing, transport, food, etc., France uses around 700 million tons of raw materials every year (900 million in the early 2000s).⁵⁵

These raw materials come from ecosystems and may be renewable (such as biomass, water to a certain extent, fishery resources and energy) or non-renewable (such as minerals and fossil fuels). In the energy sector, natural resources include fossil fuels such as gas, oil, coal and uranium used in nuclear power generation.

In Europe, 31% of natural resources are used in the construction and renovation of buildings, generating the greatest proportion of waste.⁵⁶ To meet the challenges of resource scarcity, waste management and population growth, controlled use of resources is essential, from the design phase right through to the end of a building's life. Renewable energy (RE) is developing, to gradually replace other types of energy. However, the large-scale development of RE is increasing the need for metals and rare-earth

⁵⁵ - Commissariat général au développement durable. « L'utilisation des ressources naturelles », 2023.

⁵⁶ - Agence européenne pour l'environnement (AEE). L'environnement en Europe : état et perspectives 2010 - Synthèse. Luxembourg : Office des publications officielles de l'Union européenne, 2010.

elements, which are available in limited quantities⁵⁷ and increase our dependence on other countries such as China.

The 2020 Environmental Regulation (RE2020) introduces the concept of life cycle assessment (LCA), the aim of which is to assess a building's environmental impact over its entire life cycle, from the extraction of raw materials to demolition and recycling of materials. The aim of RE2020 is to go beyond the 2012 Thermal Regulation by taking an in-depth look at the overall environmental impact of a building, including the manufacturing of materials, construction, operations and end of life (cf. fig. 3).



Figure 3. The 7 stages of life cycle assessment © « RE2020 : 7 étapes pour réaliser l'analyse du cycle de vie (ACV) d'un bâtiment », Locabri.

RE2020 sets out three main principles: encouraging restrained energy use, guaranteeing thermal comfort in buildings (particularly in summer) and reducing new buildings' carbon footprint through an LCA approach. On this last point, the regulations establish objectives in terms of GHG emissions for building materials. As a result, processes are being decarbonized, recycling is being developed, and geo- and bio-sourced materials are being used on a wider scale. At the same time, designers are turning to new construction methods, such as off-site construction and the transformation of existing buildings.

1.3. Decarbonizing energy in the building sector

The building sector emits 160 million tons of CO₂ equivalent/year from construction processes and the overall management of existing stock. Two-thirds of these emissions are linked to operations (direct and indirect emissions) and one-third to construction products and equipment.⁵⁸

⁵⁷ • Ni, Jérémie. « Le rôle de nouvelles énergies dans la ville de Shenzhen en Chine ». In: MS® IBD, Net Zero Carbon Strategy in Real Estate and Building Sector, in the World by 2050, 8-12 avril 2024.

⁵⁸ • Hans, Julien. « Quels défis à relever pour tenir la trajectoire de transformation du parc existant sur les grands enjeux d'adaptation et de transformation lié au changement climatique ? », CSTB, 2024.

Through RE2020, new construction has the potential to meet the objectives and trajectory set by the SNBC. This is the fruit of a process launched in 2003, with the creation of the first Environmental and Health Declaration Sheet (FDES). RE2020 requires the systematic use of FDES to establish LCAs for buildings. This practice, along with improved energy performance during the operations phase, is part of obtaining the environmental certifications that have become essential to the success of a new-build project. The issue of decarbonizing the building sector therefore mainly concerns the existing stock, which represents 100 million tons of CO₂ equivalent per year.

The challenge is to define an approach to mass renovation, which concerns 33 million homes and 1 billion m² of commercial space. The approach involves having perfect knowledge of the building stock, designing a solution that can ideally be duplicated, and then deploying it on a mass scale.

The culture of performance is also a lever for transformation. Julien Hans [1] proposes the concept of "Renovation Readiness Levels", analogous to Technology Readiness Levels, a measurement system used to assess a technology's level of maturity. He sees it as a performance indicator for the renovation of existing property stock.⁵⁹

To achieve a carbon-neutral trajectory in the building sector, Scope 1 (emissions from buildings) must be reduced by 15, Scope 2 (energy-related emissions) must be reduced by 20 and Scope 3 (emissions from building materials) must be reduced by 5 (cf. fig. 4). The ambition for 2030 is achievable in new construction, thanks to RE2020, but the main challenge is in renovation. It is also important to note that to reach the Scope 1 objective, the main field of action will be in insulation for buildings. Consequently, the performance of insulation products will have the greatest impact on the final result.

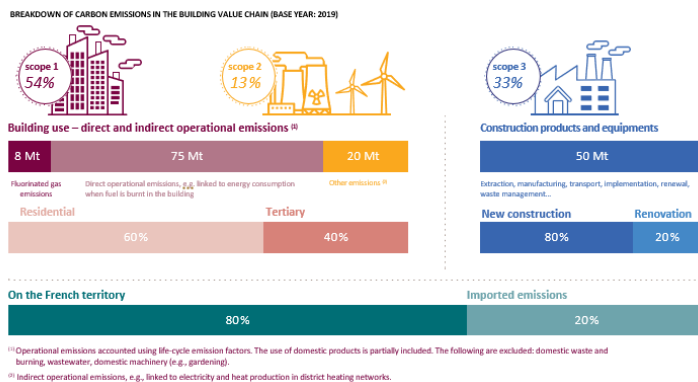


Figure 4. Breakdown of carbon emissions from the building value chain (reference year: 2019).

Source : CSTB - DGALN ; Feuille de route décarbonation Bâtiment ; 2023.

⁵⁹ • Hans, Julien. *Ibid.*

2. The importance of new construction methods

The economic climate is especially uncertain for the construction industry in France. The number of new construction projects has dropped by almost 24% in Q1 2024, mortgage rates have risen and building production has fallen by 38%.⁶⁰ This situation puts a large part of the population in a precarious position and makes access to housing more difficult. It is therefore urgent to deploy large-scale solutions, targeting the entire construction sector and renovation projects in particular.⁶¹

2.1. Off-site construction: an asset for low-carbon construction

Off-site construction is a method of moving all or part of a building's construction processes away from the site on which it is erected. Structural elements, facades and entire blocks (kitchens, bathrooms) are digitally designed using building information modeling (BIM) before being manufactured in the factory and transported to the construction site (cf. fig. 5). Up to 80% of a building's construction can be carried out in a factory, compared to just 10% for buildings built using current methods.⁶²



Figure 5. Off-site construction, from factory to construction site © Aurenche, Eric, 2020.

60 • FFB Nationale. « Tendances récentes du bâtiment – Mars 2024 », Fédération française du bâtiment, 06 mars 2024, <https://www.ffbatiment.fr/actualites-batiment/actualite/tendancesbatmars2024>

61 • « Communiqué de presse. Céline Beaujolin, nommée Déléguée générale de l'association Filière hors-site France », *Filière hors-site France*, 29 avril 2024.

62 • Groupe de travail des maîtrises d'ouvrage signataires de la Charte pour le développement de la construction hors-site. « Référentiel construction hors-site », octobre 2023.

This construction method is in line with today's economic and environmental constraints, as it means that building sites are cleaner and faster, creating fewer disturbances for locals and using less raw materials. It also allows for better working conditions. Off-site construction could therefore improve the situation in France for the building sector - in both new construction and renovation - while meeting the commitments of the SN-BC.⁶³

In the last quarter of 2023, off-site construction accounted for just 1% of construction revenue in France. However, the advantages are considerable (cf. fig. 6), including:

- Improved working conditions on construction sites
- Significantly higher productivity with 50% shorter lead times and 20% lower costs
- Construction quality that meets RE2020 requirements, reducing defects and limiting the need for premature renovation
- Highly favorable environmental impact across all operations
- Positive social impact with minimal disturbance from construction sites

PRINCIPAUX AVANTAGES DU HORS SITE

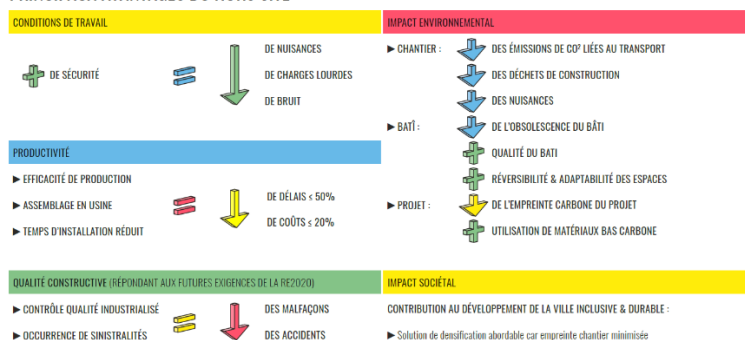


Figure 6. The main differences in off-site construction in terms of sustainable construction © Keys Reim, 2022.

Off-site construction redefines the act of building. This raises the question of the long-term impact on trades. It is likely that a massive expansion of off-site activities would help to meet the current urgent need regarding construction trades. Indeed, the growing shortage of skilled workers on construction sites is damaging the sector by increasing lead times, as well as the number of accidents and quality defects. Lack of quality in the French construction sector is estimated to cost €10 billion a year, i.e. around 10% of pre-tax revenue for work carried out.⁶⁴ The real cost is generally esti-

63 • « Communiqué de presse. Céline Beaujolin, nommée déléguée générale de l'association Filière horsite France », *op. cit.*

64 • Dumas, Marc. « Imaginer : concevoir l'immobilier demain ». *GA Smart Building*, 2024.

mated at over 15% of revenue. Lack of quality thus generates a considerable need for additional renovation work, resulting in excessive consumption of resources and further carbon impact.

A closer analysis of the environmental benefits of off-site construction reveals considerable opportunities. Though the building industry does now recognize the need to limit construction waste and improve the quality of the built environment, studies show that this construction method also requires less transport and is highly suited to the integration of bio- and geo-sourced materials. Finally, off-site construction is a major advantage in terms of the reversibility and dismantlability of building components (cf. fig 7).

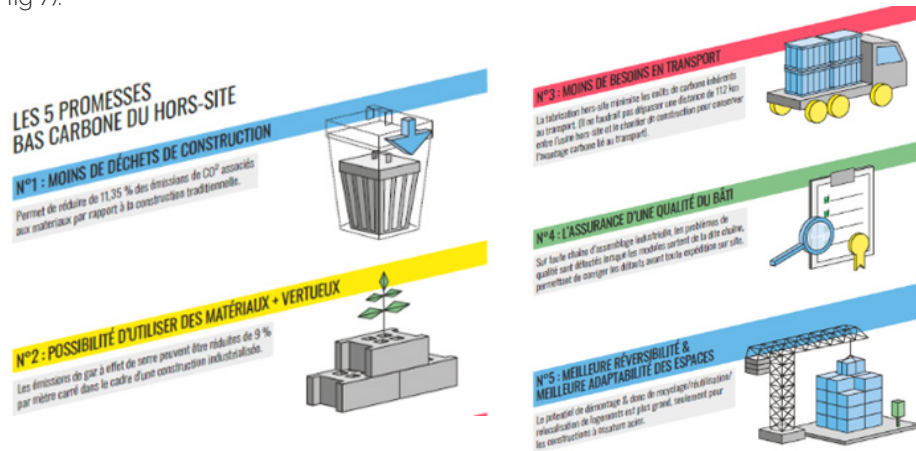


Figure 7. Benefits of off-site construction in terms of reducing carbon emissions © Keys Reim, 2022.

The survey carried out by Batimat and Campus Hors-Site shows that the main source of doubt about the quality of off-site construction is a lack of knowledge regarding the processes involved. In order to develop, the sector also needs to build up a network of production factories across France, and thus secure funding in order to capture French demand, which might otherwise shift to more advanced sectors overseas.

Finally, the technical, regulatory and standards context - Eurocodes come to mind in particular - requires a certain amount of harmonization in order to take full advantage of the benefits of off-site construction, which is well suited to the environmental and economic concerns of public authorities and the construction industry as a whole.

For the real estate market, off-site and low-carbon construction is a powerful argument in terms of ESG strategy. This new sector will be structured over time and its value chain controlled through partnerships with specialized builders and/or manufacturers of building materials.⁶⁵

⁶⁵ • Ibid.

2.2. The challenges of restructuring and rehabilitation

Faced with the problems associated with natural resources, the regulations in the French Climate and Resilience Law⁶⁶ set a limit on soil artificialization (Net-Zero Artificialization),⁶⁷ the aim of which is to preserve natural resources, particularly land.

We know that 80% of the cities of 2050 already exist.⁶⁸ We need to imagine how the city can be built around itself, develop existing buildings and structures, move away from urban industrialization and stop urban sprawl. The challenge therefore lies in adapting the existing property stock. Rethinking use so that tomorrow's buildings meet future needs, particularly through restructuring and rehabilitation, rather than demolition followed by reconstruction. Transforming rather than demolishing. Flexibility and adaptability rather than monofunctionality.

It is a question of creating spaces that enrich the environment and add value to residents' lives, as well as to the surrounding ecosystem. This approach illustrates the notion of reversibility, through which buildings can be transformed and made to last: agility, flexibility and durability.⁶⁹

Reversibility is a solution that involves imagining buildings that can evolve over time to meet the area's needs, right from the design phase.⁷⁰ Anne Demians illustrates this architectural method with the Hotel de Logistique Urbaine de Lezennes project for La Poste Immobilier. The project aimed to transform an industrial site (a former sorting center) into an emblematic building suited to the changing activities of the French postal service. The project's particularity lies in the layering of functions, which made it possible to anticipate the evolving nature of the building.

The "matrix" is the basic 16-meter-wide unit, which is duplicated 12 times in this project. It is designed to support reversibility of use, so that the building can adapt over the long-term⁷¹ (cf. fig. 8).

Transforming existing assets avoids the carbon emissions associated with demolition, which is the most common solution but not the most environmentally friendly. According to the Demolition-Reconstruction tool, tearing down a 1,000 m² building emits around 312 tons CO₂e. In addition to the carbon impact, demolition generates a large amount of waste, significantly increasing the environmental impact.⁷²

66 • Climate and Resilience Law. <https://www.ecologie.gouv.fr/loi-climat-resilience>

67 • ZAN Law (Net-Zero Artificialization) <https://artificialisation.developpement-durable.gouv.fr/guide-synthetique-zan>

68 • Boutté, Franck. « Et maintenant on fait quoi ? Récits prospectifs d'atténuation et d'adaptation ». In: *MS@IBD, Net Zero Carbon Strategy in Real Estate and Building Sector, in the World by 2050*, 8-12 avril 2024.

69 • Demians, Anne. « Architecture-Connaissance/Imagination ». In: *MS@IBD, Net Zero Carbon Strategy in Real Estate and Building Sector, in the World by 2050*, 8-12 avril 2024.

70 • Anne Demians, Architecture Anne Demians, presentation at the IBD@MS International Conference, May 9, 2024.

71 • OID, « Fin de cycle d'un bâtiment : quelles stratégies pour quelle empreinte environnementale ? » 03 mai 2023. <https://o-immobilierdurable.fr/fin-de-cycle-dun-batiment-queelles-strategies-pour-quelle-empreinte-environnementale/>

72 • Ibid.



Figure 8. Matrix, HLU Lezennes © Architectures Anne Dêmians.

Transforming existing assets avoids the carbon emissions associated with demolition, which is the most common solution but not the most environmentally friendly. According to the Demolition-Reconstruction tool, tearing down a 1,000 m² building emits around 312 tons CO₂eq. In addition to the carbon impact, demolition generates a large amount of waste, significantly increasing the environmental impact.⁷³

Restructuring involves modifying a building's structure to meet new needs and uses (transforming offices into housing, a warehouse into offices, redeveloping a former industrial wasteland, etc.). This approach optimizes the use of urban space and can open up new areas in zones under pressure.

During the restructuring work, the use of bio-sourced technologies and materials can reduce the building's carbon footprint and improve its energy efficiency.

Rehabilitation, on the other hand, is the redevelopment of a building while maintaining its exterior appearance and improving comfort. It involves renovating or reusing parts of structures to extend the building's lifespan, sometimes also including a change of function. It means that building materials can be recovered and reused, in line with RE2020 objectives.

Rehabilitation and restructuring are levers for improving building operations, a key issue in the SNBC roadmap. By seeking the most balanced energy mix possible, and imagining buildings not as carbon consumers and emitters, but as energy producers and even carbon sinks (green hydrogen, small-scale wind power, self-sufficiency, etc.), these transformation methods support the energy and carbon transition.

Transforming assets is also synonymous with value (re)creation. Bringing outdated building stock up to current standards increases the potential of existing buildings

⁷³ • Ibid.

through the creation of additional surface area, conversion to a new function (use value) or the creation of green value.

These actions carried out as part of refurbishment or restructuring projects can be quantified and measured using a "return on carbon" approach. This approach involves measuring the effectiveness of actions taken to reduce greenhouse gases. It compares the financial investment made with the observed reduction in direct or indirect greenhouse gas emissions.⁷⁴

2. Technologies to decarbonize materials

Products and equipment used in new construction and renovation account for 33% of CO₂ emissions in the French building sector, the second biggest source of emissions at 50 million tons of CO₂ / year. This figure includes the extraction, manufacturing, transport, processing, renewal and waste management of building materials.⁷⁵

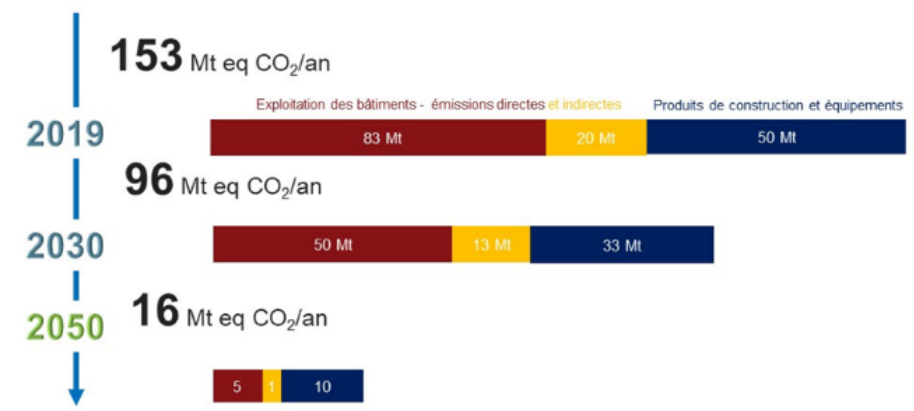


Figure 9. Carbon trajectory of the building sector

© Hans, Julien, 2024 ; Transition écologique et de la Cohésion des territoires, 18 novembre 2020.

The National Low Carbon Strategy (SNBC) will have a considerable impact on the construction sector, requiring an 80% reduction in emissions linked to construction products (cf. fig 9) and making the following transformations essential:

- Developing production processes that decarbonize the energy needed to produce existing materials;

⁷⁴ • Mège, Romain. « Grandes transitions et leurs déclinaisons dans l'acte de construire et d'habiter », ESTP, 2024.

⁷⁵ • Hans, Julien, *op.cit.* ; Mège, Romain, *Ibid.*

- Developing eco-designed products, more resource-efficient and perfectly adapted to their uses;
- Adapting structural materials by decarbonizing concrete and using more bio-sourced products.

3.1. High-tech processes to decarbonize materials

Manufacturers face two major challenges to reduce the carbon footprint of building materials:

- Making existing materials low-carbon by reinventing processes and raw materials;
- Designing new solutions for low-carbon and low-energy construction.

Manufacturing sheet glass for low-carbon buildings

The example of sheet glass for the building industry shows what is required for the transition. From a materials point of view, it is critical to adapt processes and rethink raw materials, and as a product, its functionalities must support the building's environmental performance.

Saint-Gobain has been manufacturing sheet glass since 1665 and is deploying an innovation strategy with the aim of decarbonizing the production process by 2050. Float technology for producing sheet glass (cf. fig. 10) involves forming a sheet of molten glass floating on a tin bath.⁷⁶

Based on the conclusions of R&D work, the Saint-Gobain Group carried out the first sheet glass production using 30% green hydrogen, reducing the Scope 1 emissions of this process by 70%, at its Herzogenrath site in Germany.⁷⁷

Making glass involves combining a series of carbonates that contain CO₂, which is released under the effect of heat, accounting for a third of emissions. The most direct approach in terms of environmental gains is the use of recycled glass. The industry aims to use 40% recycled glass in all sheet glass production by 2030.⁷⁸

The process to make glass more functional also represents a major challenge for low-carbon construction. The glazing is obtained by depositing oxide and silver coatings so thin that they become transparent (cf. fig. 11). This process considerably optimizes a building's thermal comfort. The passive thermal barrier limits the use of air conditioning in summer and heat loss in cold weather.⁷⁹

76 • Pilkington. « Le Procédé Float, ». *Pilkington*, s.d.

77 • Saint-Gobain. « Communiqué de presse, La première production de verre plat avec plus de 30 % d'hydrogène », 30 mars 2023. <https://www.saint-gobain.com/fr/news/saint-gobain-realise-la-premiere-production-de-verre-plat-avec-plus-de-30-dhydrogene>

78 • Hardy, Anne. « Constructing the future of buildings », YearBook 2023-2024, Saint-Gobain, 2024.

79 • *Ibid.*

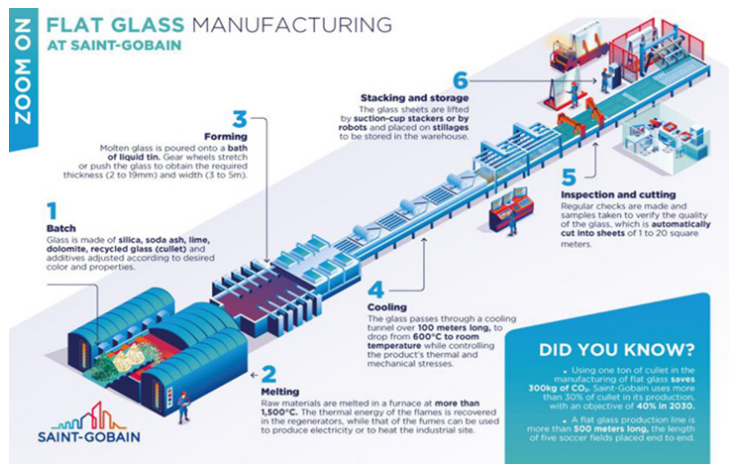


Figure 10. Float process for manufacturing sheet glass for the building industry © Hardy, Anne, 2024.

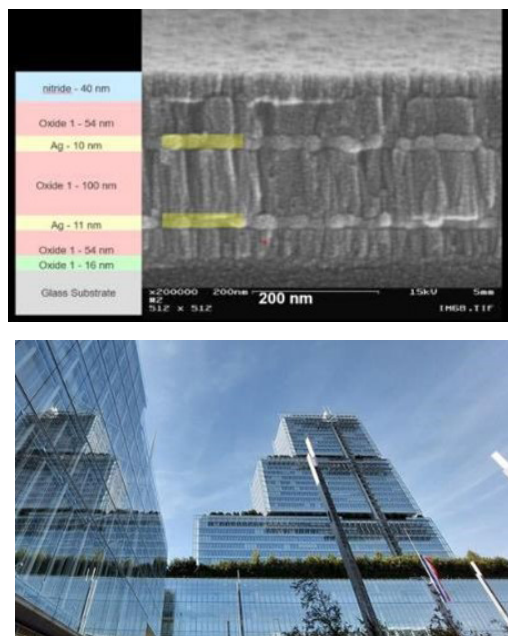


Figure 11. Functional coating of sheet glass (left) and insulating glass system used at the Paris Court of First Instance (right) © Hardy, Anne, 2024.

Manufacturing low-carbon plasterboard for finishing works

Producing plasterboard involves dehydration/drying operations which can represent a daily energy consumption of approximately 1,000 MWh of natural gas for one plant⁸⁰ (cf. fig. 12).

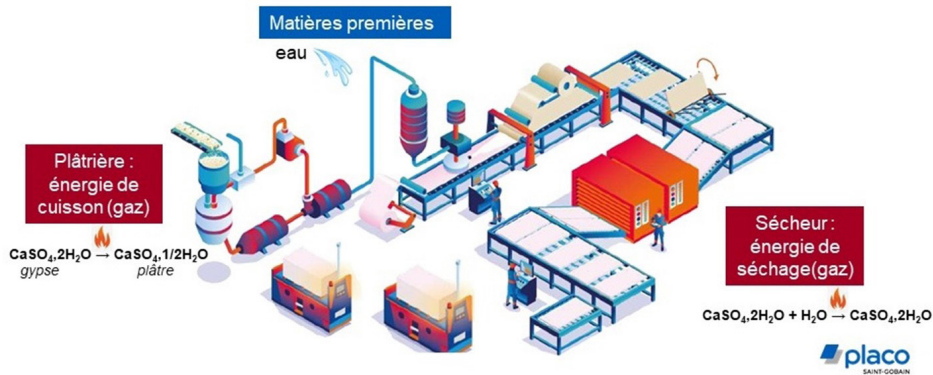


Figure 12. Plasterboard manufacturing process © Saint-Gobain Placo, 21 septembre 2022.

With the aim of achieving carbon neutrality by 2050, the Saint-Gobain group has carried out an innovative project to electrify the production process at its plasterboard plant in Fredrikstad, Norway. The project is particularly interesting in this setting, as 96% of Norwegian electricity comes from hydroelectric power and is therefore carbon-free. By the end of 2023, the plant will have become the world's first carbon-neutral plasterboard production site. The impact in terms of reduced CO₂ emissions amounts to more than 20,000 tons per year, and means there is a wider range of low-carbon construction products available for finishing works.⁸¹

This type of electrification project could be extended to other plasterboard plants, to limit the use of natural gas. However, in most countries, using electricity represents an additional cost compared with natural gas, thereby increasing the price of the final produce. Finally, even if nuclear power is a decarbonized energy source, it is important for manufacturers to ensure that using electricity does not result in higher energy consumption for processes with high thermal inertia.

⁸⁰ • « Les industries du plâtre. Au cœur de la construction durable ». Syndicat national des industries du plâtre (SNIP), 2023. <https://www.lesindustriesduplatre.org/>

⁸¹ • Saint-Gobain. « Communiqué de presse. Saint-Gobain va augmenter ses capacités de production en Norvège et créer la première usine de plaques de plâtre "net zéro carbone" au monde », 24 mai 2021.

3.2. The low-tech approach to green, sustainable construction

Low-tech solutions are designed to meet societal and environmental challenges. Low-tech materials typically use little energy and materials to produce and are simple to implement.⁸² In terms of resources, they are generally local, organic or geo-sourced. This article describes two examples:

- The first is a social project, developed by a charitable organization. It responds to construction needs in Uganda while providing excellent environmental performance;
- The second is industrial, and illustrates the value of geo-sourced materials in France for building in an environmentally friendly and sustainable way, while meeting the need for comfort in a context of climate change.

Stabilized clay bricks

Uganda is a developing country located in East Africa with a moderate tropical climate. It has a population of 49.6 million, and the housing supply is inadequate in terms of both quality and quantity. Most rural houses are commonly built with low-quality, locally-produced fired bricks. The production process consumes a lot of energy due to the use of rudimentary kilns⁸³ (cf. fig. 13).



Figure 13. Traditional brickmaking in Uganda © Nambatya, Mauricia. 8-12 avril 2024.

Operating these furnaces is very energy-intensive and leads to environmental problems. The energy consumption of bricks made in Uganda (small-scale burned brick) is very poor, almost 6 times higher than that of ordinary clay bricks (*general clay brick*). In this context, the NGO Haileybury Youth Trust (HYT) Uganda has set up a sustainable

⁸² Madec, Philippe. « Mieux avec Moins. L'architecture frugale ». In : *MS® IBD, Net Zero Carbon Strategy in Real Estate and Building Sector, in the World by 2050*, 8-12 avril 2024.

⁸³ Nambatya, Mauricia. « Upscaling innovative appropriate technologies in construction. A case for uptake of Interlocking Stabilised Soil Blocks in tropical housing projects in Uganda » In : *MS® IBD, Net Zero Carbon Strategy in Real Estate and Building Sector, in the World by 2050*, 8-12 avril 2024.

construction project in which young people are trained to build using interlocking blocks made from stabilized and compressed soil (ISSB), which can reduce the energy required to build a wall by a factor of more than 10⁸⁴ (cf. fig. 14).

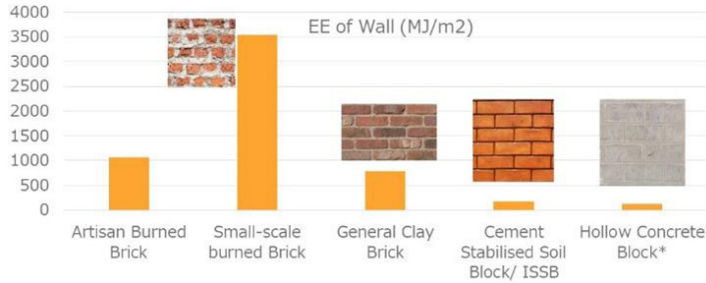


Figure 14. Embodied energy (EE) for walls made from baked bricks, ISSBs and concrete

© Nambatya, Mauricio. 8-12 avril 2024.

Cost is also an important factor, particularly in Uganda where the average monthly salary is around \$80. In this context, the cost of concrete blocks is prohibitive, even if their embodied energy is lower than that of burned bricks. The cost per m² of ISSBs is very similar to that of traditional bricks (cf. fig. 15). From the perspective of sustainable construction and carbon neutrality, ISSBs are the most appropriate alternative, with a better embodied energy/cost ratio than all other available materials.



Figure 15. Cost comparison of building materials commonly used in Uganda © Nambatya, Mauricio. 8-12 avril 2024.

In terms of production methods, ISSBs are perfectly suited to the needs of Ugandan society. In terms of raw materials, they are made from 90% local clay, available almost everywhere in the country (cf. fig. 16).



Figure 16. ISSB manufacturing process © Nambatya, Mauricio. 8-12 avril 2024.

The impact of this technology on construction was evaluated when building three classrooms (cf. fig 17), saving 16 tons of CO₂ at a comparable cost to a traditional brick building. The building's end-of-life has also been studied: since very little mortar is used to build the walls, ISSBs are not stuck together and can be dismantled and reused on another site.



Figure 17. Building a school from ISSBs © Nambatya, Mauricio. 8-12 avril 2024.

HYT Uganda's aim is to spread this construction method by training students in all aspects, from making the blocks to finishing works. Skills are transferable to any construction site, giving graduates access to jobs in Uganda's booming construction sector. However, there are a number of limitations to deploying this technology, such as acquiring the blockmaking machine (\$1,200 USD), recruiting young people from the local community, the lack of ambassadors for the technology among Ugandan architects and engineers, and building certification: the wide range of land characteristics makes it difficult to produce a robust control plan for ISSBs to meet the requirements of the Ugandan standards.⁸⁵

To successfully roll out the use of low-tech ISSB technology on a widespread basis, it needs to be combined with housing policy that encourages environmentally friendly construction and limits global warming, so that local contractors take an interest in this sustainable construction method.

⁸⁵ • Ibid.

Use of excavated soil in modern construction methods

Saint-Gobain Distribution Bâtiment France has reimagined construction using raw earth, and in particular, how to combine this historic material with today's construction methods, so as to reconcile sustainable development with a high-performing building system. The raw material used is soil excavated from building sites, which is then recycled as a construction material to make the walls of buildings. This approach is an environmental alternative to concrete, which uses cement (highly carbon-intensive) and alluvial sand, which is becoming increasingly scarce.⁸⁶

The soil comes from major construction projects requiring excavation work to build a structure. The excavated soil is then sifted and combined with a bio-sourced fiber, such as hemp, and a low-carbon hydraulic binder.⁸⁷ (cf. fig. 18)



Figure 18. Terlian® process and wall configuration in timber-frame houses
© Hardy, Anne, 2024.

The construction system presented here is designed primarily for single-family timber-frame homes.

Terlian® technology is fully in line with the RE2020 strategy. In addition to the low environmental impact of the raw materials - taking a standard concrete wall as a comparison - the use of raw earth results in a marked improvement in performance in terms of occupant comfort. Studies carried out using both digital simulation and on-site measurements have demonstrated greater summer comfort in homes, as well as humidity regulation in cold weather⁸⁸ (cf. fig. 20).

⁸⁶ Point P. « Communiqué de presse. Point P lance Terlian », 13 novembre 2023.

⁸⁷ CSTB. « Appréciation Technique d'Expérimentation n° 3221_V1 ». POINT P SAS, 2023.

⁸⁸ Hardy, Anne, *op. cit.*



Figure 19. Process for building a single-family home with Terlian® technology

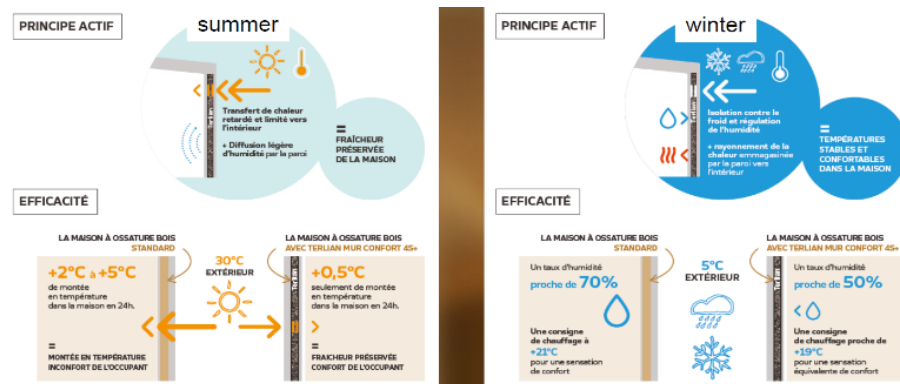


Figure 20. Comparison of summer comfort and humidity in a single-family home with Terlian® walls or traditional concrete walls © Hardy, Anne, 2024.

3.3. Structural materials

Concrete remains the most widely used structural material in the 20th century. In France, 82% of multi-family housing and 74% of commercial buildings are made of concrete. Data from Observatoire E+C- show that structural elements (foundations, infrastructure and superstructure) made from concrete and steel account for between 25% and 36% of the building's carbon footprint, i.e. 244 kg CO₂eq/m² for multi-family housing and 335 kg CO₂eq/m² for commercial buildings⁸⁹. The impact is therefore considerable, and manufacturers need to develop this material to respond to SNBC requirements.

Traditional concrete is high in Portland cement, a hydraulic binder made from clinker, which is a synthetic rock responsible for 7% of CO₂ emissions worldwide. The development of low-carbon concrete therefore focuses on the creating low-carbon binders,

⁸⁹ IFPEB, Carbone4. « Quels enseignements de la conversion de l'Observatoire E+C- avec les indicateurs de la RE2020 » 2023.

replacing clinker with by-products from the steel industry, such as blast-furnace slag, to produce CEM III cement (cf. fig. 21). The most advanced technologies proposed by ECOCEM allow for a 90% reduction in carbon impact and are already being used in prefabrication (cf. fig. 22).

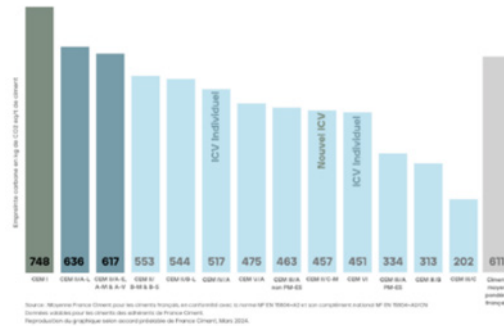


Figure 21. Carbon footprint of standard cements © Infociments, mars 2022.



Figure 22. Keystone for the Grand Paris Express using a binder that reduces CO2 impact by 90% © Grand Paris Express, 10 février 2022.

However, this concrete technology has its limits when it comes to ready-to-use concrete (transported by mixer to the construction site) traditionally used for construction. Although long-term resistance is equivalent or even superior to that of traditional concrete, short-term performance is much lower and increases the time to form stripping (a very important efficiency and profitability parameter), which slows down the pace of construction. Moreover, supply of slag is limited and unevenly distributed worldwide. In the longer-term, the future of this type of technology also depends on the quality of the slag produced by a steel industry that is itself undertaking the energy and carbon transition for its own processes. Indeed, the R&D effort required to achieve concrete setting times using low-carbon processes is likely to be considerable.

Bouygues Immobilier has developed a low-carbon, ready-to-use concrete, and completed some fifteen building projects in France using a clinker-free hydraulic binder (cf. fig. 24), enabling the Bouygues group to claim an overall 70% reduction in the carbon footprint of its concrete products⁹⁰ (cf. fig. 23).

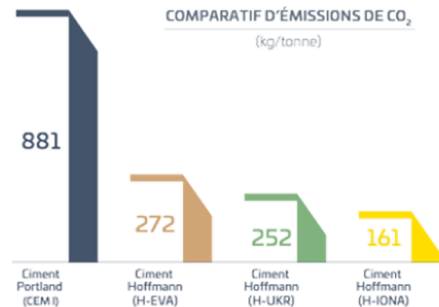


Figure 23. Carbon impact of Hoffmann Green 0% clinker concretes © Ciments Hoffmann.



Figure 24. Facade made from 0% clinker ready-to-use concrete © Fabre, Maël, OuestFrance, 24 avril 2024.

While low-carbon concretes can improve the carbon footprint for the production of this traditional material, possibilities for end-of-life remain limited given that this material produces buildings that are “all bonded together”.⁹¹ In this context, RE2020 promotes the use of wood as a structural material for low-carbon buildings. It allows for faster construction times, by using prefabricated elements that can be disassembled (cf. fig. 25).

⁹⁰ • « Le béton bas-carbone, un matériau à faible impact environnemental », Bouygues Construction, 2022. <https://www.bouygues-construction.com/innovation/toutes-nos-innovations/le-beton-bas-carbone>

⁹¹ • Concrete elements are usually permanently bonded together, either by being poured one on top of the other, or with mortar.

Wood is the low-carbon material par excellence: it requires little energy to process and, when used in short circuits, its carbon footprint is very low. Each cubic meter of wood can store up to 800 kilos of CO₂ during its lifespan in the building. While a new building with zero carbon emissions is an illusion, the RE2020 calculation method takes into account the temporary storage of carbon in materials. Therefore, by using enough wood, it is possible to respect the SNBC trajectory and the goal of net zero emissions by 2050 (cf. fig. 26). Today, wood construction accounts for just 4.1% of collective housing and 11.3% of individual homes. However, the development of wood construction in France is very dynamic, with annual growth of over 10%.⁹² It should be noted, however, that the use of wood also has certain limitations and cannot be the only alternative to concrete. In fact, the French timber industry is far from being sufficiently well-structured to produce construction timber of the requisite quantity and quality, and the French forest itself, although vast and growing, is fragile and even endangered.⁹³



Figure 25. The Grand Palais Éphémère built using a wooden structure
© Jean-Michel Wilmotte & Associés, 2021

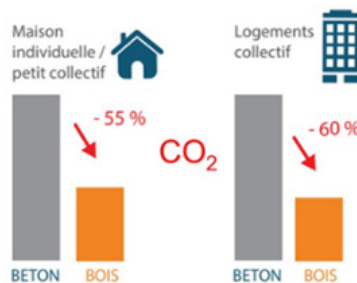


Figure 26. Average reduction in CO₂ impact of timber construction compared with traditional concrete
© France Bois Forêt, Codifab, 19 juillet 2023.

⁹² • « Enquête nationale de la construction bois 2022 ». France Bois Forêt, Codifab, 19 juillet 2023.-

⁹³ • Jean-Michel Wilmotte & Associés. « Grand Palais éphémère », 2021. <https://www.wilmotte.com/projets/grand-palais-ephemere/>

RE2020 requires restricted use of materials, i.e. using them in the right quantities and making the most of their intrinsic properties. Concrete performs extremely well under compression, but very poorly in flexion and traction, which is the opposite of wood. In this context, the construction industry's tendency to build using a single material no longer makes sense from the point of view of structural design. As Romain Mège points out, the challenge of resource efficiency now means using "the right material in the right place". The RE2020 and SNBC regulations will lead to an increased use of hybrid technical solutions combining several materials. Unfortunately, the Eurocodes in force for structural design remain extremely "siloed" and construction professionals have very few tools for designing and calculating optimized multi-material construction.⁹⁴

4. The challenge of circularity in a resource-efficient building life cycle

The United Nations' economic analysis of circularity shows the importance of decoupling economic growth from the use of natural resources and inputs⁹⁵ with the aim of:

- Minimizing the extraction/consumption of resources;
- Keeping waste production below the amount that can be transformed and recycled;
- Designing sustainable buildings that promote maintenance, repair, reuse, sharing, prefabrication, refurbishment and recycling (cf. fig 27).

Achieving carbon neutrality by 2050 means drastically reducing the environmental cost of materials, and therefore putting circularity at the heart of the construction economy, with two key pillars: recycling and reuse.

94 • Mège, Romain, *op. cit.*

95 • United Nations Economist Network. « New economics for sustainable development, circular economy » 2021.

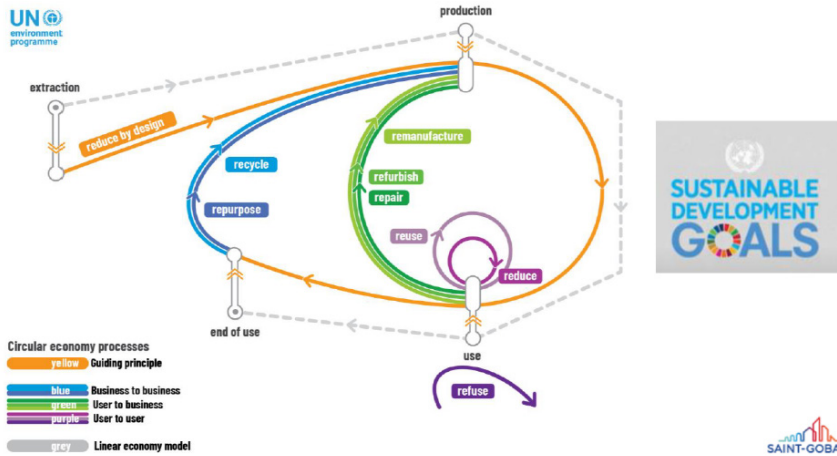


Figure 27. The circular economy processes defined by the United Nations

© United Nations Economist Network, 2021

4.1. Recycled materials solutions

According to ADEME, the construction sector generates over 42 million tons of waste in France every year. Two-thirds of this is inert waste (concrete, rubble, tiles, bricks, etc.), and the remainder, around 15 million tons, is so-called non-inert waste, generally non-hazardous.⁹⁶

The first category consists mainly of concrete and wood, with recycling rates of around 80%. Concrete is largely recycled as a road base, while half of the wood is recycled for energy production and the remainder used as particleboard for the construction industry. The second category includes other products such as plastics, mineral wool insulation, plaster, etc., with a recycling rate of around 20%.

To encourage the recovery of construction materials, the French Ministry for Ecological Transition defined the general framework for Extended Producer Responsibility (REP) in 2022. In other words, it is a "polluter pays" principle: the entity that puts a product on the market is operationally and financially responsible for managing its end-of-life.⁹⁷

This translates into an obligation to organize the collection, sorting and processing of products at end-of-life, and is a significant incentive for recycling. In practice, producers typically enlist an eco-organization to which it delegates this responsibility. For each type of product, they pay an eco-contribution, which allows the eco-organization to manage the processing of waste at end-of-life. This eco-contribution is now visible to consumers, as it is displayed on the receipt (cf. fig. 28).

⁹⁶ • Commissariat général au développement durable, *op.cit.*

⁹⁷ • « Les Filières REP, qu'est-ce que c'est ? ». Ministère de la Transition écologique, juin 2023.

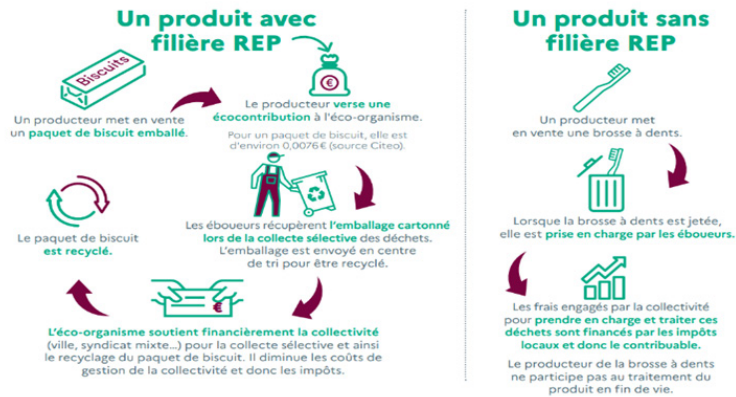


Figure 28. Integrating recycling into a product's DNA in line with REP
© Ministère de la Transition écologique, juin 2023.

The first consequence of the introduction of REP for the building sector was the creation of a collection system enabling sorting at the source, with a take-back system free of charge. Construction waste could be brought to a specific collection point and sorted separately according to specifications, to allow it to then be recycled. This was made possible thanks to the involvement of building materials suppliers. Depending on the size and purpose of the outlet, suitable containers were set up, adapted to local conditions in terms of available surface area. Building materials suppliers have realized that they must offer their customers this free collection service as efficiently as possible (cf. fig. 29).

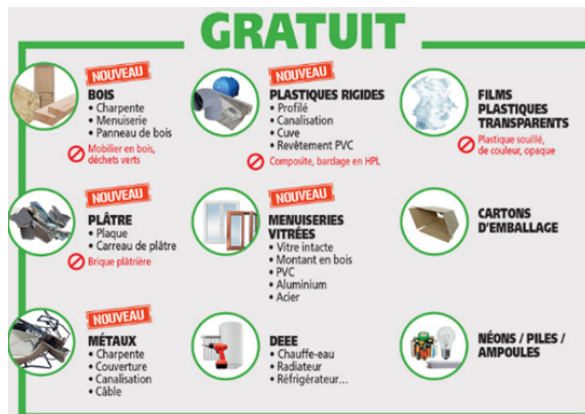


Figure 29. REP waste collection, a platform for the construction industry © Ministère de la Transition écologique, juin 2023.

The introduction of REP and the development of the activities of eco-organizations have created new sources of recycled raw materials that are both more environmentally friendly and more economical than the extraction and processing of natural raw materials. Some manufacturers have seized this opportunity to develop innovative products with circularity in mind, either by designing recyclable materials using recycled waste - as is the case with Saint-Gobain Placoplatre's Placo® Infinalé 13 range of plasterboard⁹⁸ - or, as Buitex does, by transforming recycled materials such as textiles into insulation materials. (cf. figs 30 & 31).⁹⁹



4.2. Reuse and the need to design differently

Reuse means using existing materials, equipment and structures from previous buildings or sites for new projects. This technique means that buildings can be selectively deconstructed, enabling the life cycle of materials to be extended through reuse, with a considerable environmental impact, since a reused material is considered neutral by the RE2020 in terms of resources and production energy. The initial stage of a reuse operation involves carrying out a resource diagnosis to identify the components of a building at deconstruction or renovation sites. The aim is to qualify and quantify the pool of reusable materials. In a project, reuse can be broken down into three operational modes:

- in situ for reuse on the same project
- ex situ for reuse on another site

⁹⁸ • « Placo® Infinalé 13, la première plaque de plâtre composée à plus de 50 % de plâtre recyclé ». Saint-Gobain Placo, 21 septembre 2022. <https://www.placo.fr/nous-connaître/nos-innovations/page-editoriale-article/placor-infini-13-la-premiere-plaque-de-platre-composee-de-plus-de-50-de-matiere-recyclee>

⁹⁹ • « Buitex : recyclage et revalorisation de matériaux en isolants ». Buitex, consulté en 2023. <https://www.buitex.com/>

- use of external supplies to integrate a material whose use has been diverted in some way.

Reuse, particularly *in situ*, is one of the major pillars of the frugal architecture approach developed by Philippe Madec,¹⁰⁰ enabling us to redefine how some materials are used, in line with the needs for building or neighborhood rehabilitation. This approach was used, for example, in the construction of the James Baldwin multimedia library, located in Paris, Jean Quarré street: the need to change the space's layout meant dismantling the concrete floors, producing a supply of reusable slabs for the building's exterior spaces (cf. fig. 32).



Figure 32. In-situ reuse of concrete floor slabs in the public space outside the Jean Quarré multimedia library

© Madec, Philippe, 8-12 avril 2024.

This local approach, focused on changing how materials are used, enables short-circuit reuse, limiting logistics and storage problems and eliminating the need to requalify the material from its initial use.

In terms of mass reuse, the *ex situ* approach offers considerable potential. However, it involves rethinking building design methods, to adapt them to the available pool of reusable materials (cf. fig. 33). This is the approach taken by Danish architecture firm Landager, which designs buildings using an average of 30% reused materials.¹⁰¹ To achieve this, specific processes have been put in place:

- Studies to identify deconstruction sites and detailed analysis of reuse opportunities.
- Extraction, reconditioning and storage logistics to provide the company with a stock of materials.

¹⁰⁰ • Madec, Philippe, *op. cit.*

¹⁰¹ • Bang Kiertzner, Anders. « Form follows availability ». In : *MS® IBD, Net Zero Carbon Strategy in Real Estate and Building Sector, in the World by 2050*, 8-12 avril 2024.

- A specific technical and insurance evaluation system to create a guide for reusing the material in question.



Figure 33. Reusing a brick wall as a cladding element © Bang Kiertzner, Anders, 8-12 avril 2024.

In France, studies presented by Romain Mège¹⁰² show that to achieve carbon neutrality by 2050, reused materials, which currently account for only a low proportion of all resources, will have to become the main source by this date (cf. fig. 34). While the “materials library” culture is gradually taking hold through companies such as Cyneo and CycleUp, the problems regarding insurability remain considerable. This situation is mainly due to dimensioning codes that have been developed for factory-produced materials, calibrated to allow for very little variation in their properties. When it comes to reuse, manufacturers have the onerous task of demonstrating that the intrinsic quality of materials intended for reuse is sufficient to maintain performance compliance during their second life cycle. To promote this kind of initiative, various players in the architecture and construction sectors are calling on public authorities to provide incentives, such as lowering VAT on these types of materials.¹⁰³

¹⁰²• Mège, Romain, *op. cit.*

¹⁰³• Madec, Philippe, *op. cit.*



Figure 34. Trends in sources of building materials from 2020 to 2050 © Mège, Romain, 2024.

Conclusion

High-tech and low-tech technologies (or right-tech, according to Philippe Madec) represent an essential way to respond to the National Low-Carbon Strategy (SNBC) for France's climate change mitigation policy, with the aim of achieving carbon neutrality by 2050.

The development of new construction methods, such as off-site construction, is critical, as this construction technology makes it possible to combine improved energy performance with dismantlability/reversibility. Off-site construction therefore represents a major factor to increase the reuse and adaptability of spaces in buildings. Technological developments in this field need to accelerate, particularly to meet the large-scale needs of the renovation sector.

The reuse approach is a structuring factor for all strategies/regulations in France (SNBC, RE 2020, REP, etc.) as it enables the life cycle of materials to be extended with a considerable positive impact on the environment, since a reused material is considered neutral in terms of natural resources and production energy.

The construction methods presented at the 2024 IBD MS International Conference are a key factor in the building sector's environmental transition. Existing initiatives rely mainly on local resources, such as raw or excavated earth for bricks and materials from demolition sites repurposed in new or renovated buildings.

With regard to reducing GHG emissions from everyday construction products, a technological transition has begun, with the aim of replacing fossil fuels with energies with high decarbonization potential on a widespread basis.

Considerable technological progress has also been made to partially decarbonize building materials (concrete, glass, plaster, insulation, etc.) and develop bio- and

geo-sourced materials (wood and raw earth), which are set to play a major role in the construction mix by 2050.

Along with reuse, recycling is the second pillar of circularity. Some construction sector industries have been operating on a closed-loop basis for many years (e.g. metalworking companies), but the introduction of REP is now a major incentive for all manufacturers to consider their waste as a true raw material, which they must collect, prepare and reintegrate into their production processes. This approach has led to major product developments in terms of circularity and eco-design, making it possible to envisage a wide range of materials produced almost exclusively from the waste they generate by 2050.

Our analysis shows that the aim of both high-tech and low-tech technologies is to revolutionize existing production processes, bring frugality to building use and construction, extend the life cycle of structures, and preserve natural, energy and mineral resources. We need to reinvent our processes, our way of building and operating, and foster collective momentum to drive innovation in line with our carbon-neutral objectives for the near

Bibliographie • References

Agence européenne pour l'environnement (AEE). *L'environnement en Europe : état et perspectives 2010 – Synthèse*. Luxembourg : Office des publications officielles de l'Union européenne, 2010.

Aurenche, Eric. « Les constructions industrialisées et modulaires au service de l'évolution des besoins en bâtiments ». *Construction21*, Dossier Hors Site n° 2, 2020.

Bang Kiertzner, Anders. « Form follows availability ». In: *MS@IBD, Net Zero Carbon Strategy in Real Estate and Building Sector, in the World by 2050*, 8-12 avril 2024.

« Bilan de santé des forêts françaises ». IGN, 05 novembre 2021. <https://www.ign.fr/reperes/bilan-de-sante-des-forets-francaises>

Boutté, Franck. « Et maintenant on fait quoi ? Récits prospectifs d'atténuation et d'adaptation ». In: *MS@IBD, Net Zero Carbon Strategy in Real Estate and Building Sector, in the World by 2050*, 8-12 avril 2024.

« Buitex : recyclage et revalorisation de matériaux en isolants ». Buitex, consulté en 2023. <https://www.buitex.com/>

Ciments Hoffmann Green. « Premiers ciments décarbonés 0 % clinker et à faible consommation énergétique », 2022.

« Communiqué de presse. Céline Beaujolin, nommée Déléguée générale de l'association Filière hors site France ». *Filière hors site France*, 29 avril 2024

CSTB. « Appréciation Technique d'Expérimentation n° 3221_V1 ». POINT P SAS, 2023.

Daumas, Marc. « Imaginer : concevoir l'immobilier demain ». *GA Smart Building*, 2024.

« Déchetterie REP IDF ». La plateforme du bâtiment, consulté en 2024.

Demians, Anne. « ArchitectureConnaissance/Imagination ». In: MS® IBD, *Net Zero Carbon Strategy in Real Estate and Building Sector, in the World by 2050*, 8-12 avril 2024.

« Des voussoirs ultra bas-carbone expérimentés sur la ligne 18 ». Grand Paris Express, 10 février 2022. <https://www.grandparisexpress.fr/actualites/voussoirs-ultra-bas-carbone-experimentes-sur-ligne-18>

« Enquête nationale de la construction bois 2022 ». France Bois Forêt, Codifab, 19 juillet 2023.

Fabre, Maël. « À Angers, ils construisent la première façade de France en béton à faible empreinte carbone ». *Ouest-France*, 24 avril 2024.

FFB Nationale. « Tendances récentes du bâtiment – Mars 2024 ». *Fédération française du bâtiment*, 06 mars 2024. <https://www.ffbatiment.fr/actualites-batiment/actualite/tendancesbatmars2024>

F. Stocker, Thomas, Dahe Qin, GianKasper Plattner, *et al.* « Changements climatiques 2013. Les éléments scientifiques ». GIEC, 2013.

Groupe de travail des maîtrises d'ouvrage signataires de la *Charte pour le développement de la construction hors site*. « Référentiel construction hors site », octobre 2023.

Hardy, Anne. « Constructing the future of buildings ». *YearBook 2023-2024*, Saint-Gobain, 2024.

Hart, Joanne. « Ciment. Plus d'ambition pour moins d'émissions ». Ecocem, novembre 2022.

Hans, Julien. « Quels défis à relever pour tenir la trajectoire de transformation du parc existant sur les grands enjeux d'adaptation et de transformation lié au changement climatique ? ». CSTB, 2024.

IFPEB, Carbone4. « Quels enseignements de la conversion de l'Observatoire E+C- avec les indicateurs de la RE2020 », 2023.

Jean-Michel Wilmotte & Associés. « Grand Palais éphémère », 2021. <https://www.wilmotte.com/projets/grand-palais-ephemere/>

Keys Reim. « Construction hors site : avantage, inconvénients & potentiel zéro carbone », 2022. https://hors-site.com/wp-content/uploads/2023/10/ETUDE_HORS-SITE_11-1.pdf

« Le béton bas-carbone, un matériau à faible impact environnemental ». Bouygues Construction, 2022. <https://www.bouygues-construction.com/innovation/toutes-nos-innovations/le-beton-bas-carbone>

« Les ciments "bas-carbone" : de nouveaux mélanges ternaires ». Infociments, mars 2022. <https://www.infociments.fr/ciments/les-ciments-bas-carbone>

« Les Filières REP, qu'est-ce que c'est ? ». Ministère de la Transition écologique, juin 2023.

« Les industries du plâtre. Au cœur de la construction durable ». Syndicat national des industries du plâtre (SNIP), 2023. <https://www.lesindustriesduplatre.org/>

Madec, Philippe. « Mieux avec Moins. L'architecture frugale ». In: MS® IBD, *Net Zero Carbon Strategy in Real Estate and Building Sector, in the World by 2050*, 8-12 avril 2024.

Mège, Romain. « Grandes transitions et leurs déclinaisons dans l'acte de construire et d'habiter », ESTP, 2024.

Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires. « Cadre général des filières à responsabilité élargie des producteurs ». *ecologie.gouv.fr*, 1^{er} décembre 2017. <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/cadre-general-filieres-responsabilite-elargie-producteurs>

Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires. « Réglementation environnementale RE2020 ». *ecologie.gouv.fr*, 18 novembre 2020. <https://www.ecologie.gouv.fr/reglementation-environnementale-re2020>

Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires. « Stratégie nationale bas-carbone ». *ecologie.gouv.fr*, 2020.

Nambatya, Mauricia. « Upscaling innovative appropriate technologies in construction. A case for uptake of Interlocking Stabilised Soil Blocks in tropical housing projects

in Uganda » In: MS® IBD, *Net Zero Carbon Strategy in Real Estate and Building Sector, in the World by 2050*, 8-12 avril 2024.

Ni, Jérémie. « Le rôle de nouvelles énergies dans la ville de Shenzhen en Chine ». In: MS® IBD, *Net Zero Carbon Strategy in Real Estate and Building Sector, in the World by 2050*, 8-12 avril 2024.

OID, « Fin de cycle d'un bâtiment : quelles stratégies pour quelle empreinte environnementale ? », 03 mai 2023. <https://o-immobilierdurable.fr/fin-de-cycle-dun-batiment-queelles-strategies-pour-quelle-empreinte-environnementale/>

Pilkington. « Le Procédé Float, ». *Pilkington*, s.d.

« Placo® Infinaé 13, la première plaque de plâtre composée à plus de 50 % de plâtre recyclé ». SaintGobain Placo, 21 septembre 2022. <https://www.placo.fr/nous-connaître/nos-innovations/page-editoriale-article/placor-infini-13-la-premiere-plaque-de-platre-composee-de-plus-de-50-de-matiere-recyclee>

Point P. « Communiqué de presse. Point P lance Terlian », 13 novembre 2023.

Saint-Gobain. « Communiqué de presse, La première production de verre plat avec plus de 30 % d'hydrogène », 30 mars 2023. <https://www.saint-gobain.com/fr/news/saint-gobain-realise-la-premiere-production-de-verre-plat-avec-plus-de-30-dhydrogene>

Saint-Gobain. « Communiqué de presse. Saint-Gobain va augmenter ses capacités de production en Norvège et créer la première usine de plaques de plâtre "net zéro carbone" au monde », 24 mai 2021.

United Nations Economist Network. « New economics for sustainable development, circular economy » 2021.

Les auteurs du Yearbook

The Yearbook authors



Maxime Bourrée



**Doris
Belanor Ngankeu**



Lucile Gasnier



Alice Gohard



Cyril Guérandel



Sébastien Paumier



**Laetitia
Wotchouang Djapa**

Les conférenciers

Speakers



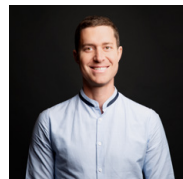
Julien Hans

Directeur général adjoint,
Directeur Recherche &
innovation
CSTB



Anne Hardy

Chief Innovation Officer
Groupe Saint-Gobain



Romain Mège

Directeur de l'enseignement
et de la recherche
ESTP



**Margret Mauricia
Nambatya**

Country Manager
Haileybury Youth Trust



Jérémie Ni

Directeur
ChinForm

L'équipe organisatrice *The management team*



Dominique Naert

Directeur du MS® IBD
*Director of the Advanced
Master® Sustainable
Real Estate and Building,
Energy and Digital
Transitions*



Bruno Mesureur

Coordinateur
et président de
la conférence
internationale
*Coordinator and Chair
of the International
Conference*



Estelle Réveillard

Modératrice de la
semaine internationale
*Moderator of the
International Conference*



Stéphanie Merger

Directrice adjointe, MS®IBD
Assistant Director, MS®IBD



Laurence Nizier

Inspectrice des études
Academic Advisor



Pour toutes vos recherches, trouver de la documentation et connaître les informations pratiques de la bibliothèque

To start your documentary search, find documentation and practical information about the library

<https://bibliotheque.enpc.fr>

Ce *Yearbook* a été réalisé par la Direction de la Documentation, des Archives et du Patrimoine de l'École nationale des ponts et chaussées en collaboration avec Dominique Naert, directeur du MS[®] IBD et Bruno Mesureur, coordinateur de la semaine internationale. Ce travail d'édition s'inscrit dans la continuité des missions de conservation et de diffusion des savoirs de l'École.

La Direction de la Documentation, des Archives et du Patrimoine met à disposition des étudiants un espace de 800 m², dénommé La Source, comptant 2 salles de lecture et 6 espaces projets équipés pour le travail en groupe (tableau blanc numérique connecté, écran tactile, visioconférence, etc.).

170 000 ouvrages et revues de référence, dont des ressources en ligne – ebooks, revues scientifiques et bases de données spécialisées, sont disponibles et complétés par un riche patrimoine de 80 000 documents accessibles sur demande. Les étudiants bénéficient de sessions de formation aux ressources et aux outils documentaires intégrées aux cursus.

Véritable outil au service de l'enseignement et de l'apprentissage, La Source offre un accès à un large panel d'informations. On y vient pour se former et s'informer, pour préparer un projet, mais également, pour travailler en groupe, partager des idées, des expériences et des savoirs.

This Yearbook was made by the Department of Documentation, Archives and Heritage of the École nationale des ponts et chaussées, in close collaboration with Dominique Naert, director of the Advanced Master[®] and Bruno Mesureur, coordinator of the International Conference. This editorial work is a way of fulfilling the school's mission to conserve and disseminate knowledge.

The Department of Documentation, Archives and Heritage provides students with an 800 m² space, named La Source. It comprises 2 reading rooms and 6 project rooms equipped for group work (digital whiteboard, touch screens, videoconference equipment, etc.)

170,000 books and scientific journals, including online resources – ebooks, scientific journals and specialized databases, are available, on top of a rich documentary heritage of 80,000 documents available on request. Students benefit from training sessions and personalized support with those resources.

A real asset for teaching and learning, La Source gives students access to a wide variety of information. It is a place to educate oneself, a place to learn, a place to prepare a project, but also to work in groups and share ideas, experiences and knowledge.

Conception et réalisation • Publishing team

Pierrine Malette, chargée d'édition
Vitória Zavattieri de Andrade, chargée de diffusion/distribution
Direction de la documentation, des archives et du patrimoine
École nationale des ponts et chaussées
6-8 avenue Blaise Pascal - Cité Descartes
Champs-sur-Marne - F-77455 Marne-la-Vallée cedex 2

Impression • Printed at

Service reprographie de l'École nationale des ponts et chaussées
École nationale des ponts et chaussées's reprography department

Cet ouvrage a été réalisé grâce à la chaîne d'édition Métopes (développée par l'université de Caen)

Plus d'informations sur : <http://www.metopes.fr/>

Retrouvez ce Yearbook en ligne • Find this Yearbook online

► www.ecoledesponts.fr > Formation continue > Mastère Spécialisé® > Immobilier et Bâtiment Durables

Pour plus d'informations, n'hésitez pas à contacter • For more information, please contact :

Directeur du MS® Immobilier et bâtiment durables • *Advanced Master's Headmaster*

Dominique Naert
naert.dominique@wanadoo.fr
06 17 94 49 47



@EcoledesPonts @BibdesPonts



YouTube EcoledesPonts

Crédits iconographiques

Couverture : Tuschinski Park, Rotterdam © Frans Block (source : Adobe Stock) — **Page 31** : Magasins généraux, Pantin © Manuel Bouquet, 2017 (source : Terra) — **Page 97** : Building with gardens ground floor © Freestockcenter, s.d. (source : Freepik) — **Page 167** : Frankfurt from the air © Dominik Bach, s.d. — **Page 241** : London, Canada © Scott Webb, 2014, (source : Pexels) — **Page 295** : Interlocking Stabilised Soil Blocks, Ouganda © Mauricia Nambatya, s.d. — **Page 366** : photo de La Source © David Delaporte, 2018.

ISSN 2801-9091

En bref

En 2021, le MS[®] IBD (Immobilier et bâtiment durables) a créé un cycle de conférences internationales qui donne la parole à des intervenants du monde entier. Ces conférences sont enregistrées et forment un corpus très riche mis à la disposition des élèves du MS[®] IBD, mais aussi, de tous les élèves de l'École nationale des ponts et chaussées. En 2024, le cycle s'est déroulé sur 5 journées. Les conférences ont été suivies en distanciel et en présentiel.

Les éclairages des experts, à la fois techniques et scientifiques, ont donné lieu à un travail de comparaison par les élèves des stratégies nationales bas-carbone de différents pays évoqués. Le présent *Yearbook* rassemble l'ensemble de ces analyses afin de donner à voir l'ampleur et la profondeur des réflexions de ces professionnels, porteurs des évolutions à venir dans l'immobilier et le bâtiment.

Cet événement, au départ conçu pour la circonstance, est appelé à se renouveler, afin d'enrichir chaque nouvelle promotion des nouvelles technologies et de l'avancée des réflexions à l'échelle internationale pour parvenir à des sociétés moins carbonées.

In 2021, the Advanced Master[®] IBD (Sustainable Real Estate and Building – Carbon and Digital Transitions) created a cycle of international conferences which gives the floor to speakers from all over the world. These conferences are recorded and form a very rich corpus made available to students of the Advanced Master[®] IBD, but also to all students of the École nationale des ponts et chaussées. In 2024, the cycle took place over 5 days. The conferences were followed on-line and in-person.

The experts' insights, both technical and scientific, led to a comparison by the students of the national low-carbon strategies of the different countries mentioned. This Yearbook gathers all of these comparative analyses in order to display the relevance and depth of the reflexions of these professionals, who are the bearers of future developments in real estate and building.

This event, initially conceived for the occasion, is destined to be repeated, so that each new promotion will learn about the most recent technologies and reflexions at the international scale to make our world a less carbon intensive one.