



La tour Sequana à Issy-les-Moulineaux. Labellisée Haute qualité environnementale, elle intègre notamment 1 000 m² de cellules photovoltaïques.

© BERNARDO FORT- BRESCIA / YVES BERRANGER. CONCEPTION TECHNIQUE
FAÇADE : ARCORA GROUPE INGEROP.

CONSTRUCTION DURABLE

Un formidable défi

Neuf milliards de personnes à loger dans le monde en 2050. Une urbanisation galopante. Le changement climatique. Une énergie chère. Sachant que le bâtiment est, de tous les secteurs économiques, le plus vorace en énergie, il n'est pas question de tergiverser : la construction doit apprendre la sobriété. Elle doit devenir durable, ce qui, au-delà de l'économie d'énergie, signifie également une diminution de son empreinte écologique. Le tout sans oublier ses usagers : la construction durable vise également à améliorer leur confort et à protéger leur santé, via notamment l'amélioration de la qualité de l'air intérieur.

En France, dans l'optique d'une division par quatre des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050, le Grenelle de l'environnement a fixé des objectifs extrêmement ambitieux de réduction de la consommation des bâtiments neufs et des constructions existantes. Atteindre ces objectifs

constitue un double défi, technologique et organisationnel : construire «durable» signifie construire «autrement». Pour y parvenir, les professions du bâtiment sont contraintes à innover et à réviser leurs pratiques. L'État, au-delà des objectifs qu'il a fixés, doit, de son côté, accompagner le mouvement en favorisant le développement technologique et en adaptant le contexte juridique ou fiscal. Les utilisateurs – vous et moi – ont aussi leur rôle à jouer. Un bâtiment hyper efficace énergétiquement ne sera pleinement performant que s'il est utilisé en respectant un minimum de contraintes. Les comportements sont appelés à évoluer.

Le formidable chantier de la construction durable a débuté. Le programme est chargé. D'ici à 2050, en France, quelque six millions de logements neufs sont à construire selon des normes extrêmement sévères ; plus de dix millions doivent être réhabilités. ■

Tiré à part réalisé en partenariat avec :



L'impératif de la construction durable

Le Grenelle de l'environnement l'a mis sur la sellette. Vorace en énergie, consommateur de ressources, le bâtiment doit apprendre la sobriété et minimiser son impact environnemental. C'est indispensable pour faire face aux changements climatiques et au coût croissant de l'énergie.

Le changement climatique a son Graal : le « facteur 4 ». Autrement dit, l'engagement pris par les pays industriels de diviser par quatre, par rapport à 1990, les émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050. Pour atteindre cet objectif, le Grenelle de l'environnement a défini un nombre important de mesures au nombre desquelles le plan Bâtiment. Il est destiné à réduire de façon très significative la consommation énergétique des constructions neuves ou anciennes.

Cet accent mis sur le bâtiment ne devrait pas surprendre. De tous les secteurs économiques, il est le plus gros consommateur d'énergie : il représente 43% des consommations énergétiques françaises. Pire : depuis 1990, ce secteur et celui des transports sont les seuls qui ont vu la part de leurs émissions de CO₂ augmenter, respectivement de 21% et de 17%. Économiser l'énergie est une des idées fondamentales qui sous-tendent le concept de ce qu'il est désormais convenu d'appeler « construction durable ». Ce n'est pas la seule. Presque paradoxalement – car elle semble difficilement conciliable avec les économies d'énergie – l'idée est également de mieux satisfaire des demandes d'ordre social : offrir davantage de confort, d'espace, de lumière, de silence, une meilleure qualité de l'air... Et simultanément diminuer l'empreinte écologique des bâtiments, notamment par le choix des matériaux.

LA MOITIÉ DE L'HUMANITÉ VIT EN VILLE

Cette exigence prend tout son sens dans le contexte plus vaste de l'urbanisation galopante. La moitié de l'humanité et les trois quarts de la population européenne vivent déjà en ville. Un rapport de l'ONU prévoit que, en 2050, 70% de la population mondiale résidera en zone urbaine. Or la ville est responsable de la plupart des nuisances environnementales. La Banque mondiale observe ainsi que la croissance des résidents urbains, de 150% entre 1990 et 2025, va multiplier par quatre la consommation totale d'énergie ! Construire durable, c'est aussi prendre en compte cette évolution. Donc également réfléchir sur la mobilité et sur l'urbanisme au sens large.

Retour sur le bâtiment individuel et l'énergie. Le Grenelle a fixé des objectifs extrêmement ambitieux. La consommation



© ARCHITECTE DUSAPIN LECLERCQ BYZ

d'un bâtiment est mesurée en kWh d'énergie primaire (c'est-à-dire avant transformation et transport) par mètre carré et par an (kWh/m²/an). Pour les bâtiments existants, le Grenelle vise une baisse de 12% à l'horizon 2012, pour atteindre 210 kWh/m²/an. D'ici à 2020, c'est une diminution de 38% qui est envisagée (soit 150 kWh/m²/an), pour finalement aboutir à une baisse de 70 à 80% en 2050 (soit une consommation énergétique moyenne de 50 à 80 kWh/m²/an). Un immense programme de rénovation est donc indispensable. Côté bâtiments neufs, les exigences du Grenelle se traduisent par l'arrivée d'une nouvelle réglementation thermique en 2012 (RT 2012). Elle durcit sévèrement la précédente qui datait de 2005. Les constructions neuves devaient consommer moins

de 150 kWh/m²/an. Avec la RT 2012, il faudra diviser ce chiffre par trois : plus question de dépasser 50 kWh/m²/an ! En outre, elle introduit de nouvelles contraintes. Elle impose en particulier le recours aux énergies renouvelables. Et ce n'est pas fini : la réglementation envisagée pour 2020 prévoit déjà qu'à cette date tous les bâtiments neufs devront être à énergie positive, c'est-à-dire produire en moyenne annuelle plus d'énergie qu'ils n'en consomment ! Dès la phase de conception, ces exigences renforcées impliquent des pratiques plus transversales, globalisantes et la maîtrise d'outils de calcul, de prévision de plus en plus sophistiqués, conférant ainsi à l'ingénierie technique un rôle central. C'est une formidable rupture qui est demandée aux professions du bâtiment. Elles jouent le jeu : « Notre rôle est de dire à toutes les entreprises du bâtiment qu'elles doivent anticiper les nouvelles exigences », affirme Didier Ridoret, président de la Fédération française du bâtiment (FFB), dont les adhérents représentent les deux tiers des 123 milliards d'euros de la production annuelle du bâtiment. Effort compensé, il est vrai, par le pactole que représente le marché généré par les nouvelles réglementations. Il est globalement estimé à quelques 600 milliards d'euros.

Cela dit, l'objectif ne sera vraiment atteint sans l'implication des consommateurs. Pour un logement hyper économe consommant 15 kWh/m²/an en théorie, le comportement des usagers peut en effet faire varier les consommations dans une fourchette comprise entre 5 et 25 kWh/m²/an. On ne leur imposera certes pas d'adopter un comportement exemplaire, mais les technologies de l'information peuvent être appelées à la rescousse. Par exemple, via l'affichage des consommations d'électricité, de gaz et d'eau de chaque habitation. Ou encore, grâce à l'utilisation de compteurs électriques « intelligents » qui pourraient réaliser cet affichage.

D'autres solutions ne pourront se mettre en place que si les usagers acceptent une évolution de leur mode d'« habiter ». Par exemple, la mutualisation des biens d'équipement ou des dispositifs de production et de distribution d'énergie entre plusieurs immeubles. Ou, à l'intérieur d'un même immeuble, le partage de certains locaux ou équipements. Les feuillets américains nous ont habitués à voir leurs personnages se rencontrer dans les locaux qui hébergent les machines à laver communes de leur immeuble. Les Français adopteront-ils de telles pratiques ? ■



Bâtiment en bois construit par Vinci Construction France pour les nouvelles installations de l'INSEP (Institut national du sport, de l'expertise et de la performance).

LE RÉSIDENTIEL REPRÉSENTE PLUS DES DEUX TIERS DE LA CONSOMMATION DES BÂTIMENTS

Avec une consommation de 660 TWh*, le bâtiment est, de tous les secteurs économiques, le plus gros consommateur d'énergie : il représente 43% des consommations énergétiques françaises, soit 1,1 tonne équivalent pétrole par an et par habitant.

	LOGEMENT ¹	SURFACE ²	ÉLECTRICITÉ ³	GAZ ³	AUTRE ³	TOTALES ³	POURCENTAGE
Maisons individuelles	17,3	1782	94,7	96,0	95,0	285,7	43,3
Immeubles collectifs	13,4	884	43,5	81,8	26,8	152,1	23,1
Total résidences	30,7	2666	138,2	177,8	121,8	437,8	66,4
Total bâtiments tertiaires		850	90,0	72,3	58,9	221,2	33,6
TOTAL		3516	228,2	250,1	180,7	659,0	100,0

* TWh = 10¹² Wh

1. En millions 2. En millions de mètres carrés 3. Consommation en TWh

Quelle stratégie pour l'après-2020 ?

Alimentation électrique par un aérogénérateur d'un lycée HQE (haute qualité environnementale), à Calais. Région Nord-Pas-de-Calais.



Les mesures prises par le Grenelle de l'environnement ne suffiront pas pour atteindre les objectifs fixés pour 2050. Quelles solutions est-il raisonnable d'envisager pour y parvenir ?

Le but est fixé de façon claire : diviser par quatre les émissions de gaz à effet de serre des bâtiments d'ici à 2050. Mais cela ne dit rien quant aux moyens pour l'atteindre. Quelle stratégie mettre en œuvre ? Quelle est la plus indiquée d'un point de vue pratique et économique ? Et, selon l'option choisie, quels sont les verrous technologiques, organisationnels et socio-économiques à faire sauter pour y parvenir ? Le Grenelle de l'environnement a déjà fait des choix pour le secteur rési-

dentiel à l'horizon 2020. À cette date, tous les bâtiments neufs seront à énergie positive. Pour les anciens, un programme de réhabilitation énergétique est engagé pour environ 400 000 logements par an, d'ici à 2020. Poursuivre cette politique jusqu'en 2050 aboutirait à la construction d'environ six millions de logements neufs à énergie positive et à la rénovation de 12,4 millions de logements entre 2020 et 2050. Est-ce suffisant ? L'Ademe, l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, a fourni des éléments de réponse à toutes ces questions dans sa « Feuille de route sur les bâtiments et îlots à énergie positive », qui examine à la loupe plusieurs scénarios possibles.

Jusqu'à présent la notion d'énergie positive ne concerne que les bâtiments individuels. Un bâtiment à énergie positive (Bepos) doit générer, en moyenne annuelle, plus d'énergie



© ADEME

La tour Elithis à Dijon teste le bâtiment à énergie positive.

qu'il n'en consomme. Pour cela, il est impératif d'y installer des systèmes de production et de stockage d'énergie. Mais ne serait-il pas judicieux d'étendre la définition à l'échelle d'un îlot de bâtiments, voire d'un quartier ? Raisonner en termes d'îlot offrirait l'avantage de mutualiser ces dispositifs donc d'abaisser significativement les coûts et d'avoir recours à des technologies plus efficaces. Autre intérêt, l'îlot peut comporter des bâtiments qui ont des destinations et des usages différents, comme des bureaux et des habitations. Ils ne sont pas utilisés aux mêmes moments de la journée. Il devient donc possible de tirer parti de ces usages décalés.

Reste que, selon la feuille de route, « atteindre en 2020, et poursuivre au même rythme jusqu'en 2050, les objectifs définis dans le Grenelle de l'environnement ne suffira pas pour respecter les engagements fixés pour 2050 ». La raison ? Peu de choses ont été prévues pour le secteur tertiaire. Il représente pourtant près de 30 % des surfaces. S'ajoute à cela le fait, malgré l'effort entrepris pour la rénovation dans le résidentiel, qu'il resterait encore en 2050 quelque dix millions de logements n'ayant fait l'objet d'aucune réhabilitation.

Conclusion : « Atteindre le facteur 4 dans le secteur du bâtiment – résidentiel et tertiaire – nécessitera très probablement une amplification des objectifs du Grenelle de l'environnement après 2020 », dit l'Ademe.

Sur quels leviers jouer ? Quatre scénarios sont envisagés. **Premier scénario** : une réhabilitation énergétique lourde de l'ensemble des bâtiments résidentiels et tertiaires existants. L'objectif est de transformer ces derniers en Bepos pour les plus récents et/ou d'atteindre des niveaux de consommation unitaire inférieurs aux 50 kWh/m²/an prévus pour l'ancien.

Deuxième scénario : une réhabilitation énergétique massive mais optimisée à l'échelle de l'îlot ou du quartier et non plus du bâtiment individuel. Seule différence avec le cas précédent : les opérations devront être pensées en fonction des évolutions technologiques à venir, comme le déploiement

CAP SUR LE « BEPOS »

BEPOS : Bâtiment à énergie positive. Il doit générer en moyenne annuelle plus d'énergie qu'il n'en consomme. Plus précisément il doit offrir « une consommation d'énergie primaire inférieure à la quantité d'énergie renouvelable produite », stipule la loi. Pour y parvenir, il faut donc construire un bâtiment – immeuble ou maison individuelle – extrêmement sobre et lui adjoindre des sources d'énergie renouvelables (solaire, géothermie...), des moyens de stockage pour exploiter au mieux l'énergie produite, voire des systèmes informatisés de contrôle aptes à en optimiser le fonctionnement. Pas si simple. D'autant qu'il n'est pas question de sacrifier le

confort (surfaces vitrées, température de confort en été...) ni la qualité architecturale, et que le coût doit être acceptable. Le jeu se complique encore avec le très fort impact du comportement des usagers sur la consommation. Les expériences, notamment la tour Elithis construite à Dijon par le bureau d'études éponyme, démontrent qu'il y a loin de la théorie à la pratique. Ce bâtiment expérimental, construit pour valider les choix technologiques, est le seul qui ait été exploité sur un cycle complet de quatre saisons. Il a montré que l'objectif est très difficile à remplir en exploitation et qu'un tel bâtiment nécessite de très nombreux « réglages » avant d'atteindre les performances attendues.

massif de véhicules électriques ou de réseaux de distribution électrique intelligents.

Troisième scénario : la construction de bâtiments neufs très performants accompagnée d'une réhabilitation/déconstruction massive du parc existant. Dans ce cas, des bâtiments neufs « élitistes » et très coûteux adopteraient des stratégies de revente de leur surplus d'énergie en fonction des besoins des bâtiments existants faiblement réhabilités.

Quatrième scénario : la déconstruction-reconstruction massive. Une hypothèse radicale : cette fois, îlots et quartiers anciens sont démolis. Des quartiers à haute performance énergétique et environnementale, des villes nouvelles, ou éco-cités, à basse consommation, voire à énergie positive prennent leur place.

Bien entendu, chaque scénario a ses points forts et ses points faibles. Chacun a des conséquences en termes de technologie, de réglementation, de financement et de modèles d'affaires à inventer. En outre, les capacités et la volonté de tous les acteurs vis-à-vis des économies sont déterminants. Il n'est pas trop tôt pour choisir entre ces scénarios ou une combinaison de plusieurs d'entre eux. 2050, c'est demain ! ■

Le bâtiment doit réinventer ses métiers

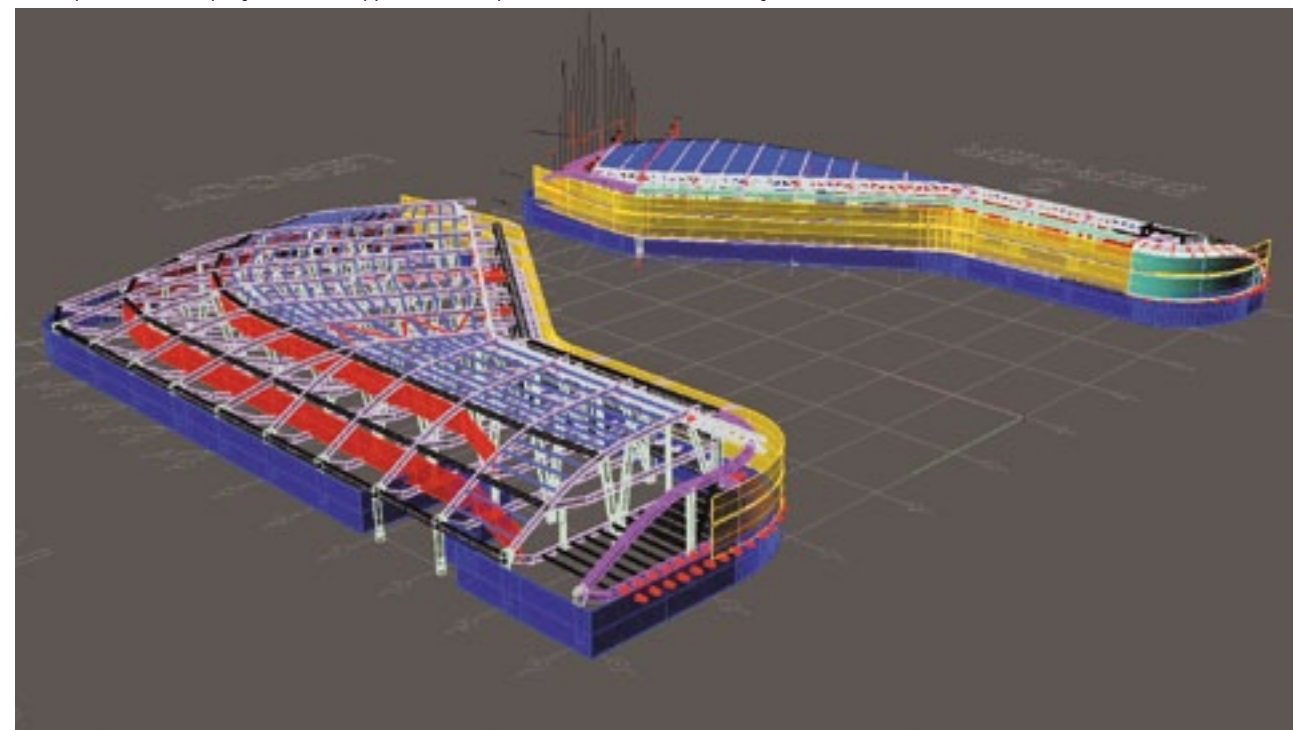
Les exigences de la construction durable impliquent une profonde révision des pratiques de la profession et le développement de nouvelles compétences. Aussi bien pour la conception/réalisation des bâtiments neufs que pour la rénovation, le travail collaboratif doit devenir la norme.

Les métiers du bâtiment sont extraordinairement nombreux et éclatés. La Fédération française du bâtiment (FFB), qui regroupe les deux tiers de la profession, ne compte pas moins de 57 000 adhérents dont 42 000 entreprises artisanales ! Cette fragmentation vaut autant pour la construction neuve, avec ses architectes, ingénieristes, designers, constructeurs, et tous les corps de métiers impliqués, que pour la rénovation qui fait appel à des myriades d'artisans et d'installateurs, voire même à une maîtrise d'œuvre pour les cas complexes. Dans un cas comme dans l'autre, les processus de travail sont séquentiels. Chacun intervient

à son tour pour la part qui le concerne. La pression mise sur la construction durable signe la fin de cette pratique. Pour satisfaire toutes les nouvelles contraintes dont l'hyperperformance énergétique, le bâtiment durable devient en effet un système complexe dans lequel chacune des composantes – la forme, les matériaux, l'isolation, les équipements de production et de stockage d'énergie, les systèmes d'information pour contrôler le tout et... les pratiques des usagers – interagit fortement avec toutes les autres.

Dans un tel système, le meilleur résultat n'est pas obtenu en optimisant strictement chacun des volets, mais en trouvant le meilleur compromis global. Bref, « *il faut désormais que le bâtiment soit conçu de façon totalement collaborative et sous la houlette d'un manager de projet capable de synthétiser toutes les exigences, parfois contradictoires* », affirme Jacques Cercelet, président du bureau Bâtiment de Syntec-Ingénierie et directeur du Développement de l'ingénieur Ingerop. Plus question donc que chacun voie midi à sa porte. Il faut synchroniser les horloges. L'architecte, par exemple, ne doit plus se contenter de définir une forme que le thermicien a ensuite pour fonction d'optimiser. Il doit la définir avec lui de façon à atteindre les performances

La maquette numérique fournit le support à l'indispensable travail collaboratif.



© LA CANOPIE/ BERGER ET ANZIUTTI/DECODE

espérées. Une réorganisation profonde des pratiques est donc nécessaire. Heureusement, elle peut s'appuyer sur un puissant outil technologique : la maquette numérique. Son principe est très simple. Le bâtiment est conçu en 3 dimensions avec des logiciels *ad hoc*. Ce modèle géométrique intègre une base de données partagée par tous les acteurs de la construction. Les différents corps de métiers n'échangent donc plus de plans mais nourrissent cette base de données avec leurs propres informations.

Inversement, chacun peut en extraire les informations qui lui sont utiles. Par exemple, pour effectuer du calcul de structure ou une simulation thermique. La maquette numérique constitue ainsi le support favorisant le travail collaboratif. Tous les grands de l'architecture, de l'ingénierie et de la construction ont commencé à l'adopter. Sa généralisation est indispensable.

DÉTERMINER L'EMPREINTE ÉCOLOGIQUE

L'énergie n'est pas la seule contrainte. On attend aussi du bâtiment durable qu'il soit le plus respectueux possible de l'environnement. Voici donc l'arrivée de l'éco-conception. Pour minimiser les impacts environnementaux, elle dispose d'une méthode : l'analyse du cycle de vie. L'objectif est de déterminer très précisément, via la simulation, l'empreinte écologique totale des solutions mises en œuvre. Tout est pris en compte, depuis l'impact environnemental des matériaux utilisés jusqu'à leur recyclage en fin de vie du bâtiment, en passant par l'effet de la construction sur la biodiversité.

À titre d'exemple, Syntec-Ingénierie a développé à cette fin le Carnet de bord développement durable, outil d'aide à la décision et de suivi des ouvrages (ou aménagements) tout au long de leur vie.

De son côté, pour former des ingénieurs et chercheurs, et créer des outils avancés de mesure et de simulation, le groupe Vinci et trois écoles (Mines ParisTech, l'École des Ponts ParisTech et AgroParisTech) ont créé, depuis 2008, un dispositif d'enseignement et de recherche tout entier voué au sujet : la chaire Éco-conception des ensembles bâtis et des infrastructures.

L'impératif de collaboration est tout aussi vif en matière de rénovation. Il trouve sa traduction dans la notion de « bouquet de travaux ». Il s'agit, pour arriver au résultat optimal, de combiner différentes solutions. Par exemple, le remplacement des fenêtres avec l'isolation des parois, de la toiture et l'installation d'équipements d'énergies renouvelables. D'où la nécessité de raisonner en termes de « groupes de métiers » et non plus de métier isolé. Un préalable toutefois avant de franchir ce pas : un grand effort de formation est indispensable pour que les entreprises, artisanales le plus souvent, maîtrisent les procédés innovants comme les technologies de l'information, l'intégration des énergies « vertes » ou l'utilisation de matériaux d'origine renouvelable. La FFB l'a bien compris. Elle a lancé il y a deux ans la marque « Les pros de la performance énergétique ». Ce label qualifie des entreprises artisanales ou des PME qui ont satisfait à un certain nombre d'exigences, notamment en termes de formation, et sont donc jugées aptes à apporter des réponses pertinentes. ■

« LA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE DOIT SE MESURER »

Un point de vue partagé par ingénieristes et constructeurs

HQE (haute qualité environnementale), HPE (haute performance énergétique), BBC (bâtiments basse consommation), Effnergie..., il ne manque pas de labels et certifications pour désigner des immeubles sobres ou respectueux de l'environnement. Ces appellations garantissent-elles que les bâtiments estampillés affichent les performances attendues ? Oui et non. Oui, car les certifications assurent bel et bien que ces bâtiments satisfont à des critères précis. Non, « *car cela ne constitue pas la preuve que ces performances seront effectivement atteintes* », précise Christophe Gobin, coordinateur de la R&D de Vinci Construction France. « *Pour comprendre cet apparent paradoxe*, explique Jacques Cercelet, président du bureau Bâtiment de Syntec-Ingénierie, *il suffit de savoir que la performance du bâti ne dit rien des résultats obtenus lors de son usage réel*. » Un label s'obtient en effet à la suite d'un savant calcul basé sur des scénarios d'usage conventionnels. « *Autrement dit, rien ne*

garantit qu'une fois occupé par ses usagers la performance sera au rendez-vous », souligne-t-il. Tous deux pensent ainsi que ces indicateurs doivent évoluer. Ils affirment qu'il faudra à l'avenir calculer la performance du bâtiment à construire en se basant sur des scénarios les plus proches possible de son utilisation réelle et, ensuite, la vérifier par des mesures. « *Quand une voiture affiche une consommation de X litres aux 100 km, ce résultat a été obtenu sur une voiture réelle et n'a pas été seulement calculé avant sa conception. Il doit en être de même dans le bâtiment* », expliquent-ils. Parallèlement, Syntec-Ingénierie a déjà sollicité le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) afin que soit élaboré un protocole de réception des bâtiments en fonctionnement, permettant une vérification effective de l'atteinte de la performance énergétique dans des conditions d'usage maîtrisées. Cette approche a également été menée par plusieurs constructeurs dont Vinci Construction en France avec son éco-engagement Oxygen.

De nombreux verrous à débloquent

La façade du laboratoire PROMES/CNRS [Procédés, matériaux et énergie solaire] dans le Languedoc-Roussillon, équipée de panneaux photovoltaïques sur 54 m².



© OLIVIER SÉBASTIEN/ADÈME

Il ne suffit pas de décréter la construction durable. Pour qu'elle avance à un rythme soutenu, des mesures d'accompagnement s'imposent. Via la réglementation, la fiscalité, les règles juridiques et les aides incitatives, le rôle des pouvoirs publics est crucial.

Constructeurs, industriels, fédérations professionnelles, chercheurs..., chacun a incontestablement son rôle à jouer pour faire sauter les verrous susceptibles d'enrayer la progression de la construction durable. Mais il est évidemment un partenaire qui détient un rôle clé : les pouvoirs publics, qui disposent de puissants leviers de toutes sortes.

En premier lieu, quelle que soit la volonté des uns et des autres, la construction durable n'avancera pas à un rythme soutenu sans un important effort de formation. Formation initiale, formation continue, formation... de formateurs sont cruciaux pour mettre à niveau l'ensemble de la filière et la doter des compétences indispensables. Des structures, comme le Feebat, créées sous l'égide des pouvoirs publics

avec les professionnels (FFB, Capeb*...), vont dans ce sens. Elles devront sans doute être renforcées.

Syntec-Ingénierie met l'accent sur un autre besoin : celui de la sensibilisation et de l'information des usagers. Plus ils sont performants, plus les bâtiments sont sensibles au comportement des utilisateurs. Mal utilisés, les Formule 1 du bâtiment que sont les Bepos ne donneront pas de résultats supérieurs à ceux d'une berline. Côté technologie, la recherche a de quoi s'occuper : matériaux, énergies renouvelables de tout poil, systèmes constructifs, technologies de l'information... Sans oublier non plus, des aspects moins high-tech mais tout aussi importants comme la mise au point des méthodes nécessaires au développement

et à la mise en œuvre de bâtiments hautes performances. Ici, l'État, via les appels à projets, les investissements d'avenir, les pôles de compétitivité..., dispose des leviers d'action nécessaires (voir page 43). Ce sujet est d'autant plus important que l'innovation technologique est aussi un moyen de doper les industries du secteur.

Construire durable impose de construire autrement. Au-delà de la formation et des technologies, cela se traduit donc par d'indispensables évolutions dans le domaine juridique et administratif. Il est nécessaire, par exemple, d'élargir le domaine d'intervention des acteurs traditionnels du bâtiment. Il s'arrête aujourd'hui à la livraison du produit. Leur responsabilité et leurs missions doivent s'étendre au-delà. Bien d'autres procédures nécessitent également de nombreuses adaptations. Celles qui sont liées à l'agrément technique, entre autres, freinent l'adoption de nouveaux produits et matériaux innovants. D'autres domaines sont confrontés à un vide juridique total. Ainsi, rien ne permet encore d'encadrer la mutualisation énergétique entre les bâtiments ou au sein d'un même bâtiment. ■

* FFB : Fédération française du bâtiment. Capeb : Confédération de l'artisanat et des petites entreprises du bâtiment.

La recherche mobilise tous ses acteurs

À côté des programmes spécifiques à chacun des grands acteurs du bâtiment, la R&D est soutenue en France par de grands programmes nationaux. Il revient au programme Prebat de définir et de coordonner les politiques nationales sur la période 2010-2015.

C'est une chance, le bâtiment constitue un domaine de forte compétence pour la France. Elle possède de puissants industriels, notamment sur l'ensemble de la chaîne de valeur de l'efficacité énergétique : Saint-Gobain, Lafarge, Vicat, pour les produits de construction ; Dalkia et Cofely, pour l'exploitation énergétique ; Schneider et Legrand, pour les équipements, etc. Ses grandes entreprises de BTP (VINCI, Bouygues, Eiffage...) et d'ingénierie (Egis, Ingerop, Setec, SNC Lavallin... et, sous une autre forme, des installateurs tels que Spie) sont extrêmement bien placées au niveau mondial.

Elle dispose également d'une position solide sur le plan scientifique avec de nombreux laboratoires publics et privés et un organisme tels que le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) fort de 850 personnes. Avec ces puissants acteurs, la France apparaît donc plutôt bien armée pour faire face à l'importante demande d'innovations et de nouvelles

technologies suscitée par la construction durable. Depuis quelques années, de grands programmes nationaux sont venus épauler ce potentiel de recherche. Le plus significatif est sans conteste le Prebat (Programme de recherche et d'expérimentation sur l'énergie dans les bâtiments) lancé en 2005.

Sa nouvelle mouture, Prebat 2, réaffirme et approfondit sa vocation. Il coordonne, sur la période 2010-2015, les actions des ministères en charge du Développement durable, de l'Énergie, de la Construction, de la Recherche et de l'Industrie, ainsi que celles de leurs agences : Ademe; ANR, Agence nationale de la recherche; Anah, Agence nationale de l'habitat; Oseo; et Anru, Agence nationale pour la rénovation urbaine. Il lui revient donc de définir des politiques générales au niveau national et de les mettre en œuvre à travers des appels à projets ou des programmes. Le Prebat couvre l'ensemble des champs du bâtiment (individuel, collectif, tertiaire...), ainsi que les réseaux énergétiques et les équipements publics associés. «*Son action doit contribuer au développement d'une filière verte structurée, importante et pérenne dans le domaine du bâtiment*», affirme sa feuille de route.

DES PROGRAMMES DE RECHERCHE DURABLE

Dans ce cadre, l'ANR a lancé le programme de recherche «*Bâtiments et villes durables*». Son domaine s'étend du bâtiment à l'aire urbaine et à la prise en compte du réchauffement climatique et des évolutions démographiques. Trois axes de recherche ont été définis. Mesure, diagnostic, évaluation, spécification de la durabilité, pour le premier ; conception, modélisation, outils de simulation, pour le deuxième et, enfin, construction, réhabilitation et gestion durables.

De son côté, l'Ademe a lancé, dans le cadre des investissements d'avenir, un appel à manifestation d'intérêt (AMI) «*Bâtiments et îlots à énergie positive*». Le but : susciter des propositions tels des démonstrateurs de recherche, des expérimentations préindustrielles ou des plates-formes technologiques d'essai. Les outils et méthodologies facilitant l'interopérabilité des différents corps de métiers font également partie du champ de cet AMI. Sont concernés en priorité des projets de réhabilitation de bâtiments et îlots existants pour les amener à 25 kWhep/m²/an.

Les pôles de compétitivité, enfin, sont également appelés à la rescousse. Quatre d'entre eux, Advancity (ville et mobilité durables, Île-de-France), Derbi (bâtiment et énergie, Languedoc-Roussillon), Cap Énergie (énergies nouvelles, PACA) et Énergivie (efficacité énergétique, Alsace) prennent en compte les aspects liés à la construction durable et/ou à la ville du futur. ■

DEUX REGROUPEMENTS POUR L'INNOVATION

Reconnue d'utilité publique en 2005, la Fondation bâtiment énergie (FBE) a été créée par Arcelor, EDF, GDF Suez et Lafarge, à l'initiative de l'Ademe et du CSTB. Elle soutient financièrement, pendant cinq ans au minimum, des opérations de R&D réalisées par des laboratoires publics ou privés, et assure le financement de l'évaluation des travaux soutenus et leur valorisation.

Syntec-Ingénierie, la fédération professionnelle qui regroupe les sociétés d'ingénierie, a créé en 2011 l'Institut de l'ingénierie (Idél), une structure pour soutenir et accompagner des projets collaboratifs innovants. Porté par 26 membres de la fédération, l'Idél travaille sur la ville durable, en étroite relation avec les laboratoires de recherche et les universités.

LES SYSTÈMES CONSTRUCTIFS

Lutter contre l'énergie grise



Le choix des matériaux et de leur mode d'assemblage doit diminuer l'empreinte écologique.

© STÉPHANIE FUENTES/ADEME

Un système constructif efficace cherche, à la fois par le choix des matériaux et aussi par la façon de les assembler pour réaliser un bâtiment, à diminuer l'empreinte écologique globale d'une construction et du chantier qui la met en œuvre. Cette recherche sur les modes de construire s'accompagne d'un volet consacré au développement de procédés industrialisés ouverts permettant des compositions architecturales variées et adaptables à différents sites. Il s'agit de construire en usine des modules avant de les assembler sur l'emplacement final. Cette solution permet de réaliser des chantiers secs (sans eau), de limiter les transports d'engins de chantier, mais également de diminuer les déchets de construction ou encore de valoriser des coproduits (par exemple, en optimisant les chutes de bois récupérées en atelier).

Construire durable, c'est aussi s'attaquer à l'énergie « grise » – celle qui est consommée pour la production et le transport des matériaux, et à leur impact,

en termes de ressources. Diminuer cet impact est l'objet de la recherche sur les systèmes constructifs, autrement dit sur de nouvelles façons de construire les bâtiments. Un

LES MATÉRIAUX

Moins énergivores, plus renouvelables

En France, le roi de la construction, c'est le béton. Il a formidablement progressé en termes de performances. L'enjeu de la recherche est aujourd'hui de le rendre plus « vert », c'est-à-dire, d'une part, de réduire la quantité de ressources non renouvelables dans ce matériau et, d'autre part, de diminuer les émissions de CO₂ lors du processus de fabrication de son principal constituant, le ciment, très énergivore. Le Cerib (Centre d'études et de recherches de l'industrie du béton) planche par exemple sur l'utilisation des granulats de mâchefer et de granulats issus de la déconstruction dans la production des bétons. Il travaille également sur la mise au point de nouveaux constituants ou procédés permettant de réduire son impact environnemental. L'acier,

également, tente un retour en force dans le domaine de la construction individuelle. Et c'est bien sûr Arcelor Mittal qui en est le champion. Autre domaine d'intérêt pour la R&D, les matériaux biosourcés. Le bois et ses coproduits, d'abord. L'Institut technologique FCBA (Forêt, cellulose, bois-construction, ameublement) et le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) ont signé en juin dernier un accord pour développer son utilisation. Le CSTB travaillera sur l'intégrabilité des innovations dans le bâtiment et le FCBA sur l'usage du bois dans la construction. Les matériaux biosourcés, tels que le béton de chanvre, trouvent quant à eux de nombreuses applications dans le bâtiment, notamment pour l'isolation. Les développements sont en pleine effervescence.



© CHRISTIAN WEISS/ADEME

Sac de chanvre. Ce bio-matériau isole murs et planchers des habitations.

TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION

Objectif optimisation



© ROLAND BOURGUET/ADEME

Panneau de contrôle de la consommation en énergie du bâtiment de l'école Langouet, en Bretagne.

Les technologies de l'information sont convoquées pour optimiser le bâtiment, que ce soit dans sa conception, sa fabrication ou son exploitation. Sur le versant conception et fabrication, les efforts de R&D portent en particulier

de performances, de mesure ou d'analyse du cycle de vie des bâtiments. Côté exploitation, les systèmes de contrôle-commande informatisés sont une autre nécessité, que ce soit pour la maison individuelle ou pour les immeubles.

sur le développement des logiciels liés à la maquette numérique, outil privilégié de gestion de l'ensemble des informations du bâti. Elle nécessite encore des développements, en particulier en ce qui concerne les échanges de données entre logiciels et, surtout, une aide à la diffusion. Il existe également un fort besoin de mise au point de divers logiciels de simulation

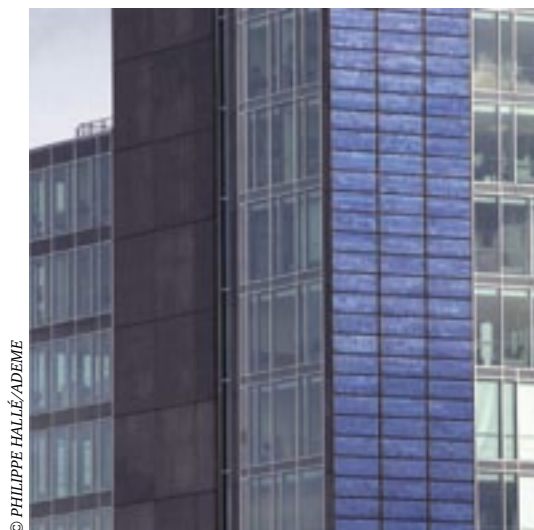
Schneider Electric, par exemple, a lancé un vaste programme de recherche (Homes) qui vise à économiser jusqu'à 20% de consommation, en particulier dans le tertiaire. Autre vaste programme : le smart grid, comprendre le réseau électrique « intelligent ». Il s'agit d'utiliser des compteurs électriques informatisés et communicants pour optimiser la distribution d'électricité, lisser la charge, voire commander à distance des équipements domestiques. À la clé, des économies, d'autant que le smart grid permet en particulier de mieux exploiter les énergies renouvelables intermittentes (éolien, solaire...). Des installations tests ont déjà commencé sous l'égide d'ERDF. L'objectif est d'en doter à terme les 35 millions de foyers français. Néanmoins, un regard attentif devra être porté sur la capacité d'appropriation de ces nouveaux moyens par les occupants.

LES ENVELOPPES

Éviter les fuites

L'enveloppe du bâtiment (murs, planchers, ouvrants, toiture) constitue l'interface avec l'extérieur. Elle joue un rôle majeur dans la performance énergétique du bâtiment – neuf ou en rénovation – à travers des paramètres tels que l'isolation, l'étanchéité à l'eau et à l'air, la gestion des apports solaires ou encore l'inertie. Hormis les toitures rafraîchissantes, les recherches sur l'enveloppe rejoignent le plus souvent celles sur les matériaux et suscitent de nombreux travaux. En particulier, dans le domaine de l'isolation par l'extérieur, solution jusque-là peu prise en France. Pour les façades, la recherche s'ingénie aujourd'hui à mettre au point des matériaux isolants légers, minces, efficaces et peu chers,

ou à utiliser des façades actives (murs solaires). En attendant, le bois est aujourd'hui la solution de choix : écologique, léger et très isolant, il fait merveille. Le verre constitue une solution alternative. Il a le défaut d'être lourd mais l'avantage de la transparence. Surtout, il a acquis de bonnes caractéristiques d'isolation grâce à l'utilisation de la technologie des couches minces. Il filtre les rayons infrarouges et, inversement, évite les déperditions d'énergie vers l'extérieur. Il est même plus « intelligent » encore avec les vitrages électrochromes qui, après une très longue phase de R&D, promettent d'arriver sur le marché : les vitres deviennent de plus en plus foncées en fonction de la lumière incidente jouant ainsi le rôle de stores.



© PHILIPPE HALLÉ/ADEME

L'utilisation de cellules solaires rend les façades actives.

Ce cahier spécial a été réalisé avec le soutien de l'Ademe, de Syntec-Ingénierie et de ParisTech • Comité éditorial : Daniel Clément, Ademe – Pierre Clément, Ademe – Christophe Longepierre, Syntec-Ingénierie – Jacques Cercelet, Syntec-Ingénierie – Christophe Gobin, Vinci Construction – Bruno Peuportier, Mines ParisTech • Rédaction : Franck Barnu • Conception graphique et réalisation : A noir.

