

MASSIFICATION DE LA RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE

ACCÉLÉRER ET OPTIMISER LA RÉNOVATION
ÉNERGÉTIQUE GRÂCE AUX OUTILS
NUMÉRIQUES ET INDUSTRIELS

Karim Beddiar • Pascal Chazal • Riad Ziour

MASSIFICATION DE LA RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE

ACCÉLÉRER ET OPTIMISER LA RÉNOVATION
ÉNERGÉTIQUE GRÂCE AUX OUTILS
NUMÉRIQUES ET INDUSTRIELS

DUNOD

Cet ouvrage a été réalisé avec le soutien de Cesi.

Direction artistique : Nicolas Wiel

Illustration de couverture : EnergieSprong

Mise en pages : Nord Compo

Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.

Le Code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements

d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour

les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée.

Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du

Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).



© Dunod, 2022

11 rue Paul Bert, 92240 Malakoff

www.dunod.com

ISBN 978-2-10-082641-4

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2^o et 3^o a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

Table des matières

Préface	1
Remerciements	3
Introduction générale	5
Abréviations	9
Chapitre 1 ■ Contexte et enjeux de la rénovation énergétique	11
1.1 La construction, un secteur en pleine mutation	11
1.1.1 Un nécessaire changement de paradigme	11
1.1.2 Le secteur de la construction en quelques chiffres	13
1.1.3 Enjeux de la mutation	15
1.2 La rénovation énergétique au cœur de la mutation du secteur	19
1.2.1 Les objectifs politiques	19
1.2.2 Massifier la rénovation	21
1.3 L'économie circulaire dans la construction	23
1.3.1 Définition du concept d'économie circulaire	23
1.3.2 L'économie circulaire appliquée au secteur de la construction	24
1.3.3 Rôle du <i>low-tech</i> dans l'économie circulaire	28
1.3.4 Évaluation de la circularité dans l'acte de construire et de rénover	30
1.3.5 Économie circulaire et rénovation énergétique	33
1.4 Standards et normes énergétiques	35
1.4.1 Réglementation environnementale 2020	36
1.4.2 Les labels Effinergie	37
1.4.3 Certification HQE™	38
1.4.4 Certification NF HQE™ Bâtiments Tertiaires – Neuf ou Rénovation	38
1.4.5 Certification NF Habitat – NH Habitat HQE™ pour les logements	39
1.4.6 Le label BBCA neuf, rénovation et quartier	39
1.4.7 Label Biodiversity	40
1.4.8 Label Bâtiment biosourcé	41
1.4.9 Label R2S-Ready2Services	41
1.4.10 Les labels de connectivité WiredScore et SmartScore	42
1.4.11 Certifications et labels internationaux	42
1.5 Conclusion	43

Chapitre 2 ■ Rénovation énergétique, massification et industrialisation	45
2.1 Les grands principes de la rénovation	45
2.1.1 Définition de quelques concepts essentiels	45
2.1.2 Méthodes traditionnelles de rénovation énergétique	47
2.1.3 La rénovation, étape par étape	49
2.2 Une massification indispensable pour le secteur	51
2.2.1 Répondre aux enjeux climatiques	52
2.2.2 Améliorer la productivité du secteur de la construction	52
2.3 Massifier par l'industrialisation de la rénovation et la construction hors-site	57
2.3.1 La nécessaire industrialisation	57
2.3.2 La construction hors-site	58
2.3.3 Rénovation industrialisée : Importance du numérique	63
2.4 L'exemple d'EnergieSprong : un mouvement global	66
2.4.1 Genèse et principe	66
2.4.2 EnergieSprong en France	68
2.4.3 Raisonnement en coût global sur 30 ans	71
2.5 Conclusion	75
Chapitre 3 ■ Massification énergétique et outils numériques	77
3.1 La massification des données énergétiques	77
3.1.1 Les données des compteurs concessionnaires	77
3.1.2 L'instrumentation des bâtiments	79
3.1.3 L'analyse des données	84
3.2 BIM et BEM	86
3.2.1 Présentation du BIM	86
3.2.2 BIM et construction hors-site	89
3.2.3 Du BIM au BEM (<i>Building Energy Modeling</i>)	90
3.3 La simulation énergétique au service de la massification de la rénovation	94
3.3.1 Les différents types de modèles énergétiques : boîte noire, boîte blanche et boîte grise	95
3.3.2 Modélisation énergétique, audit énergétique et rénovation	97
3.3.3 La simulation réglementaire	98
3.3.4 La simulation thermique dynamique	105
3.3.5 Massifier les études énergétiques grâce au <i>cloud computing</i>	109
3.3.6 Le calibrage des modèles énergétiques	110

3.4 Bases de données géographiques, données open source : construire une stratégie territoriale grâce à la data	112
3.4.1 Les bases de données géographiques	112
3.4.2 L'open data	115
3.4.3 Exemples d'application	118
3.5 Conclusion	120
Chapitre 4 ■ Stratégies et leviers du déploiement	121
4.1 Une nouvelle approche de la rénovation énergétique	121
4.2 La recherche et l'innovation	122
4.2.1 Quelles recherches et innovations en Europe ?	122
4.2.2 Contexte de la recherche en France	124
4.2.3 Recherche et innovation dans la rénovation énergétique	128
4.3 La formation et la montée en compétences	130
4.3.1 Mutation numérique et évolution des métiers dans la construction	130
4.3.2 Les métiers et compétences dans le domaine de la rénovation énergétique	132
4.4 Le rôle de la réglementation dans la massification de la rénovation	135
4.4.1 Le décret tertiaire	135
4.4.2 L'interdiction de louer les logements « passoires énergétiques »	137
4.5 Les aides financières à la rénovation énergétique des bâtiments	139
4.5.1 Pour les logements : MaPrimeRénov'	139
4.5.2 Pour tous les secteurs du bâtiment : les CEE	141
4.5.3 Autres dispositifs d'aides	145
4.6 Rôle des usagers	146
4.6.1 Une part croissante des usages mobiliers dans la consommation d'énergie	146
4.6.2 L'effet rebond	147
4.6.3 Implication des usagers : accompagnement, <i>nudge</i> et <i>gamification</i>	149
4.7 Le levier juridique pour la massification de la rénovation	150
4.7.1 Cadre légal de la construction hors-site	150
4.7.2 Évolution des textes législatifs applicables à la rénovation énergétique	153
4.7.3 L'adaptation contractuelle au service de l'industrialisation	156
4.7.4 Différentes étapes juridiques pour organiser la massification	160
Chapitre 5 ■ Études de cas	163
5.1 Exemples de rénovation énergétique massifiée de type EnergieSprong	163
5.1.1 Rénovation de 10 maisons individuelles à Hem (59)	163
5.1.2 Rénovation de 160 maisons des années 50 à Wattrelos (59)	167
5.1.3 Marché de 2 000 logements USH des Pays de la Loire	171

5.2 Rénovation du lycée Bréquigny à Rennes	176
5.2.1 Fiche d'identité du projet	176
5.2.2 Description du projet	177
5.2.3 La maquette numérique multicritère au centre du processus	179
5.2.4 Industrialiser pour réduire les délais et les coûts	181
5.2.5 Le suivi de la performance dans la durée	184
5.2.6 Un projet répliquable	185
5.3 Rénovation de la résidence Croix Berthaud à Saint-Chamond	186
5.3.1 Fiche d'identité du projet	186
5.3.2 Description du projet	186
5.3.3 La garantie de performance au cœur du projet	190
5.4 Les Noirettes & Grand Bois à Vaulx-en-Velin (69) par Est Métropole Habitat	193
5.4.1 Contexte global	194
5.4.2 Retour du maître d'ouvrage	196
5.4.3 Retour du bureau de contrôle et aux entreprises	199
5.4.4 La parole à l'AMO BIM	200
5.4.5 La parole à l'architecte	202
5.4.6 Le retour des locataires	202
Conclusion générale	205
Glossaire	209
Bibliographie	217
Webographie	221
Index	223

Préface

Plus que jamais, la massification de la rénovation énergétique autrement dit la rénovation énergétique pour tous est devenue un impératif pour notre planète et pour nos sociétés. Pour réduire l’empreinte carbone de nos bâtiments, pour revitaliser de l’existant plutôt que d’artificialiser de nouvelles terres, pour lutter contre la précarité énergétique de nombreux Français, pour encourager les artisans dans nos territoires, la rénovation énergétique des bâtiments doit être une ambition majeure des pouvoirs publics.

La crise sanitaire et le confinement des populations d’une part, la hausse des prix de l’énergie et notre dépendance à des sources énergétiques étrangères d’autre part renforcent l’importance de réduire la consommation énergétique de notre parc immobilier. La rénovation énergétique est donc devenue un élément de notre souveraineté nationale et le sera d’autant plus dans les années à venir, au regard de la montée des tensions internationales.

Dès 2017, Emmanuel Macron a engagé une politique volontariste en matière de rénovation énergétique, contribuant à une réelle prise de conscience chez les ménages français. Ce volontarisme est d’autant plus primordial que l’acte de rénover est tout sauf simple. Il faut en effet intégrer de nombreuses contraintes, comme l’état du bâti, la situation du ménage, voire l’environnement du site. Il faut accepter les nuisances d’une phase de chantier.

En plus de ces nombreuses contraintes et difficultés, l’écosystème de la rénovation énergétique est longtemps resté dans un modèle « éclaté », avec un très grand nombre d’acteurs différents. Là où d’autres secteurs avaient engagé une révolution culturelle et industrielle, comme l’automobile ou le textile, le secteur de la rénovation énergétique n’avait pas encore initié sa mue pour changer d’échelle et réussir le pari de la massification.

Aujourd’hui, la révolution numérique nous offre l’opportunité de redéfinir l’acte de construire et de rénover pour le faire entrer dans une nouvelle ère. Cette nouvelle ère sera marquée par l’accélération de l’innovation, la modernisation des outils de travail, la simplification des rénovations, et donc moins de nuisances. Elle permettra à nos entreprises françaises de rester compétitives dans le secteur en France et à l’étranger.

Ministre du Logement, je suis fière d'avoir contribué à cette transformation, en participant à la structuration de la filière des acteurs de la rénovation énergétique. Cette réussite est collective et montre la pleine mobilisation de l'ensemble des acteurs face à ce défi de modernisation, mais une nouvelle étape nous attend pour réussir pleinement la massification de la rénovation énergétique.

Ce nouveau défi vise à transformer cette filière pour la rendre plus attractive, plus résiliente, plus productive et surtout mieux armée pour faire face aux enjeux contemporains. Toute radicale qu'elle soit, cette transformation ne doit pas se faire au détriment des artisans et entreprises locales mais, au contraire, avec eux, en utilisant leur savoir-faire et leurs compétences. La massification de la rénovation énergétique ne pourra être réussie qu'au regard de cette exigence.

Madame Emmanuelle Wargon

Ministre déléguée auprès de la ministre de la Transition écologique,
chargée du Logement

Remerciements

Cet ouvrage est la résultante de plusieurs mois de veille, de recherche et beaucoup d'efforts sur un sujet d'actualité et peu traité dans la littérature.

Notre reconnaissance et nos remerciements vont d'abord à Madame Emmanuelle WARGON, Ministre déléguée auprès de la ministre de la Transition écologique, chargée du Logement, d'avoir accepté de préfacer cet ouvrage.

Merci à Maître Stephan Lesage-Mathieu, avocat au barreau de Paris, LPA-CGR, pour sa contribution sur la partie juridique du chapitre 4.

Merci aux entreprises et organismes ayant accepté de nous fournir des études de cas et des illustrations, parmi elles : EnergieSprong France, Openenergy, Doremi, Ademe, Cast Consultancy, Factory Zéro, Révolution, Campus hors-site, Hors-site Conseil, Hors-site Magazine, Redcat architecture, Rabot Dutilleul, Vinci Construction France, Vilogia, USH des pays de Loire, Egis, Greenflex, JSA Architectes, CSTB, etc.

Rédiger un livre est un travail de longue haleine, nous devons, enfin remercier nos familles pour leur patience et leur compréhension.

Introduction générale

« L'effet de serre retient la chaleur dans l'atmosphère. »

Jean Baptiste Joseph Fourier (1824)

« L'augmentation du CO₂ provoquera un réchauffement de la planète. »

Eunice Newton Foote (1856)

« Le changement climatique est dû à l'activité humaine. »

Svante Arrhenius (1896)

« Le changement climatique s'accélère. »

Charles David Keeling (1960)

« D'ici l'an 2000, le climat va changer. »

Lyndon B. Johnson (1965)

« Si nous doublons les émissions de CO₂,
la température augmentera de 3 °C. »

Jule Charney (1972)

« Ces conséquences sont multiples : vagues de chaleur, extinctions d'espèces, déstabilisation des calottes polaires, montée des océans sur le long terme... Toute augmentation des températures au-delà de 1,5 °C aggraverait ces impacts sur l'environnement. »

GIEC (2018)

« Dans tous les scénarios d'émissions de GES (sauf le plus optimiste), nous dépasserons le seuil de réchauffement mondial de + 1,5 °C entre 2021 et 2040. [...] Plus nous dépassons les 1,5 °C (inscrits dans l'accord de Paris), plus notre avenir sera imprévisible et les dangers importants.

Et ces points de non-retour pourraient advenir à l'échelle mondiale comme à l'échelle régionale. »

GIEC (2021)

Depuis les premiers de travaux de recherche sur l'altération de la couche d'ozone par le gaz carbonique, publiés dans les « Comptes rendus de l'Académie des Sciences » par J. Fourier il y a plus de deux siècles, la communauté scientifique

ne cesse d'alerter sur la catastrophe environnementale qui s'accélère. La population est de plus en plus inquiète, et pourtant, le sujet n'est guère traité sérieusement dans le paysage médiatique.

Les répercussions de cette dégradation du climat, à laquelle nous assistons depuis des années, sont le résultat de l'activité humaine. Elles sont de plus en plus visibles : inondations, ouragans, sécheresses, canicules... Et ces phénomènes vont s'aggraver inexorablement, car notre consommation de ressources naturelles (énergies fossiles notamment) ne diminue pas, bien au contraire.

Pour éviter le pire, la communauté internationale s'est fixé comme but de diviser par deux les émissions de gaz à effet de serre à l'échelle de la planète avant 2050. Certains pays de l'OCDE ne pourront respecter un tel objectif sans revoir leur mode de développement ; les pays industrialisés devront pour leur part consentir à un effort particulier en divisant par quatre leurs émissions.

La construction est l'un des premiers responsables des émissions de CO₂ et consommateurs d'énergie et de matières premières. Sa décarbonation est donc un prérequis pour atteindre la neutralité carbone d'ici 2050, un objectif défini dans la stratégie à long terme de l'Union européenne. Des millions de bâtiments sont mal isolés thermiquement en Europe : la rénovation énergétique doit s'intensifier et impose l'amplification de l'action des pouvoirs publics et du soutien des États. Elle répond en effet à des enjeux environnementaux, économiques et sociaux.

Depuis plusieurs années, la France a pris un certain nombre d'engagements :

- En 2015, la loi de transition énergétique fixe des objectifs de réduction de 40 % pour les émissions de gaz à effet de serre et de 30 % pour la consommation d'énergies fossiles à l'horizon 2030. Elle prévoit notamment que l'ensemble du parc immobilier français atteigne un niveau de performance énergétique conforme aux normes BBC (Bâtiment basse consommation) à l'horizon 2050 grâce à la rénovation de 500 000 logements par an.
- En 2019, la loi Énergie-climat fixe de nouveaux objectifs encore plus ambitieux, dont l'atteinte de la neutralité carbone à l'horizon 2050. Elle impose des mesures en vue de lutter contre les logements très énergivores, qualifiés de « passoires thermiques ».
- En 2021, la loi Climat et résilience, issue des travaux de la Convention citoyenne pour le climat, introduit la notion de « rénovation performante » dans le Code de la construction et de l'habitation afin d'orienter les aides de l'État vers des rénovations plus efficaces.

Malgré une baisse continue des émissions de gaz à effet de serre dans le secteur du bâtiment depuis 2015, le Haut Conseil pour le climat souligne la

nécessité d'accélérer la rénovation énergétique pour respecter les objectifs que la France s'est fixés dans le cadre de sa stratégie bas carbone (SNBC). Il s'agit de concentrer les investissements prévus dans le cadre du plan de relance sur « les rénovations performantes, complètes et compatibles BBC ». Le plan de relance, décidé par le gouvernement à la suite de la crise du COVID-19, prévoit ainsi une enveloppe de 6,7 milliards d'euros dédiée à la rénovation énergétique des bâtiments sur la période 2021-2022.

Pour respecter ses engagements, la France doit impulser un vaste plan de rénovation énergétique des bâtiments résidentiels et tertiaires. Pour le résidentiel, l'objectif à atteindre est de rénover l'ensemble du parc existant d'ici 2050, et en priorité les habitations construites avant 1974 pour réduire leur consommation d'énergie primaire à 50 kWh/m²/an (contre 240 kWh/m²/an en moyenne actuellement). Le résidentiel et le tertiaire représentent un marché de 400 000 à 500 000 rénovations énergétiques par an, soit environ le triple du marché actuel.

Ce changement d'échelle nécessite, d'une part, de réduire le coût unitaire des rénovations grâce à des gains de productivité et à l'optimisation du processus de rénovation, et d'autre part, de proposer des solutions de rénovation globale en intégrant plusieurs fonctionnalités dans un même produit (par exemple l'isolation thermique et phonique). L'industrialisation des processus de construction semble être une solution prometteuse pour répondre à ces deux problématiques.

Pour ce faire, le secteur du bâtiment en France devra au préalable numériser son processus de production et d'industrialisation. Cela encouragera les fabricants de modules et de composants à créer des produits standardisés, à rendre les plans accessibles aux architectes en amont, et les constructeurs à automatiser leurs processus. C'est l'industrialisation de la rénovation.

Cette approche permettra au secteur de la construction d'être plus attractif pour la main-d'œuvre hautement qualifiée (en informatique). Attirer des talents d'autres industries que le bâtiment sera essentiel pour transférer les meilleures pratiques, faire émerger de nouveaux profils d'emplois, stimuler la productivité et, in fine, assurer la durabilité du secteur du bâtiment.

C'est ce que nous allons essayer d'expliquer dans ce livre. Cet ouvrage offre une grille de lecture pour vous permettre d'appréhender le contexte, les enjeux et les concepts essentiels de la rénovation énergétique et de sa massification *via* le numérique et l'industrialisation. Il pourra ainsi servir de point d'appui méthodologique pour les différents acteurs de la chaîne de construction qui s'intéressent de près ou de loin à la massification énergétique du bâtiment. Il servira également aux acteurs de la formation : enseignants, formateurs et étudiants.

Il est divisé en cinq chapitres complémentaires :

- La première partie est introductive et présente les défis (énergétiques, environnementaux, sanitaires, économiques...) auxquels le secteur de la construction fait face. On y définit également les standards et normes énergétiques.
- La deuxième partie, à visée technique et technologique, revient sur la notion de rénovation énergétique et d'industrialisation des processus de construction, le mariage des deux donnant naissance à la massification énergétique. Les approches organisationnelles et économiques y sont également traitées.
- La troisième partie présente différents outils et technologies numériques qui participent à la massification dans le bâtiment en permettant de simuler et de modéliser l'énergie.
- La quatrième partie traite des concepts, des méthodologies et des stratégies permettant d'organiser la massification énergétique.
- Enfin, la cinquième partie est consacrée à la présentation de plusieurs cas réels, dont EnergieSprong, illustrant la diversité de la massification énergétique. Ces études de cas sont décrites sous diverses facettes afin de vous permettre d'apprécier l'étendue du concept de la massification énergétique.

Le sujet étant vaste et complexe, la vision présentée ici sera, bien entendu, non exhaustive et ne couvrira pas tous les champs mobilisés par ce sujet pluridisciplinaire.

La massification énergétique basée sur les méthodes numériques et d'industrialisation représente une approche pragmatique et pertinente pour relever le défi immense de la rénovation énergétique et réussir la transition environnementale que traverse le secteur du bâtiment.

Notre objectif dans cet ouvrage est de mieux vous faire comprendre cette approche innovante.

Abréviations

- ADEME : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
- ACV : analyse du cycle de vie
- BBC : bâtiment basse consommation
- BBCA : bâtiment bas carbone
- BEM : *Building Energy Modeling*
- BePOS : bâtiment à énergie positive
- BIM : *Building Information Management, Modeling ou Model*
- BOM : *Bill of Materials*
- BREEAM : *Building Research Establishment Environmental Assessment Method*
- CAPEX : *Capital Expenditure*
- CDW : *Construction and Demolition Waste*
- CEE : certificats d'économies d'énergie
- CREM : conception réalisation exploitation maintenance
- CtoC : *Cradle-to-cradle*
- CSTB : Centre scientifique et technique du bâtiment
- CVC : chauffage ventilation climatisation
- DGEC : Direction générale de l'énergie et du climat
- DfMA : *Design for Manufacturing and Assembly*
- DPE : diagnostic de performance énergétique
- ECS : eau chaude sanitaire
- EnR : énergie renouvelable
- FFB : Fédération française du bâtiment
- HQE : haute qualité environnementale
- HPE : haute performance énergétique
- IFC : *Industry Foundation Classes*
- IoT : *Internet of Things*
- ITE : isolation thermique par l'extérieur
- LEED : *Leadership in Energy and Environmental Design*
- LOD : *Level of Detail*
- LOI : *Level of Information*

Abréviations

- MOP : maîtrise d'ouvrage publique
- NTIC : nouvelles technologies de l'information et de la communication
- OPEX : *Operational Expenditure*
- PCI : plan cadastral informatisé
- R2S : *Ready to Services*
- RE2020 : réglementation environnementale 2020
- RT2012 : réglementation thermique 2012
- SBA : *Smart Buildings Alliance*
- SED : simulation énergétique dynamique
- STD : simulation thermique dynamique
- SHAB : surface habitable
- SHON : surface hors œuvre nette
- SNBC : stratégie nationale bas carbone
- USGBC : *US Green Building Council*

Chapitre 1

Contexte et enjeux de la rénovation énergétique

Le bâtiment sera façonné à l'aune des transitions écologique, énergétique et numérique. L'ambition de ce chapitre introductif est d'apporter des clés de compréhension nécessaires pour appréhender les chapitres suivants de cet ouvrage. Nous présenterons notamment les principaux enjeux liés à la rénovation énergétique et à sa massification, ainsi que l'atout que peut représenter l'économie circulaire. Enfin, nous clôturerons ce chapitre avec la présentation des standards et normes énergétiques actuelles.

1.1 La construction, un secteur en pleine mutation

1.1.1 Un nécessaire changement de paradigme

La crise climatique est une des plus importantes menaces qui pèse sur l'humanité. Le secteur de la construction en est un contributeur important par les émissions de dioxyde de carbone dues à l'accroissement de l'urbanisation, et par la production de matériaux et l'utilisation de combustibles fossiles. Si les différents pays, notamment européens, ont exprimé leur engagement commun pour prendre des mesures et lutter contre le changement climatique, ils se concentrent encore principalement sur le développement économique de leur propre nation.

En 2018, la construction et l'exploitation des bâtiments représentent plus de 40 % des émissions de CO₂ liées à l'énergie et 38 % de la consommation

d'énergie finale mondiale¹, à l'exclusion de la consommation d'énergie liée au transport des matériaux de construction vers les sites de construction. L'exploitation des bâtiments (chauffage, refroidissement, éclairage, etc.) représente 28 % des émissions mondiales de CO₂, dont 11 % sont attribués aux émissions de CO₂ incorporé, c'est-à-dire au carbone libéré pendant la fabrication des matériaux et le processus de construction. À titre d'exemple, un kilo de ciment libère plus de 0,5 kg de CO₂ dans l'atmosphère². Or l'industrie de la construction en utilise 4,2 trillions de kilogrammes par an.

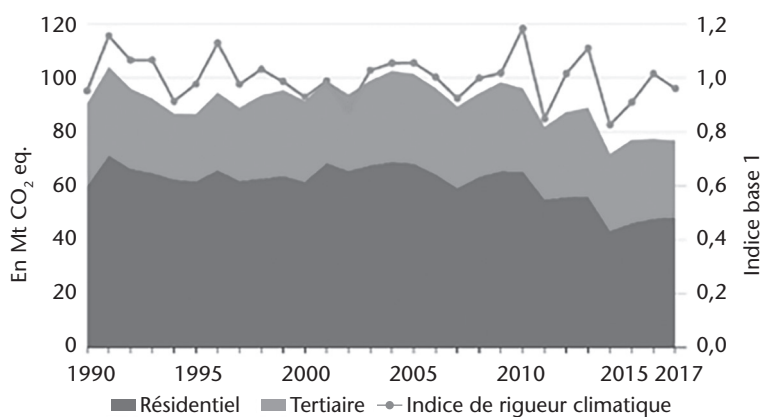


Figure 1.1 – Émissions de gaz à effet de serre du secteur résidentiel et tertiaire en France
(source : SDES 2020)

Afin d'atténuer son impact global sur l'environnement, le secteur de la construction a décidé de s'engager résolument dans une voie plus vertueuse et durable dans laquelle les progrès technologiques sont des leviers importants.

En 2018, lors de la COP24, les dirigeants des nations se sont engagés à ce que les nouveaux bâtiments fonctionnent à un niveau zéro émission nette de carbone d'ici 2030. Un bâtiment à zéro émission nette de carbone est un bâtiment qui est efficace sur le plan énergétique et qui est entièrement alimenté par des sources d'énergie renouvelable.

Plus généralement, l'Union européenne s'est fixé l'objectif d'atteindre la neutralité carbone d'ici 2050, objectif qui concerne bien sûr le secteur du bâtiment. La préoccupation la plus urgente est donc d'améliorer l'efficacité énergétique, tout en développant les sources d'énergie renouvelable. Il est

1 www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr

2 www.ecologique-solidaire.gouv.fr

également important de réduire les émissions de carbone incorporé, dans le neuf comme dans la rénovation.

Lors de la Triennale d'architecture d'Oslo 2019, les professionnels du bâtiment ont été invités à explorer une nouvelle façon de penser sous la bannière de la « décroissance », pour favoriser l'épanouissement humain et écologique. Certains membres de la profession réévaluent leur système de valeurs, réfléchissant à ce qui est considéré comme bon ou mauvais, tandis que d'autres se dressent contre les projets nuisibles. À ces enjeux environnementaux s'ajoute l'absolue nécessité de construire des bâtiments résilients. Ce fait a été mis encore plus en lumière lors de la crise sanitaire mondiale due au COVID-19.

Outre la question énergétique, la filière construction doit faire face aujourd'hui à des enjeux stratégiques majeurs pour maintenir une croissance rentable. Pour cela, elle doit proposer des produits et des services technologiques innovants, améliorer la productivité et accélérer la réalisation des projets.

Le numérique peut donner une longueur d'avance décisive au secteur du bâtiment. La quatrième révolution industrielle, ou l'industrie 4.0, est marquée par le développement d'un ensemble de technologies issues du numérique : big data, intelligence artificielle, cloud, robotique, internet industriel des objets, simulations numériques, BIM, réalité augmentée, impressions 3D, fabrication additive, intégration horizontale et verticale des systèmes, cybersécurité... De nouvelles opportunités s'offrent à toutes les entreprises qui entendent accroître leur compétitivité, la qualité de leurs travaux et le respect des délais. Le cloisonnement des métiers de la construction pénalise en effet l'échange d'informations (autrement dit l'« interopérabilité ») et la collaboration, freinant ainsi l'industrialisation du processus constructif. En effet, à l'heure actuelle, plus de la moitié des projets de construction demeurent non créateurs de valeur, en raison d'erreurs et de défauts, de délais d'attente et de recherche, de processus de construction non interopérables, non coordonnés et d'un manque de communication entre les différents acteurs. Grâce à la numérisation, il sera possible, à l'avenir, de mettre à profit ces potentiels de création de valeur.

1.1.2 Le secteur de la construction en quelques chiffres

L'industrie du BTP regroupe toutes les activités de conception et de construction des bâtiments publics et privés et des infrastructures. En 2018, elle représente à l'échelle mondiale plus de 900 milliards de dollars de chiffre d'affaires, ce qui fait d'elle l'une des industries les plus importantes au monde.