

BRIGITTE VU

RÉNOVATION DES BÂTIMENTS ET PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE

MANAGEMENT
ET SOLUTIONS



Méthodologie
Éco Énergie
Tertiaire

DUNOD

Direction et conception graphiques de la couverture :
Nicolas Wiel, Pierre-André Gualino et Léa Coma (Graphistes)
Mise en page : Lumina Datamatics

Images de couverture
Bâtiment avec isolation thermique : ©Shutterstock_1486349063
Laine minérale : ©Shutterstock_1228784437
Briques : ©Shutterstock_1739733404
Bâtiment avec échafaudages : ©Shutterstock_2400560015

NOUS NOUS ENGAGEONS EN FAVEUR DE L'ENVIRONNEMENT :



Nos livres sont imprimés sur des papiers certifiés pour réduire notre impact sur l'environnement.



Le format de nos ouvrages est pensé afin d'optimiser l'utilisation du papier.



Depuis plus de 30 ans, nous imprimons 70 % de nos livres en France et 25 % en Europe et nous mettons tout en œuvre pour augmenter cet engagement auprès des imprimeurs français.



Nous limitons l'utilisation du plastique sur nos ouvrages (film sur les couvertures et les livres).

© Dunod, 2020, 2025

11, rue Paul Bert, 92240 Malakoff
www.dunod.com

ISBN 978-2-10-087592-4

Préface

Cet ouvrage s'appuie sur l'expertise reconnue qu'a acquise Brigitte Vu au cours des vingt années pendant lesquelles nos parcours se sont croisés.

Brigitte Vu est une auteure exceptionnelle et sans doute atypique dans le paysage des spécialistes français en rénovation énergétique, car elle a su croiser des expériences professionnelles avec des formations académiques en alternance, un parcours initial d'ingénieur, suivi une formation 12 ans plus tard en DESS en développement du territoire vers un développement durable, puis la soutenance d'une thèse de doctorat à plus de 50 ans à l'Université Pierre et Marie Curie, durant laquelle elle a travaillé sur la construction de logements autonomes en énergie intégrant l'hydrogène.

En parallèle, elle a enseigné à l'IUT de Belfort en génie civil puis à l'université de technologie de Belfort-Montbéliard, où elle a construit une formation et dispensé des enseignements sur les bâtiments à haute efficacité énergétique et des recherches sur les technologies intelligentes de production et de stockage d'énergie dans des quartiers urbains. Elle a été très active dans la création du CAREB en 2018, qui préfigure la formation aux métiers de demain dans la rénovation.

Ses recherches technologiques sur la mise en place de rénovations intégrant les énergies renouvelables, le stockage de batteries en seconde vie et l'hydrogène stationnaire ont été novatrices.

Brigitte Vu est aujourd'hui une référence incontournable et une experte reconnue, tant à l'OPECST au Parlement, qu'auprès de personnalités politiques, de ministres. Elle m'a apportée son expertise notamment lorsqu'avec le sénateur Marcel Deneux nous écrivions, en juillet 2014, un rapport de l'Office parlementaire des choix scientifiques et technologiques (OPECST) sur « Les freins réglementaires à l'innovation en matière d'économies d'énergie dans le bâtiment : les besoins d'une thérapie de choc. » Quand on constate qu'au cours de sa carrière, elle a fourni des conseils et des expertises à des personnalités aussi diverses que Nathalie Kosciusko-Morizet, Claude Birraux, Bruno Sido, Cédric Villani, Gérard Longuet, Jean-Luc Fugit, ministres, présidents ou membres de l'OPECST, on constate que son expertise est largement reconnue. Elle a d'ailleurs été nommée en 2020, confirmée en 2024 comme personnalité qualifiée au conseil supérieur du bâtiment et de l'efficacité énergétique.

Brigitte Vu est une passionnée, elle a un objectif, devenu un fil rouge, celui de parvenir à la neutralité carbone dans le secteur du bâtiment en 2050.

L'ouvrage qu'elle a écrit donne des recettes pratiques pour réussir la transition énergétique dans le bâtiment. Il aide à mieux comprendre les enjeux de réduction

des consommations énergétiques prévus dans le décret de 2019 relatif aux bâtiments du tertiaire de plus de 1 000 m², montre comment les mettre en place et propose une panoplie de solutions innovantes qui répondent à ces enjeux.

Elle plaide en faveur du développement de l'efficacité énergétique des bâtiments, de l'écoconstruction, propose des solutions intégrant de nouvelles technologies, notamment la cogénération d'hydrogène vert dans le résidentiel collectif.

Elle veut persuader et convaincre les responsables politiques que c'est non seulement souhaitable, mais indispensable, qu'il faut modifier la réglementation thermique, rénover plus vite et plus efficacement les bâtiments anciens, car les constructions neuves ne représentent que 1 % du parc immobilier. Nous écrivions en 2014 que les objectifs de la France en matière de rejets de gaz à effet de serre « ne seront atteints que si l'efficacité énergétique du parc immobilier s'améliore » et que « les bâtiments d'hier sont devenus le problème d'aujourd'hui ».

Les mesures qu'elle propose sont en phase avec celles que nous préconisons déjà en 2014 : « L'avenir de la très basse consommation passe par la construction de bâtiments se rééquilibrant constamment via des mécanismes de stockage d'énergie, notamment inertiels, réagissant aux besoins des occupants. »

Il faut donc commencer par un audit de l'existant, notamment pour les passoires thermiques, donner une allocation globale aux projets, mesurer la performance réelle. Brigitte Vu propose dans son ouvrage des innovations dans les domaines du chauffage et de la ventilation et insiste sur la nécessité de produire notre énergie *in situ*. Elle démontre « que le vecteur hydrogène se positionne de plus en plus comme un élément de notre stockage énergétique », en lien avec le photovoltaïque.

Les constatations qu'elle fait restent malheureusement d'actualité si l'on se réfère aux objectifs fixés par le président de la République dans son discours à Belfort en 2022 pour atteindre la neutralité carbone en 2050. Nous avons pris du retard. Il faut mettre les bouchées doubles.

L'ouvrage écrit par Brigitte Vu m'inspire deux remarques personnelles.

Pour améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments, mais aussi pour décarboner les transports, il faudra produire plus d'électricité et savoir la stocker. La majorité des experts font le constat que **la consommation d'électricité en 2050 est sous-estimée dans les prévisions** du fait des besoins en forte hausse, notamment dans la mobilité et que la demande en énergie électrique connaîtra une hausse d'au moins 100 TWh en France, malgré les efforts en matière de sobriété et d'efficacité. Il y a donc nécessité d'accroître la durée de vie de nos centrales nucléaires, d'en construire de nouvelles, EPR ou SMR, mais aussi d'accroître notre production d'énergies renouvelables (EnR) et notamment l'éolien et le solaire, tout en diminuant notre dépendance vis-à-vis de la Chine. La loi de 2023 sur l'accélération de la production d'EnR se révèle en réalité un frein à leur développement.

Les déclarations récentes d'anciens responsables industriels et de parlementaires, raisonnant sur la production électrique de 2024 indiquant que nous pouvons mettre en pause les énergies renouvelables, sont à courte vue.

Le deuxième enseignement que je tire de la lecture de cet ouvrage est qu'il faut développer les technologies vertes. La croissance européenne stagne du fait d'un affaiblissement de la productivité de l'Europe qui décroche par rapport aux USA et à la Chine. Les raisons de cette baisse de compétitivité sont bien analysées dans le rapport Draghi de 2024 qui préconise de tout faire pour réduire les prix de l'énergie en soutenant plus fortement la décarbonation de certains secteurs industriels, en étant à la pointe des technologies propres, en renforçant notre sécurité énergétique, en soutenant l'électrification des transports, en basculant dans l'économie circulaire. Cela passe par un soutien très fort à l'innovation, et notamment aux technologies de rupture dans les domaines de l'énergie, des matériaux critiques, des industries à forte intensité énergétique, des technologies vertes. Le rapport pointe « l'absence d'une stratégie industrielle équivalente à celle des autres grandes puissances », malgré la taille du marché intérieur européen.

Le livre de Brigitte Vu est à la fois technique et d'une grande qualité pédagogique. Il permet de comprendre les enjeux de demain. Il fournit des informations indispensables sur les évolutions technologiques. Il s'adresse à un public très large, à la fois aux professionnels du bâtiment et de l'immobilier, aux collectivités territoriales et plus généralement aux décideurs, mais également aux étudiants, au monde académique et aux citoyens. L'auteure se met à la portée du lecteur et répond à ses questions. Elle donne les clés et fournit des arguments au décideur. Il faut absolument le lire.

Jean-Yves Le Déaut
Docteur ès Sciences
Membre Honoraire du Parlement
Ancien Président de l'OPECST

Table des matières

Préface	III
Avant-propos	X
Méthodologie de rénovation	XII
Chapitre 1 ■ Réglementation et évolution en rénovation	1
1.1 Le décret relatif aux bâtiments du tertiaire de plus de 1 000 m ²	2
1.1.1 L'arrêt de l'activité tertiaire	2
1.1.2 La modulation des objectifs	2
1.1.3 Le déploiement d'une plateforme de suivi des consommations	2
1.2 La rénovation « élément par élément »	3
1.2.1 Études de faisabilité dans l'existant	3
1.2.2 La réglementation thermique	4
1.2.3 Les performances à atteindre	4
1.2.4 Les systèmes techniques intégrés	7
1.2.5 La réglementation thermique globale pour l'existant	8
1.2.6 Les modalités de dépôt d'une demande de titre V	10
1.2.7 Le dépôt d'un titre V « système »	11
1.2.8 L'obligation d'isolation en cas de travaux importants	13
1.2.9 Le label HPE rénovation	15
1.2.10 L'obligation d'audit suite à la loi Énergie-Climat	16
1.2.11 L'audit obligatoire pour les passoires thermiques	17
Chapitre 2 ■ Méthodologie d'audit dans l'habitat résidentiel collectif	18
2.1 Contexte et propositions	18
2.2 Objectifs et intérêt de l'audit énergétique	19
2.3 Les perspectives	21
2.4 Les acteurs de la copropriété	22
2.4.1 L'habitat privé	22
2.4.2 Habitat public et bailleurs sociaux	22
2.4.3 Le rôle essentiel du conseil syndical dans le cadre d'un audit (arrêté du 28 février 2013)	23
2.4.4 L'auditeur	23
2.4.5 Les ingénieurs financiers et les architectes	24
2.4.6 Les assistants à maîtrise d'ouvrage	24

2.5	Comment réaliser l'audit ?	24
2.5.1	La préparation de l'audit d'après la norme 16247	24
2.5.2	La méthodologie mise en place dans le cadre des bâtiments	28
2.5.3	L'échantillonnage des logements	30
2.5.4	Les différentes étapes de la visite	30
2.5.5	Le questionnaire à destination des occupants	36
2.5.6	Le test d'étanchéité à l'air	36
2.5.7	Le classement énergétique	36
2.5.8	L'amélioration du fonctionnement des équipements	38
2.5.9	Les propositions de travaux	39
2.5.10	Plan de travaux et aides au financement	45
2.5.11	Rapport et préparation de l'assemblée générale	49
2.6	L'utilisation des appareils de mesure	49
2.6.1	Les mesures en chaufferie	49
2.6.2	Les mesures au niveau du système de ventilation	50
2.6.3	Les mesures sur le bâti	52
2.6.4	Les mesures pour les menuiseries	57
2.6.5	Les mesures relatives au confort visuel et à la qualité de l'air	59
Chapitre 3	■ Les préconisations	61
3.1	Les différents types d'isolants	61
3.2	La perméance à la vapeur d'eau	76
3.2.1	Isolation et variation hygrothermique	76
3.2.2	Comment éviter le point de rosée ?	76
3.2.3	Frein-vapeur et pare-vapeur	77
3.3	Les menuiseries extérieures	81
3.3.1	Le vitrage	81
3.3.2	L'intercalaire	84
3.3.3	Le coefficient AEV des menuiseries	84
3.4	Les châssis	87
3.4.1	Les châssis en PVC	88
3.4.2	Les châssis en aluminium	89
3.4.3	Les châssis bois	90
3.5	La porte d'entrée	90
3.6	La pose des menuiseries extérieures	91
3.6.1	La transmission thermique d'une fenêtre	91
3.6.2	La pose de la menuiserie	92
3.6.3	La pose de la Compriband	93
3.7	Les volets et brise-soleil	94
3.8	L'ouverture des fenêtres et volets	95
3.9	Conclusion	95

Chapitre 4 ■ La ventilation	97
4.1 Pourquoi faut-il ventiler ?	97
4.2 Comment ventiler ?	97
4.2.1 Locaux à pollution non spécifique	98
4.2.2 Locaux à pollution spécifique	99
4.3 Quels types de ventilation ?	101
4.3.1 Ventilation mécanique contrôlée	101
4.3.2 Les différents types de CTA adaptés aux bâtiments tertiaires	102
4.3.3 Système adiabatique sur air neuf	102
4.3.4 Système adiabatique sur le soufflage	103
4.3.5 Solution adiabatique sur l'air repris par la CTA	103
4.3.6 Solution adiabatique sur l'air repris et au soufflage :	104
4.3.7 Système adiabatique combiné à une roue dessiccante	104
4.3.8 Le système développé par Sintra	105
4.3.9 Système de ventilation en résidentiel	116
4.3.10 Durabilité et entretien de l'installation	117
Chapitre 5 ■ Quels systèmes de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire pour la rénovation ?	120
5.1 Le chauffage	120
5.1.1 Le chauffage hydraulique	121
5.1.2 Les énergies renouvelables en rénovation	129
5.1.3 Le chauffage solaire thermique	136
5.1.4 Les pompes à chaleur	138
5.2 L'eau chaude sanitaire	145
5.2.1 L'eau chaude sanitaire et les pompes à chaleur	146
5.2.2 Le solaire thermique	146
5.2.3 Le chauffe-eau solaire	147
5.2.4 Les systèmes combinés chauffage/eau chaude sanitaire	152
5.2.5 Le ballon d'eau chaude sanitaire thermodynamique	154
5.2.6 La solution multiénergie proposée par Ratiotherm	154
5.2.7 Intégrer des solutions « intelligentes »	161
5.3 L'éclairage	164
5.3.1 Les ampoules	165
5.3.2 Diminuer ses dépenses d'éclairage	169
Chapitre 6 ■ En route vers l'autonomie énergétique	170
6.1 Le photovoltaïque	170
6.1.1 Production et stockage	170
6.1.2 Les différents types de panneaux	171
6.1.3 Les différentes technologies photovoltaïques	172
6.1.4 La technologie TOPCon	175
6.1.5 Le rendement d'un panneau photovoltaïque	178

6.1.6	Évaluer son besoin quotidien en énergie photovoltaïque	178
6.1.7	Un besoin constant ?	179
6.2	L'autoconsommation	180
6.2.1	Qu'est-ce que l'autoconsommation ?	180
6.2.2	Les conditions de rachat de l'électricité	181
6.2.3	Installation raccordée au réseau	181
6.2.4	Avantages de la mise en place de panneaux solaires	182
6.2.5	Le coût d'une installation photovoltaïque	183
6.2.6	Quels sont les avantages de l'autoconsommation ?	184
6.2.7	Quelles sont les solutions disponibles ?	184
6.2.8	Autoconsommation en sites isolés non raccordés au réseau	185
6.2.9	Autoconsommation raccordée au réseau électrique	186
6.2.10	Optimiser l'autoconsommation	187
6.2.11	Quels sont les inconvénients de l'autoconsommation énergétique ?	188
6.2.12	Quel est le prix d'un équipement en autoconsommation énergétique en 2024 ?	189
6.2.13	Installation permettant d'atteindre l'autonomie énergétique	190
6.2.14	Les données géographiques	192
6.2.15	Étude de cas : dimensionnement d'une installation à Belfort	193
6.2.16	Le stockage en batteries	195
6.3	Le décret BACS	205
6.3.1	Qu'est-ce que le décret BACS ?	205
6.3.2	Quels sont les objectifs du décret BACS ?	205
Chapitre 7	Le vecteur hydrogène	209
Chapitre 8	Exemple de financement innovant	212
8.1	Les contrats de performances énergétiques (CPE) tiers financés	212
8.1.1	Méthodologie de mise en place d'un CPE tiers financé	213
8.1.2	Avantages du CPE tiers financé	214
8.2	Conclusion	215
Chapitre 9	Emplois liés à la rénovation	216
9.1	L'offre de formation et d'emplois	218
9.2	Les objectifs en termes d'évolution	219
9.3	Quelques exemples de formation	221
9.3.1	L'ingénieur en efficacité énergétique des bâtiments	221
9.3.2	Le chargé d'affaire en rénovation énergétique	221
Conclusion		225
Index		226

Avant-propos

Cet ouvrage s'inscrit dans un contexte global de nécessité de rénover nos bâtiments pour répondre aux différentes exigences légales, comme celles imposées par le protocole de Kyoto en 2005, la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte du 17 août 2015, ou encore la loi Énergie-Climat du 8 novembre 2019, qui fixe un objectif de neutralité carbone en 2050.

Cette dernière loi fixe le cadre et les objectifs de la politique énergétique et climatique de la France pour 2050, et repose sur quatre axes principaux :

- la sortie progressive des énergies fossiles et le développement des énergies renouvelables ;
- la lutte contre les passoires thermiques ;
- l'instauration de nouveaux outils de pilotage, de gouvernance et d'évaluation de la politique climatique ;
- la régulation du secteur de l'électricité et du gaz.

La loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte a fixé comme objectif la réduction des émissions de gaz à effet de serre de 40 % entre 1990 et 2030, et leur division par quatre en 2050 par rapport à 1990 ; mais la loi Elan a revu ces objectifs à la hausse. La SNBC3 devrait encore renforcer ces exigences. La France s'est également fixée d'autres objectifs ambitieux en termes de baisse de la consommation d'énergie et de développement des énergies renouvelables (objectif 32 % en 2030), ainsi que de diversification de son mix électrique. Lors de son discours à Belfort le 10 février 2022, le président de la République a indiqué vouloir « baisser de 55 % nos émissions de gaz à effet de serre d'ici 2030 par rapport à 1990 pour atteindre la neutralité carbone en 2050, et réduire notre dépendance à l'étranger pour nos besoins énergétiques, là où deux tiers de notre énergie est actuellement d'origine fossile, et donc importée », ce qui contribue, de fait, à accroître très largement le déficit de notre commerce extérieur. Le Président a aussi mentionné un « deuxième chantier structurant [...] que nous aurons à conduire dans les décennies qui viennent pour produire davantage d'électricité décarbonée, car même si nous baissions de 40 % nos consommations d'énergie, la sortie du pétrole et du gaz à horizon de 30 ans implique que nous remplacions une part de la consommation d'énergie fossile par de l'électricité ».

Des objectifs additionnels ont aussi été mis en avant avec, entre autres, le développement du solaire : « d'ici 2050, nous multiplierons par près de dix la puissance installée pour dépasser 100 gigawatts », ou encore de l'éolien en mer qui « sera

développé pour viser environ 40 gigawatts en service en 2050, soit une cinquantaine de parcs éoliens en mer ». Le Président a poursuivi en expliquant la nécessité « d'accroître la part du gaz renouvelable pour viser 10 % en 2030 ». Il a insisté sur le nécessaire développement et la remise en route de la filière nucléaire qui a peu investi depuis près de 40 ans, d'où la durée de construction de l'EPR de Flammanville et le coût de celui-ci, bien au-dessus des objectifs de départ. Il a ainsi proposé que « six EPR2 soient construits et que nous lancions les études sur la construction de 8 EPR2 additionnels ».

Tous ces objectifs concourent à la diminution de nos émissions de gaz à effet de serre. Au niveau international, la France s'est engagée, avec les autres pays européens, à réduire les émissions de l'Union européenne de 40 % en 2030 par rapport à 1990, dans le cadre de l'Accord de Paris sur le climat. Par ailleurs, la loi Énergie-Climat, adoptée le 11 septembre 2019, intègre en grande partie la déclinaison de la quatrième directive européenne, que tous les États membres devront avoir traduite en droit national au plus tard le 10 mars 2020. Cela fait suite à l'adoption par le Conseil des ministres européens de l'énergie, le 14 mai 2018, de la nouvelle directive européenne sur la performance énergétique des bâtiments révisant celle de 2010. D'ici 2030, l'Union européenne devra gagner 32,5 % d'efficacité énergétique. Ce chiffre est le résultat d'un compromis, à mi-chemin entre la position initiale du Conseil (30 %) et de celle du Parlement (35 %). En revanche, le Conseil a obtenu, lors des négociations, que les 32,5 % ne soient pas contraignants pour les pays membres.

Malheureusement, je crains personnellement que toutes ces mesures ne soient pas suffisantes, en raison de l'électrification de nos usages, tant en matière de bâtiment que de transport. Dans le même temps, et bien que cela ne soit pas abordé dans cet ouvrage, le développement de la filière des SMR (*Small Modular Reactor*) apparaît nécessaire.

Méthodologie de rénovation

Cet ouvrage est le fruit d'un retour d'expérience d'une vingtaine d'années dans le domaine de la rénovation tant dans le secteur résidentiel (habitat individuel et habitat collectif) que dans le secteur du tertiaire (commerces, bureaux, santé...). C'est un domaine qui implique la prise en compte d'un grand nombre de paramètres comme l'année de construction, la constitution de la structure ou les éventuelles pathologies : autant de questions qui ne se posent pas lors de la construction d'un bâtiment neuf. L'expertise que j'ai acquise lors de ces dernières années m'a mené à élaborer une méthodologie sur la manière d'aborder une rénovation pas à pas.

La première étape de cette méthodologie consiste à réaliser un audit qui vous permettra d'identifier les causes de vos surconsommations. Cet audit devra s'accompagner d'un test d'étanchéité à l'air, qui vous permettra de caractériser les fuites liées aux inétanchéités de l'enveloppe, sources de déperditions et de potentielles pathologies. Cet audit pourra être complété par une caméra thermique réalisée dans de bonnes conditions. L'auditeur vous fera ensuite des préconisations accompagnées des résultats d'études Dialux portant sur l'éclairagisme, d'études thermiques réglementaires et/ou dynamiques, et d'études de perméance à la vapeur d'eau, très importantes en rénovation pour limiter les pathologies futures. La gestion technique du bâtiment devient ainsi primordiale, en particulier pour les bâtiments tertiaires, avec la mise en œuvre du décret BACS (*building automation and control system* – systèmes d'automatisation et de contrôle des bâtiments) au 1^{er} janvier 2025. Ces systèmes permettent de piloter les installations techniques du bâtiment et peuvent contribuer à la fois à un gain rapide d'énergie à un coût raisonnable, ainsi qu'à la baisse des consommations énergétiques, grâce à une programmation correspondant aux usages réels, tout en assurant un meilleur confort et en garantissant la santé des occupants du bâtiment.

Toutes ces études vous permettront de valider ou non les préconisations, elles vous seront données à titre indicatif et feront ensuite l'objet d'études technico-économiques vous permettant d'apprécier les temps de retour sur investissement.

Chapitre 1

Réglementation et évolution en rénovation

La réglementation thermique des bâtiments existants s'applique aux bâtiments résidentiels et tertiaires existants, à l'occasion de travaux de rénovation prévus par le maître d'ouvrage. Elle s'appuie sur les articles L. 111-10 et R. 131-25 à R. 131-28-11 du code de la construction et de l'habitation ainsi que sur leurs arrêtés d'application. Le but de cette réglementation est de permettre l'accroissement de la performance énergétique de l'enveloppe d'un bâtiment existant lors de sa rénovation.

Le maître d'ouvrage peut envisager soit une rénovation globale du bâtiment, soit une rénovation progressive visant certains lots (rénovation « élément par élément » ou « étape par étape »). Dans le cas de la rénovation globale, il s'agit de définir une performance à atteindre par le bâtiment qui devra être justifiée par un calcul dit « réglementaire ». Ce type de rénovation concerne des projets qui doivent réunir les trois critères suivants :

- la surface hors œuvre nette (SHON) rénovée est supérieure à 1 000 m² ;
- la date d'achèvement du bâtiment est postérieure au 1^{er} janvier 1948 ;
- le coût des travaux de rénovation « thermique » décidés par le maître d'ouvrage est supérieur à 25 % de la valeur hors foncier du bâtiment, ce qui correspond à 382,5 € HT/m² pour les logements et 326,25 € HT/m² pour les locaux non résidentiels (au 1^{er} janvier 2017).

La rénovation globale s'appuie sur l'article R. 131-26 du code de la construction et de l'habitation ainsi que sur son arrêté d'application du 13 juin 2008. Une étude de faisabilité des approvisionnements en énergie des bâtiments doit aussi être effectuée en amont.

1.1 Le décret relatif aux bâtiments du tertiaire de plus de 1 000 m²

Le décret concernant les bâtiments tertiaires de plus de 1 000 m² est paru au journal officiel sous le n° 2019-771 en date du 23 juillet 2019 et est entré en vigueur le 1^{er} octobre 2019. Les consommations énergétiques devront être réduite de 40 % d'ici 2031, de 50 % d'ici 2041 et de 60 % d'ici 2051 par rapport à une année de référence que vous aurez au préalable déposée sur la plateforme Operat. Vous choisirez l'année la plus favorable pour vous, c'est-à-dire l'année où vous aurez le plus consommé entre 2010 et 2022. Ce décret ne s'applique pas aux constructions ayant obtenu un permis de construire à titre précaire, les lieux de culte ainsi que les bâtiments ayant une activité opérationnelle à des fins de sécurité civile, de sûreté intérieure du territoire et de défense.

1.1.1 L'arrêt de l'activité tertiaire

Si votre activité évolue et que vous n'avez qu'une activité tertiaire réduite, vous serez tout de même soumis au décret, même lorsque la surface est inférieure à 1 000 m². Le niveau de consommation étant basé sur la surface de l'activité liée au tertiaire, un changement de type d'énergie ne devra en aucun cas contribuer à une augmentation des émissions de gaz à effet de serre.

1.1.2 La modulation des objectifs

Si les actions de réduction de consommation d'énergie finale doivent conduire à une augmentation des pathologies liées au bâti, que cela génère des modifications importantes de l'architecture, de la décoration ou encore des parties extérieures, les objectifs en termes de diminution de consommation d'énergie pourraient être modulés. Ces actions devront être justifiées par l'établissement d'un dossier technique par le propriétaire et/ou le bailleur.

1.1.3 Le déploiement d'une plateforme de suivi des consommations

Le déploiement d'une plateforme informatique de recueil et de suivi de la réduction de la consommation d'énergie finale a été inscrit dans le décret :

- « La déclaration annuelle des consommations d'énergie [...] est réalisée par le propriétaire ou par le preneur de bail » ;
- « Chaque année, le gestionnaire de la plateforme numérique procède à l'exploitation et à la consolidation des données recueillies pour tous les bâtiments, parties de bâtiments ou ensembles de bâtiments soumis à l'obligation. »

Une attestation au format numérique sera établie puis publiée. Elle sera alors complétée par l'établissement du taux d'émission de CO₂ lié aux consommations

énergétiques en kilogramme de CO₂ par mètre carré. Dans le cas où le propriétaire et/ou le bailleur ne transmettait pas les consommations énergétiques liées au bâtiment, il est prévu des sanctions pouvant aller de 1 500 euros à 7 500 euros.

Voici le lien pour effectuer votre déclaration sur la plateforme Operat : <https://operat.ademe.fr/#/public/home>.

Calendrier réglementaire de mise en œuvre d'Éco énergie tertiaire

23 juillet 2019 : publication du décret tertiaire créant Éco énergie tertiaire.

1^{er} octobre 2019 : entrée en vigueur d'Éco énergie tertiaire.

30 septembre 2022 : première échéance de remontée des données de consommation 2020 et 2021 sur Operat et déclaration de l'année de référence.

31 décembre 2022 : tolérance accordée pour effectuer les premières remontées de données de consommation 2020 et 2021 sur Operat, et déclaration de l'année de référence.

Fin 2024 : analyse détaillée des données 2020-2023.

Fin 2031 : vérification de l'atteinte des objectifs de la première décennie.

1.2 La rénovation « élément par élément »

1.2.1 Études de faisabilité dans l'existant

Si vous faites le choix d'une rénovation élément par élément, souvent pour des raisons de coût, c'est-à-dire que vous vous faites le choix d'isoler votre bâtiment ou de changer les fenêtres ou encore de remplacer votre système de chauffage, de production d'eau chaude ou autre, vous devez vous référer à la réglementation élément par élément qui définit des performances minimales à atteindre pour l'élément remplacé et/ou installé.

Il faut cependant garder à l'esprit que certains lots sont indissociables, et que toute forme d'isolation ou de changement de fenêtres devra obligatoirement intégrer la mise en place d'un système de ventilation. Sans cela vous risquez de voir apparaître des pathologies et une dégradation du bâti. Il vous faut donc vous référer à l'article R. 131-28 du code de la construction et de l'habitation ainsi qu'à son arrêté d'application du 3 mai 2007 modifié, à partir du 1^{er} janvier 2018, par l'arrêté du 22 mars 2017.

D'autre part, la loi de transition énergétique pour une croissance verte adoptée en août 2017 a créé une obligation de travaux d'isolation lors de travaux importants de réfection de toiture, de ravalement de façade ou encore d'aménagement d'une pièce en vue de la rendre habitable. Vous trouverez les éléments relatifs à cela dans les articles R. 131-28-7 à R. 131-28-11 du code de la construction et de l'habitation.

Toutes ces réglementations peuvent être contrôlées au titre de l'article L. 152-4 du code de la construction.

1.2.2 La réglementation thermique

Vous trouverez les caractéristiques thermiques ainsi que les performances à atteindre dans l'arrêté du 22 mars 2017 modifiant celui du 3 mai 2007. Il est entré en application le 1^{er} janvier 2018. Il vous donne l'ensemble des travaux visés ainsi que les exigences associées (voir annexe). Vous trouverez également des informations extrêmement intéressantes dans le guide « Rénover sans se tromper ». Il s'agit d'un travail conjoint entre le ministère et l'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie) sur la réglementation thermique « par élément ». Cette réglementation concerne les bâtiments existants résidentiels et non résidentiels. Pour chaque élément susceptible d'être installé ou changé, l'arrêté du 3 mai 2007 (modifié à compter du 1^{er} janvier 2018) donne le critère de performance exigé pour le produit.

1.2.3 Les performances à atteindre

■ Les parois vitrées

Lors du remplacement de menuiseries, il est important de conserver les entrées d'air existantes ou d'en créer le cas échéant, afin de permettre la bonne ventilation du bâtiment.

Ces menuiseries extérieures (fenêtres, porte-fenêtre ou porte d'entrée) devront avoir des performances minimales rassemblées dans le tableau 1.1.

Tableau 1.1 – Performances minimales à atteindre lors du remplacement des parois vitrées.

Type de paroi vitrée	Performance thermique
Fenêtres de surface supérieure à 0,5 m ² , portes-fenêtres, doubles fenêtres, façade rideaux	$U_w \leq 1,5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
Porte d'entrée de maison individuelle donnant sur l'extérieur	$U_d \leq 2 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
Verrière	$U_{cw} \leq 2,5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
Véranda	$U_{\text{véranda}} \leq 2,5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

« À défaut de normes européennes, les coefficients de transmission thermique sont calculés conformément aux règles Th-Bât ». Les règles Th-Bât servent à déterminer des données d'entrée aux calculs de la performance énergétique du

bâtiment pour le calcul réglementaire. Elles ne contiennent que des éléments relatifs à la performance thermique, énergétique et lumineuse utile des produits et/ou procédés d’enveloppe. « Les fenêtres de surface inférieure à 0,5 mètre carré doivent être munies d’un vitrage dont le coefficient U_g est inférieur à $1,5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ », le U_g étant le coefficient thermique caractérisant un vitrage. « Lorsque la fenêtre, la porte-fenêtre ou la façade-rideau est munie, d’une fermeture, cette exigence peut être satisfaite en prenant en compte la résistance thermique additionnelle de la fermeture. Le mode de calcul du coefficient U_{jn} qui en résulte est donné en annexe III. »

■ Les parois opaques

Les parois d’un bâtiment dites opaques sont les murs extérieurs, les toitures ainsi que les planchers en contact avec l’extérieur. Elles sont, dès lors, déperditives.

À compter du 1^{er} janvier 2023, le tableau suivant l’alinéa 3 de l’article 3 sera remplacé par le tableau 1.2.

Tableau 1.2 – Performances minimales à atteindre lors du remplacement des parois opaques depuis 2023.

Parois	Résistance thermique R minimale en zone H1A, H1B, H1C	Résistance thermique R minimale en zone H2A, H2B, H2C et en zone H3 à une altitude supérieure à 800 m	Résistance thermique R minimale en zone H3, à une altitude inférieure à 800 m	Cas d’adaptation possibles
Mur en contact avec l’extérieur et rampants de toiture de pente supérieure à 60°	3,2		2,2	En zone H1, la résistance thermique minimale peut être réduite jusqu’à $3,2 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ dans les cas suivants : – dans les locaux à usage d’habitation, les travaux d’isolation sont réalisés par l’intérieur ; – le système constructif est une double peau métallique.

Parois	Résistance thermique R minimale en zone H1A, H1B, H1C	Résistance thermique R minimale en zone H2A, H2B, H2C et en zone H3 à une altitude supérieure à 800 m	Résistance thermique R minimale en zone H3, à une altitude inférieure à 800 m	Cas d'adaptation possibles
Mur en contact avec un volume non chauffé	2,5			
Toitures terrasses	4,5	4,3	4	La résistance thermique minimale peut être réduite jusqu'à 3 m ² .K/W dans les cas suivants : – l'épaisseur d'isolation implique un changement des huisseries ou un relèvement des garde-corps ou des équipements techniques ;
				– l'épaisseur d'isolation ne permet plus le respect des hauteurs minimales d'évacuation des eaux pluviales et des relevés ; – l'épaisseur d'isolation et le type d'isolant utilisé implique un dépassement des limites de charges admissibles de la structure.
Planchers de combles perdus	5,2			

Parois	Résistance thermique R minimale en zone H1A, H1B, H1C	Résistance thermique R minimale en zone H2A, H2B, H2C et en zone H3 à une altitude supérieure à 800 m	Résistance thermique R minimale en zone H3, à une altitude inférieure à 800 m	Cas d'adaptation possibles
Rampants de toiture de pente inférieure à 60 °	5,2	4,5	4	En zone H1, la résistance thermique minimale peut être réduite jusqu'à 4 m ² ·K/W lorsque, dans les locaux à usage d'habitation, les travaux d'isolation entraînent une diminution de la surface habitable des locaux concernés supérieure à 5 % en raison de l'épaisseur de l'isolant.
Planchers bas donnant sur local non chauffé ou sur extérieur	3	3	2,1	La résistance thermique minimale peut être diminuée à 2,1 m ² ·K/W par adapter l'épaisseur d'isolant nécessaire à la hauteur libre disponible si celle-ci est limitée par une autre exigence réglementaire.

© Dunod - Toute reproduction non autorisée est un délit.

1.2.4 Les systèmes techniques intégrés

Les systèmes techniques intégrés dans les bâtiments doivent avoir des performances minimales qui sont définies dans les règlements européens relatifs à l'éco-conception. La réglementation nationale vient en complément de ces règlements et fixe :

- les rendements minimaux pour certaines chaudières, pompes à chaleur et dispositifs de rafraîchissement, non couverts par les règlements ci-dessus ;
- les critères de performance thermique relatifs au dispositif de chauffage à effet Joule ;

- l'isolation minimale des réseaux de chaleur et de froid ;
- les fonctions minimales de régulation des systèmes de chauffage et de refroidissement ;
- des dispositions concernant l'éclairage.

Il y a cependant des évolutions depuis le 1^{er} janvier 2018. En matière de ventilation, vous devez dimensionner et créer des entrées d'air lorsque vous isolez les parois déperditives et/ou que vous remplacez les menuiseries extérieures. Dans des bâtiments tertiaires, il est nécessaire de prendre en compte le confort d'été avec une exigence au niveau du facteur solaire lors du remplacement des protections solaires, le remplacement des fenêtres de toit, des baies, ou encore des façades rideaux.

En matière de système CVC (chauffage ventilation climatisation), les choses ont aussi évolué :

- suppression des exigences déjà prévues par les règlements éco-conception ;
- renforcement des exigences sur l'isolation des réseaux ;
- renforcement des exigences sur les émetteurs à effet Joule avec une variation temporelle de 0,6 K et option de détection de présence ou détection d'ouverture des fenêtres ;
- classe de régulation IV ou plus pour les dispositifs de chauffage centralisé ;
- dans les bâtiments tertiaires, il est obligatoire de mettre en place des systèmes de ventilation indépendants lorsque les usages sont différents et de réguler cette ventilation en fonction de l'occupation.

1.2.5 La réglementation thermique globale pour l'existant

L'arrêté du 13 juin 2008 relatif à la performance énergétique des bâtiments existants d'une surface supérieure à 1 000 m² définit le niveau de performance à atteindre pour la réglementation thermique « globale » lorsque le bâtiment fait l'objet de travaux de rénovation important. Quels sont les bâtiments concernés ? Les bâtiments résidentiels et tertiaires concernés doivent respecter les trois conditions suivantes :

- leur surface hors œuvre nette (SHON) est supérieure à 1 000 m² ;
- la date d'achèvement du bâtiment est postérieure au 1^{er} janvier 1948 ;
- le coût des travaux de rénovation « thermique » décidés par le maître d'ouvrage est supérieur à 25 % de la valeur hors foncier du bâtiment, ce qui correspond à 382,5 euros hors taxes par mètre carré pour les logements et 326,25 euros hors taxes par mètre carré pour les locaux non résidentiels (au 1^{er} janvier 2017) ;

Afin de vérifier cette dernière condition, le maître d'ouvrage doit comparer (i) le coût prévisionnel des travaux portant sur l'enveloppe et les systèmes du bâti-