

L'apport du numérique en matière de décarbonation du bâtiment

Par François BERTIÈRE

Président de la Foncière Fiminco Reim

L'industrie du bâtiment et de l'immobilier connaît une profonde évolution sous l'effet de la transition énergétique. En la matière, les outils numériques constituent de puissants atouts pour relever les défis afférents par un secteur qui connaissait un retard certain dans ce domaine du numérique par rapport à l'industrie.

Dans cet article, nous présentons les avancées actuelles permises par le numérique dans les domaines de la construction neuve, de la rénovation et de l'exploitation des immeubles ainsi que celle des quartiers, en donnant des exemples de solutions innovantes. Il met en lumière l'importance de la réglementation et les perspectives ouvertes par le Building Information Model, l'analyse du cycle de vie et le jumeau numérique. Il conclut à la nécessité d'accompagner la contrainte réglementaire par une politique de formation, de soutien et d'incitation.

Le bâtiment constitue l'un des enjeux essentiels de la trajectoire de l'atteinte du « Zéro carbone » d'ici à 2050 : il représente aujourd'hui 25 % des émissions de GES et 40 % de la consommation d'énergie en France. La Stratégie nationale bas-carbone a défini le double objectif d'une réduction de 49 % des émissions en 2030 par rapport à 2015 et de l'atteinte de la neutralité carbone en 2050.

Pour concrétiser ces objectifs très ambitieux, l'utilisation d'énergies 100 % décarbonées pour le chauffage n'est pas suffisante, il faut aussi diminuer la consommation d'énergie des logements et des bâtiments tertiaires tant au niveau de la construction et de la rénovation du bâti que de l'exploitation.

Le numérique est un levier essentiel dans cette recherche d'économie que nous aborderons sous l'angle d'abord de la construction neuve, puis de la rénovation et, enfin, de l'exploitation des bâtiments.

La construction neuve : l'impact de la RE 2020 et l'apport du BIM

La dernière réglementation technique relative à la construction, la RE 2020, applicable aux nouvelles constructions depuis 2022, impose d'analyser les émissions de GES tout au long de la vie des bâtiments, durant la phase de leur construction en intégrant l'énergie provenant de la fabrication des matériaux utilisés, la phase de leur mise en œuvre, celle de leur exploi-

tation et également celle de leur déconstruction. Le BIM permet d'optimiser les choix faits et les processus mobilisés à ces différents niveaux.

Pour la construction neuve, l'impact essentiel du numérique provient du développement progressif et de la généralisation à terme du BIM, le Building Information Model. À l'origine, il y a une quarantaine d'années de cela, le développement des logiciels de conception architecturale visait à optimiser la structure des bâtiments et à faciliter la visualisation des projets. Mais assez rapidement sont apparus des logiciels permettant des simulations d'ensoleillement intégrant de fait des préoccupations environnementales. Ces pratiques ont naturellement évolué vers le BIM, qui permet de partager en temps réel l'ensemble des données d'un projet entre tous les acteurs impliqués, en phase de conception et de chantier, mais aussi désormais, en phase d'exploitation. Certains considèrent le BIM comme un système normalisé et fermé qui pourrait être imposé de manière réglementaire et donc risquerait de scléroser la créativité en termes de conception et la capacité d'innovation. Nous entendons ici le BIM comme un ensemble d'outils numériques de conception, de visualisation et de simulation permettant de mieux satisfaire les besoins des maîtres d'ouvrage et de répondre aux attentes des habitants ou des utilisateurs des immeubles.

Il est clair que, toutes choses égales par ailleurs, un ouvrage mieux conçu structurellement sera plus efficace en termes de rendement et consommera donc moins de matière et générera moins d'émissions

pour un usage équivalent. Un chantier mieux organisé, mieux coordonné et donc plus rapidement achevé consommera moins d'énergie non seulement directement sur site, mais aussi pour ses approvisionnements.

Mais, au-delà de ces effets directs, le BIM, utilisé en phase de conception, est un puissant outil de simulation du comportement futur du bâtiment à construire : la maquette numérique permet en théorie de tester le comportement thermique de différentes solutions en intégrant des données climatiques et de modéliser les apports solaires et les besoins en matière de chauffage ou de climatisation (sujet qui va prendre de plus en plus d'importance au fur et à mesure de l'accroissement du réchauffement climatique). Cette maquette numérique est d'une utilisation rapide et économique et permet d'orienter dès l'amont des choix décisifs : on sait en effet que les choix initiaux sur la géométrie et l'implantation des constructions faits au niveau des APS (les études d'avant-projet sommaire) ont un impact bien supérieur aux choix faits en aval. Le recours à ces simulations par les grandes agences d'architecture et les grosses structures d'ingénierie s'est fortement développé en France, mais il existe encore de grands gisements de progrès à travers la formation et l'équipement de tous les autres acteurs de la profession.

Parmi les différentes solutions existantes, peuvent être mentionnées : Vizcab, qui sert à mesurer le budget carbone des projets, dès l'esquisse ; Spacemaker (racheté par Autodesk), qui permet l'analyse et la planification de site ; ou encore Openenergy, une plateforme *cloud* de simulation énergétique.

La rénovation : l'analyse du cycle de vie

En matière de décarbonation du bâtiment, le sujet de la rénovation est la question majeure à traiter pour atteindre la neutralité carbone en 2050. En effet, le rythme des constructions neuves (le flux) est de l'ordre de 1 % du stock existant ; il est amené à baisser compte tenu de l'évolution négative de la démographie. Certains scénarios imaginent même un arrêt de la construction neuve d'ici à 2050, pour se concentrer sur l'optimisation de l'usage des bâtiments, en particulier les logements vides ou sous occupés.

Or, la RB 2020, dont nous avons évoqué l'impact déterminant sur la décarbonation de la construction neuve, ne s'applique pas à la rénovation. Sur le plan réglementaire, les pouvoirs publics durcissent progressivement les contraintes applicables à la location des logements, ce qui pousse à leur rénovation ; l'octroi d'aides financières incite à la réalisation de travaux. Ces nouvelles contraintes ne s'appliquent pas aux propriétaires occupants.

Sur le plan technique, le problème s'avère plus complexe que pour la construction neuve : il faut d'abord avoir une connaissance précise du bâti existant, et imaginer et comparer des solutions combinant des travaux sur l'enveloppe (fenêtres et isolation), sur les

sources d'énergie, la production et la distribution de calories. L'arbitrage entre les différentes solutions est délicat, car il faut rechercher une optimisation entre des paramètres conflictuels : l'investissement et son amortissement grâce aux économies d'exploitation, la consommation d'énergie primaire, les émissions de GES compte tenu du mix de la production nationale et des effets de pointe...

C'est là que le numérique se révèle indispensable dans la prise de décision. La recherche est active sur les sujets précités et des logiciels se développent au fur et à mesure que l'expertise progresse. Mais les avancées sont moins nettes que dans la construction neuve, qui bénéficie d'un intérêt d'une plus grande antériorité et d'un investissement plus ancien au niveau des grands groupes de construction et d'ingénierie.

L'analyse du cycle de vie est l'outil le plus performant pour évaluer l'impact global d'un produit sur l'environnement, prenant en compte l'ensemble des impacts environnementaux dudit produit depuis sa conception jusqu'à sa fin de vie et au recyclage de ses composants (*from cradle to cradle*). Cet outil a été développé dans les années 1990 pour les produits industriels et s'applique désormais au bâtiment. La RE 2020 impose d'ailleurs le recours à celui-ci pour traiter les demandes de permis de construire dans le neuf. Il s'avère être un outil précieux d'aide à la décision portant sur le choix entre rénovation et démolition et, le cas échéant, sur l'ampleur de la rénovation, et ce grâce à une analyse multicritères incluant les émissions de GES. La méthode pour apprécier l'intérêt de la rénovation part des consommations de l'immeuble existant, détermine pour chaque hypothèse les produits de construction et équipements qui sont conservés, supprimés, remplacés ou ajoutés, évalue leur impact environnemental sur la durée de vie de l'immeuble en fonction de leur propre durée de vie et de leur date de mise en œuvre pour aboutir à un classement environnemental des différentes solutions envisagées. L'utilisation de logiciels spécifiques est nécessaire pour mener à bien ces analyses, tout comme l'est le recours à une maquette numérique pour l'étude des projets. Une dizaine de logiciels commerciaux sont déjà disponibles, mais ils sont plus adaptés à la construction neuve. L'ACV recèle en elle un grand potentiel de progrès pour l'industrie de la rénovation, à condition que les outils numériques progressent en termes de finesse d'analyse et de simplicité d'utilisation pour pouvoir être adoptés par les professionnels.

Plusieurs exemples de ce type de solutions peuvent être donnés, comme Upfactor (détection à grande échelle du potentiel d'une surélévation d'un bien existant), Kocliko (réduction des consommations en collectif et amélioration du confort) ou encore Oneclick LCA, le leader du marché de l'ACV.

L'exploitation : l'intérêt du jumeau numérique

Les expérimentations menées par l'État sur le label E+C-, qui a servi de test pour l'élaboration de la RE 2020,

montrent que l'exploitation des bâtiments compte pour environ 30 % de l'ensemble des dépenses énergétiques supportées sur leur durée de vie totale. Ce pourcentage est d'ailleurs plus élevé pour les bâtiments existants présentant de faibles caractéristiques thermiques. Il y a donc un enjeu important à une optimisation de la gestion énergétique des immeubles, et ce d'autant plus que l'investissement est relativement faible et peut donc être concrétisé plus rapidement qu'une rénovation lourde, sans obérer la capacité de réaliser celle-ci plus tardivement.

L'optimisation des consommations et des émissions de GES passe par l'installation de capteurs et de dispositifs de régulation des appareils de chauffage et des équipements électriques dans chaque bâtiment, à un niveau fin soit logement par logement, voire pièce par pièce, ou poste de travail par poste de travail en tertiaire. Le pilotage de cette régulation s'opère grâce au numérique, le recours à celui-ci ayant été largement développé en particulier dans le tertiaire au travers des processus de gestion centralisée des bâtiments. Grâce à celle-ci, il est possible de gérer les consommations d'énergie, mais aussi d'optimiser les émissions de GES par un arbitrage en temps réel dans le recours entre les différentes sources d'énergies disponibles en fonction de leur niveau de carbone émis, par exemple dans le cas de la production d'énergie renouvelable directement sur site. Le numérique jouera aussi un rôle dans l'optimisation du stockage de l'énergie dans tous les cas d'autoconsommation d'énergies renouvelables.

Une rupture technologique dans ce domaine est à prévoir à travers la diffusion de jumeaux numériques des bâtiments. C'est la phase ultime du BIM, à savoir disposer d'un jumeau numérique du bâtiment construit : cela permettra d'améliorer considérablement la prévision de leur comportement en phase de conception, mais cela permettra aussi de simplifier la gestion des immeubles et de rendre plus efficace leur entretien préventif, la programmation des réparations ou des mises à niveau. En matière d'énergie, le jumeau numérique permet d'analyser, en dynamique et de manière prédictive, le comportement du bâtiment en fonction de données extérieures, météorologiques par exemple, et ainsi d'améliorer l'efficacité de la régulation. La pratique du recours à des jumeaux numériques est assez largement répandue dans l'industrie, mais elle est encore balbutiante dans le monde de la construction, et ce largement pour des questions de coût. Mais elle commence à être d'utilisation plus courante dans les grands ensembles tertiaires, dont la taille et le faible nombre d'occupants permettent de mieux en amortir le coût.

Quelques exemples de ce type de solutions peuvent être donnés : Homeys est un outil de collecte et d'analyse des données énergétiques, dont l'usage s'adresse à des professionnels ; Hxperience est une solution logicielle d'hypervision en matière d'énergie, de maintenance et de services au bénéfice des occupants de bâtiments BOS (Building Operating System) ; ou encore Spinalcom, qui est un jumeau numérique.

Le numérique au niveau des quartiers : *smart grids et smart cities*

Nous avons examiné la décarbonation au niveau des bâtiments, mais ceux-ci sont insérés dans des villes ; une source de décarbonation se trouve donc au niveau de l'urbanisme.

Nous ne traiterons pas ici du sujet de l'interaction entre la conception des villes, l'implantation des logements, des équipements et des emplois et la mobilité urbaine, qui est un facteur fondamental d'émission de GES, mais qui s'écarte du sujet abordé dans cet article.

Tous les outils et processus que nous avons décrits pour servir à la construction d'un bâtiment peuvent être adaptés à la conception de nouveaux quartiers par des collectivités locales ou des aménageurs : il est certes plus compliqué de modéliser un quartier, mais le BIM ou l'ACV sont déjà mobilisés et permettent d'analyser l'impact environnemental global d'un projet d'aménagement sur un nouveau quartier ou sur un quartier existant. Dans ce cas, l'impact direct de la réalisation et de l'exploitation du projet considéré est pris en compte pour calibrer les infrastructures et, au niveau des immeubles, pour définir les objectifs de résultat à imposer aux maîtres d'ouvrage : on peut ainsi prévoir les consommations d'énergie et les émissions de GES associées au projet.

La démarche peut s'appliquer en amont et à plus grande échelle, mais, bien sûr, avec une précision moindre au regard de l'élaboration des documents d'urbanisme (PLU ou PAE). Dans le cadre des procédures d'approbation, la capacité à créer des visualisations 3D ou en réalité virtuelle s'avère essentielle pour favoriser la concertation entre les parties prenantes ; en la matière, les progrès permanents des technologies sont un apport précieux.

En ce qui concerne l'exploitation des quartiers, les *smart grids* représentent un champ important de décarbonation : le principe repose sur la mutualisation des besoins entre des immeubles, dont les appels d'énergie sont répartis dans le temps et qui ont la capacité de produire des énergies renouvelables ou fatales : ce sont, par exemple, des immeubles de bureau ou de logement, dont les besoins et les productions sont différents au cours de la journée, de la semaine, voire même de l'année. L'idée est de connecter ces immeubles pour qu'ils puissent s'échanger de l'énergie : cela permet d'économiser globalement de l'énergie, et donc de décarboner, mais aussi de limiter l'appel de pointe généralement plus carboné au niveau de la production. Le fonctionnement de tels réseaux nécessite à la fois des capacités de stockage et des logiciels de régulation sophistiqués.

Des expérimentations ont été menées en France, par exemple à Issy-les-Moulineaux ou à Lyon : les développements en résultant sont prometteurs mais encore faibles, car ils se heurtent à des difficultés sur le plan du développement technique des logiciels de régulation, mais aussi, et surtout, à des obstacles juridiques et réglementaires liés à la distribution de l'énergie.

Le numérique et l'industrie immobilière

On ne saurait conclure ce panorama de l'impact du numérique sur la décarbonation du bâtiment sans évoquer l'industrie immobilière, qui est le donneur d'ordres dans la chaîne de production et dont l'activité et les décisions sont à l'origine des émissions de GES du secteur.

Les métiers de l'immobilier connaissent une profonde mutation liée à l'irruption de *business models* disruptifs basés sur le numérique, qui n'ont pas seulement un effet sur la consommation d'énergie, mais qui rendent aussi plus efficaces et plus fluides la production, la rénovation et l'exploitation des immeubles et contribuent à la décarbonation du secteur.

Sans entrer ici dans le détail, on assiste à une floraison de *start-ups* et d'initiatives dans des entreprises plus établies, des initiatives généralement basées sur des plateformes d'échange et d'exploitation d'informations et de données. Ainsi, ce sont, par exemple, des logiciels croisant les données du cadastre et celles des PLU dans le but d'identifier et de générer du foncier disponible, de bases de données interactives sur les consommations énergétiques des immeubles existants, des syndicats de copropriété numériques, des logiciels de gestion de parcs immobiliers, des plateformes d'achat groupé d'énergie, des logiciels de microcoupures d'énergie, etc.

En conclusion

Le bâtiment n'est pas un secteur traditionnellement très innovant, cela tient à des raisons structurelles d'organisation de la filière qui ont été bien analysées. Sa productivité a d'ailleurs baissé depuis 1995 (source OCDE). Mais l'impératif majeur pour le secteur est d'opérer sa transition énergétique en association avec une transition numérique déjà bien engagée, qui sont toutes deux un puissant moteur de transformation.

Les contraintes réglementaires imposées par les pouvoirs publics et les collectivités locales jouent un rôle déterminant dans ce secteur dont l'activité est largement administrée. Mais il ne saurait suffire sans une action efficace en matière de formation, de soutien et d'incitation.

Observations de l'auteur

Les sociétés ou *start-ups* citées dans cet article l'ont été pour illustrer notre propos. Ce sont des exemples innovants et éclairants qui ne représentent, bien entendu, pas la totalité du marché ; il en existe bien d'autres.

Les références aux différentes solutions existantes nous ont été données par Thomas Le Diouren, le dirigeant fondateur d'Impulse Partner, société de conseil en stratégie d'innovation dans les domaines de l'immobilier, de la ville durable et de l'industrie. Je l'en remercie.