



École des Ponts

ParisTech

Ecole Nationale des Ponts et Chaussées

2014-2015

Thèse Professionnelle

Département Génie Civil et Construction

Mastère Spécialisé Immobilier Bâtiment Énergie

Dominique Naert

Transition énergétique et numérique : nécessaire mutation des compétences des artisans et ouvriers du bâtiment

Projet réalisé au sein du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

Le 1^{er} juin 2015

Tuteur entreprise : Christophe Morel

Tuteur école : Frédéric Gal

**Transition énergétique
et numérique : nécessaire mutation
des compétences des artisans
et ouvriers du bâtiment**

**Transition énergétique
et numérique : nécessaire mutation
des compétences des artisans
et ouvriers du bâtiment**

Dominique Naert

Sommaire

| | | | | |
|---|-----------|--|---|----|
| Remerciements | 7 | 4.1 | Évolution du chantier sous l'impulsion des nouvelles technologies | 54 |
| Résumé | 7 | 4.2 | La technologie pour répondre aux exigences hygiène, sécurité, environnement | 54 |
| 1. Introduction | 15 | 4.3 | L'Epi, plus qu'un équipement de protection individuelle, un objet de communication..... | 55 |
| 1.1 Petit rappel historique sur le développement durable | 15 | 4.4 | La révolution numérique gagne les chantiers : les applications Smartphone..... | 59 |
| 1.2 Nouvelle révolution industrielle : entre tradition et progrès technique..... | 17 | 4.5 | Traçabilité des matériaux et des systèmes constructifs : les puces RFID..... | 61 |
| 1.3 L'enjeu est d'ordre culturel | 18 | 4.6 | Entretien, réparer et maintenir : à la croisée des technologies | 63 |
| 1.4 Des créations d'emplois en perspective | 20 | 5. | Complexification des chantiers, montée des exigences et évolution de l'acte de construire | 64 |
| 1.5 Enjeux de la rénovation énergétique : le neuf ou l'ancien, le flux ou le stock | 22 | 5.1 | Le bâtiment s'adapte aux modes de vie | 64 |
| 1.6 Montée en compétences des métiers du bâtiment | 26 | 5.2 | Nomade et adapté aux âges de la vie | 65 |
| 1.7 L'artisan et l'ouvrier pivots de la transition énergétique | 28 | 5.3 | Une utilisation raisonnée de la technologie | 66 |
| 1.8 Nécessité de renforcer la coordination entre les métiers | 29 | 5.4 | L'autoconstruction | 66 |
| Partie I : Les nouveaux outils des acteurs de chantier..... | 31 | 5.5 | Adapter les techniques de construction aux changements climatiques | 67 |
| 1. Transferts organisationnels issus des industries automobiles..... | 32 | 6. | Avancées technologiques et modification des profils des qualifications | 67 |
| 1.1 Régler la non-qualité sur les chantiers..... | 32 | 6.1 | Le Kit de construction : vers une simplification des métiers ? | 68 |
| 1.2 Régler la non-qualité sur les chantiers : pistes d'amélioration | 33 | 6.2 | Ingénieurs et architectes sont concernés.... | 69 |
| 2. L'information, vecteur de qualité : une veille innovation | 36 | 6.3 | L'imprimante 3D : des chantiers sans ouvriers ?..... | 69 |
| 2.1 Batipédia, moteur de recherche de la construction | 36 | 6.4 | Énergies renouvelables et stockage : évolution des compétences professionnelles | 71 |
| 3. Le BIM : optimiser l'acte de construire | 38 | Partie II : La montée en compétences des acteurs de chantier..... | 75 | |
| 3.1 Maquette numérique, BIM, une rupture culturelle et organisationnelle | 41 | 1. | Recherche de qualité globale et durable de la construction | 77 |
| 3.2 Capitaliser les informations à chaque étape du processus..... | 43 | 1.1 | Une mise en œuvre d'une précision accrue soutenue par les TIC | 77 |
| 3.3 L'avancée n'est pas seulement technologique mais organisationnelle et managériale | 43 | 1.2 | Des métiers de moins en moins liés à la transformation de la matière | 78 |
| 3.4 Abaisser le coût de la construction | 44 | 1.3 | Qualité et certification des bonnes pratiques | 79 |
| 3.5 Dissémination du BIM dans la réhabilitation, la rénovation et la restauration..... | 45 | 1.4 | Tirer parti du savoir-faire issu des traditions locales | 79 |
| 3.6 L'usage du BIM dans tous les marchés publics à l'horizon 2017 | 47 | 1.5 | Évolution du rapport acteur de chantier/ingénieur | 80 |
| 3.7 Les nouveaux outils en appui à la transition énergétique..... | 47 | 2. | Vers une organisation "collaborante" du marché | 83 |
| 3.8 Artisans et PME, s'approprier le BIM..... | 51 | | | |
| 4. Les nouvelles technologies au service des ouvriers du bâtiment..... | 54 | | | |

| | | | | |
|-----|--|-----|---|------------|
| 2.1 | Une expérience pilote : Dorémi | 84 | Partie III : Fiches-projets | 117 |
| 2.2 | Autre initiative : Ekwation, le cluster éco construction de la région Nord-Pas-de-Calais | 85 | Fiche projet n° 1..... | 119 |
| 2.3 | De nouvelles règles pour les appels d'offres..... | 86 | Fiche projet n° 2..... | 125 |
| 3. | Adapter la formation | 87 | Fiche projet n° 3..... | 129 |
| 3.1 | Revaloriser les filières métiers pour préparer la transition énergétique | 88 | Fiche projet n° 4..... | 133 |
| 3.2 | La formation professionnelle continue des acteurs de chantier | 89 | Fiche projet n° 5..... | 135 |
| 3.3 | Nécessité d'une politique volontariste d'ampleur..... | 90 | Bibliographie..... | 139 |
| 4. | Proposition d'une plateforme de formation continue à distance..... | 96 | Partie IV : Annexes..... | 143 |
| 4.1 | Formateurs régionaux : une Cellule de coordination des plateaux techniques de formation aux gestes | 98 | Annexe 1 | |
| 4.2 | Plateaux techniques territoriaux de formation aux gestes : préparer la révolution technologique | 98 | La non-qualité et la sinistralité dans le bâtiment... 145 | |
| 4.3 | Le module Renove | 99 | Annexe 2 | |
| 5. | Quelle place pour l'apprentissage ?..... | 100 | Témoignages de chefs d'entreprise PME ou d'artisans..... | 149 |
| 5.1 | Apprentissage : un levier de compétitivité sous-estimé..... | 100 | Annexes 3 | |
| 5.2 | Inadaptation du système de formation professionnelle : comparaison avec l'Allemagne et la Suisse..... | 101 | La mention Reconnu garant de l'environnement (RGE)..... | 159 |
| 5.3 | Construire un système en adéquation avec les besoins de l'économie à l'image de la Suisse | 101 | Annexes 4 | |
| 5.4 | La Révolution 4.0 | 102 | Les plateaux techniques Praxibat | 165 |
| 5.5 | Formation et "Industrie 4.0" : comment l'Allemagne s'adapte aux mutations industrielles | 105 | Annexes 5 | |
| 6. | Mutations industrielles et évolution des compétences | 105 | La formation continue en e-learning en 2015..... | 159 |
| 6.1 | Quels défis pour quels besoins en compétences ?..... | 106 | | |
| 6.2 | Valoriser la voie professionnelle : une responsabilité collective | 106 | | |
| 7. | Proposer des innovations pédagogiques ... | 107 | | |
| 7.1 | Un plan Marshall de la formation initiale... | 108 | | |
| 7.2 | Un appareil de formation déjugé par les professionnels..... | 109 | | |
| 8. | Vers des Instituts universitaires des métiers | 109 | | |
| 8.1 | Développer des Instituts universitaires des métiers du bâtiment et du développement durable..... | 110 | | |
| 8.2 | Diplôme universitaire Compagnon du développement durable : première initiative..... | 111 | | |
| 9. | Orientations à développer dans ces enseignements..... | 112 | | |
| 10. | Conclusion | 113 | | |
| 11. | Synthèse de la thèse..... | 114 | | |

Remerciements

Mes remerciements vont tout d'abord à mon tuteur professionnel Christophe Morel qui m'a reçu régulièrement et a suivi avec patience l'élaboration de ce document. Merci aussi à tous ceux qui ont accepté de le relire et d'apporter leurs réflexions autant que leurs corrections. Tout d'abord, mes collègues du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment à savoir :

- Etienne Crépon, Carole Le Gall, Hervé Charrue, Jean-Christophe Visier, Olivier Tessier, Daniel Quénard, Philippe Pied, Lionel Bertrand, Philippe Gil-Garcia, Matthieu Grimaud, Jean-Marie Alessandrini, Jérôme Mat, Charles Pelé, Béatrice Cromières.

Un grand merci aussi à tous ceux qui m'ont apporté leurs contributions, à savoir :

- Maurice Manceau, directeur Habitat de Saint-Gobain, Roger Maquaire, président du Club de l'amélioration de l'habitat, Robert Daussy, CAH et Cobaty, Didier Roux, directeur de la Recherche de Saint-Gobain, de Paul-François Lucciani, vice-président de l'OgBTP ; Vincent Frayssinet, directeur général BTP 77, Séverine Bastard, directrice du service emploi-formation BTP 77, Xavier Bernard, animateur métier régional BTP 77, Faya Aliti, Business information intelligent services, Philippe Dresto, président de l'Observatoire du bâtiment, Pierre Le Signor, artisan maçon et formateur, Philippe Adam, artisan carreleur, Patrick Delatour, conseil en lean managment et en HSE, Julien Panico, entrepreneur maçonnerie, Eric Bétrancourt, entrepreneur génie électrique, Thierry Abélard, entrepreneur couverture-bardage, Mickael Kerouanton, architecte, Bernard Chaumier, architecte, Massoumeh Moularé, architecte, Jacques Brazulat, entrepreneur charpente, Fabian et Mickaël Bertini, entrepreneur second œuvre, Renaud Bonnel, entrepreneur maçonnerie, taille de pierre, monuments historiques, Ghislain Moret de Rocheprise, Lithias.

Enfin, je souhaite souligner le rôle important de ceux qui m'ont aidé dans la rédaction :

- Brigitte Bize, Jean-Louis Cochard, Corinne Naert, Isabelle Gueguen.

Résumé

L'Allemagne a confirmé en 2013, un projet industriel très ambitieux intitulé Industrie 4.0, sur la base du constat selon lequel la révolution digitale n'a pas encore pleinement affecté le monde de la production industrielle. Ce projet vise à dessiner les contours d'une quatrième révolution industrielle portée par la vision d'une mise en réseau de tous les éléments du processus de production. La mise en œuvre opérationnelle aura des impacts majeurs tant sur le contenu du travail que sur l'organisation de l'entreprise, les qualifications demandées et leur évolution au fil du temps. Le monde ultra-connecté questionne le système de formation professionnelle initiale et continue, reconnu comme un des avantages compétitifs de l'industrie allemande et comme un pilier de sa capacité d'adaptation.

Nous avons analysé les transferts possibles qui pouvaient concerner l'industrie du bâtiment 4.0, et la formation qui en découle. Un défi de taille qui concerne aujourd'hui les ingénieurs hautement qualifiés et demain, les acteurs de chantier. La première ébauche de cette révolution culturelle se profile avec le Building information modeling (BIM), qui va progressivement s'implanter sur les chantiers à l'échelle d'une génération. Mais déjà, les industriels du bâtiment et les distributeurs développent au sein de la recherche et développement des applications, des systèmes, des équipements et des matériaux qu'ils mettent régulièrement sur le marché. Il est donc temps de se mobiliser pour accompagner les acteurs de chantier dans la révolution 4.0, faute de quoi, la révolution opérationnelle est aléatoire. D'ailleurs, des artisans et des PME sont aussi préconisateurs de nouveaux concepts. Car il n'y a pas qu'un type d'acteurs de chantier avec des compétences clairement définies. C'est toute la difficulté. Les cartes des métiers sont rebattues, intégrant à la fois la nécessité d'évolution permanente de la construction neuve et le savoir-faire de la conservation du patrimoine bâti ancien, et leur rénovation énergétique, le véritable enjeu de la transition énergétique.

Nous avons donc commencé notre étude par un court état des lieux de la situation sur les chantiers. Avant d'envisager où et comment se projeter, il était fondamental de savoir d'où nous partions... À ce titre, nous avons recueilli les témoignages d'artisans de différents métiers, de PME, d'architectes. Nous avons rencontré des industriels, des responsables de formation continue et initiale, des statisticiens, des chercheurs, des responsables de syndicats professionnels, etc.

À la suite de quoi, nous avons proposé deux parties :

- dans la première partie, nous avons effectué un tour d'horizon des innovations qui se profilent tant au niveau des outils connectés qui vont être mis à la disposition des ouvriers du bâtiment, que des évolutions réglementaires, des techniques et des technologies qu'ils devront mettre en œuvre et qui vont impacter leur mode de penser et d'organisation. Une approche systémique est indispensable pour saisir tous les composants fondamentaux de la complexité qui se présente et acquérir une vision globale des sous-systèmes appartenant à l'industrie du bâtiment et de leurs interactions ;
- la deuxième partie expose la nécessité d'une montée en compétences au sein des différents métiers du bâtiment compte tenu de cette complexification. Cela suppose de revoir les méthodes de formation initiale et continue, en assurant un accompagnement individualisé et en misant sur le digital.

Plusieurs propositions soutiendraient une montée progressive en compétences des acteurs de chantiers, des artisans et des ouvriers du bâtiment. Cette évolution est d'autant plus importante que des carences fondamentales tant dans le domaine organisationnel que des savoir-faire sont ressorties de nos entretiens avec des artisans et des ouvriers de chantier. Ces manques peuvent entraîner un écart de qualité qui risque de se creuser avec l'arrivée des technologies de l'information et de la communication, les technologies et les matériaux nouveaux et le BIM. Nos propositions sont donc de plusieurs natures et reprennent souvent des initiatives locales qu'il serait judicieux d'étendre.

Propositions d'ordre organisationnel :

- étendre le lean construction et la méthode 5S afin de gagner en qualité, en productivité, en sécurité et de préparer l'entrée des cols bleus dans l'aire du BIM.

Propositions d'ordre informatif :

- développer un moteur de recherche de la construction pour faciliter l'accès aux informations, aux principes constructifs, aux normes, labels et certifications ;
- créer une veille innovation pour toute la filière bâtiment ;
- proposer un forum technique et une aide à la recherche d'information.

Propositions pour favoriser la simplification, le gain de temps et la productivité :

- développer des Enterprise resource planning (ERP) ou progiciels de gestion intégrés pour faciliter la rédaction des formulaires administratifs numériques ;
- proposer des modèles de Cahiers des clauses techniques particulières (CCTP) préétablis ;
- favoriser la dématérialisation des actes écrits (zéro papier sur les chantiers) ;
- créer des fiches numériques « d'auto contrôle » ;
- avancer sur le carnet de santé électronique du bâtiment ;
- créer une carte d'identité électronique du patrimoine bâti ancien ;
- développer le dossier d'intervention ultérieure de l'ouvrage (DIUO) numérique pour établir le lien entre conception et maintenance ;
- créer des carnets de détails animés accessibles *in situ*, grâce aux QR codes ;
- établir un plan de déploiement opérationnel du BIM pour les Artisans et PME ;
- développer des utilitaires 3D et des outils de calculs simples pour couvrir les cas courants.

Leviers pour garantir la qualité de la construction par :

- la formation des auto-constructeurs ;
- la certification des bureaux d'études et des mandataires de chantiers ;
- l'affichage du degré de sinistralité des entreprises ;
- l'évolution de la relation acteurs de chantier/ingénieurs ;
- la mutation des corps d'état et des métiers et l'émergence de métiers nouveaux ;
- la structuration des groupements de compétences ;
- l'évolution des procédures d'appel d'offres.

Faciliter la montée en compétence des acteurs de chantier mettre en œuvre :

- des labels de formation ;
- de la formation au numérique et au BIM pour les artisans et PME ;
- des « animateurs territoriaux » ;
- une matrice des compétences des métiers de chantier ;
- une plateforme numérique de formation à distance ;
- une Cellule de coordination des plateaux techniques de formation aux gestes ;
- un conservatoire des métiers.

Décréter un plan Marshall de la formation initiale :

- en s'inspirant du modèle d'apprentissage allemand ;
- en proposant des innovations pédagogiques ;
- en créant des Instituts universitaires des métiers du bâtiment durable ;
- en développant un diplôme universitaire Compagnon du développement durable ;
- en insistant sur les thèmes à développer dans ces enseignements.

Enfin, dans l'esprit qui anime la démarche du mastère spécialisé IBE, nous terminons notre étude par des fiches-projets qui, nous l'espérons, retiendront l'attention des décideurs.

1. Introduction

Lorsque j'ai commencé mon apprentissage, il y a plus de 40 ans, notre pays terminait de couler les jours heureux de la reconstruction. Le 1^{er} septembre 1974, je suis arrivé à la Maison des Compagnons d'Angers pour commencer ce que nous appelions encore le Tour de France (aujourd'hui, les jeunes Compagnons voyagent partout dans le monde). Nous vivions, pour la première fois depuis l'avènement du moteur à explosion et de la Révolution industrielle qui l'accompagnait, le premier choc pétrolier de l'histoire moderne.

Alors que notre civilisation se perdait dans une gabegie généralisée, nous commençons à percevoir les prémices d'une conséquence de cette débauche de consommation. Les contemporains d'alors et, en tout premier lieu, les économistes étaient peu nombreux à se rendre compte de l'ampleur du choc et de ses conséquences sur l'économie. Je me souviens encore des journaux télévisés qui annonçaient l'embargo pétrolier de l'OPEP en 1973, de mes interrogations sur la hausse de l'essence et sur une éventuelle pénurie du pétrole. Si à cette époque, les conclusions semblaient hypothétiques et lointaines, 40 ans plus tard, c'est une évidence.

1.1 Petit rappel historique sur le développement durable

En 1979, l'Académie des sciences américaine rendait un premier rapport sur le réchauffement de la planète. Il suggérait que l'activité humaine avait peut-être une influence négative sur la température. Les résultats étaient incertains, leur nature très spéculative et personne à l'époque ne s'en est alerté. 35 ans plus tard, les effets du réchauffement de la planète sont incontestables... Le dernier rapport du GIEC est alarmant à cet égard.

De fait, nous peinons à nous adapter aux nouvelles réalités. Alors que le monde de l'après-guerre voulait s'unir dans la communication, la culture, le commerce, la difficulté à les prendre en compte nous expose à l'instabilité, à se déchirer par la guerre, aux crises financières, au réchauffement de la planète, aux pandémies, aux pénuries d'eau douce et à la diminution de la biodiversité.

La croissance économique était fondée sur la convoitise illimitée et le pillage de la planète. Autant les hommes du monde ancien (celui qui se termina en 1940 dont mon père en était un digne héritier) respectaient le caractère sacré de leur environnement, autant ceux de la nouvelle société ont adopté un comportement inintelligent et aveugle. Soumis aux normes de l'idéologie matérialiste, ils sont devenus adeptes du profit à court terme, sans considération pour les conséquences. Pourtant, quelques voix s'élevaient déjà dans les années 70 afin de faire émerger une conscience de l'importance d'une gestion équitable des ressources et du bien commun. Il est vrai qu'alors, nous les considérions un peu comme des farfelus. Cependant, dès 1971 sera créé en France le ministère de la Protection de la nature et de l'Environnement et la première conférence mondiale sur le développement durable, *a posteriori* rebaptisée « Sommet de la Terre » s'est tenue à Stockholm en 1972, ne laissant que peu de traces dans les mémoires.

Dès les années 90, on évoque le développement durable "sustainable development". Considérée à l'échelle de la planète, cette notion vise à prendre en compte, outre l'économie, les aspects environnementaux et sociaux liés à des enjeux de long terme. Selon la définition donnée dans le rapport Brundtland, le développement durable est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre à leurs propres besoins. Deux concepts inhérents à cette notion m'ont dès lors interpellé : le concept de « besoins », plus particulièrement les besoins essentiels des plus démunis qui méritent

d'être traités en priorité et l'idée des limites que l'état d'avancement de nos techniques et de notre organisation sociale impose à notre capacité à répondre aux besoins actuels et à venir.

Le dernier rapport du GIEC montre qu'aujourd'hui encore, plus de 3 millions d'enfants meurent chaque année à cause de la pollution de l'eau et de l'air. Toutes les conditions sont rassemblées pour qu'une pénurie alimentaire survienne. La nourriture humaine ou animale est en très grande partie empoisonnée par des engrais chimiques et des pesticides de synthèse. Les allergies et les cancers trouvent trop souvent leurs origines dans l'alimentation.

La traduction anglaise (sustainable development) est intéressante. Pour moi qui a passé mon enfance auprès d'un véritable paysan, un « homme des bois » qui possédait une culture d'avant-guerre et la majeure partie de ma vie professionnelle dans la restauration de monuments historiques, ces notions faisaient partie de mon éducation. Rappelons que le mot « soutenabilité » est déjà employé dans une optique environnementale dès 1346, dans l'ordonnance de Brunoy, prise par Philippe VI de Valois, sur l'administration des forêts. Ainsi, la notion de forêt cultivée soumise à une exigence de soutenabilité, à un renouvellement perpétuel de la ressource, capable d'approvisionner une flotte navale, existe-t-elle depuis plus de six siècles. L'impact de l'environnement sur des domaines aussi vitaux que l'eau, l'énergie, les services, l'agriculture, la chimie,... est connu depuis très longtemps. Ainsi, en France dès le XIV^e siècle apparaissent l'obligation d'effectuer des enquêtes publiques d'impact préalables à l'implantation d'industries polluantes (enquêtes de *commodo/incommodo* pour les tanneries), ainsi qu'une administration des eaux et forêts beaucoup plus ancienne, dotée d'un pouvoir réglementaire et coercitif autonome.

L'objectif du développement durable est donc de définir des schémas viables qui concilient les trois aspects écologique, social et économique des activités humaines. La finalité du développement durable est ainsi de trouver un équilibre cohérent et viable à long terme entre ces trois enjeux. Une approche nouvelle, alternative, est reconnue par le monde académique, celle de la valorisation du social. La dimension sociale du développement insiste sur le fait que la protection de la nature ne doit pas se réaliser au détriment du bien-être. Il est fondamental de remettre l'humain au cœur de l'économie et des industries. Dans les entreprises, il s'agit de la responsabilité sociale et sociétale des entreprises. La nécessité de « réinventer » le modèle économique pour garantir la transition de la société s'impose à nous, tout comme l'importance d'une montée en compétence des acteurs de chantier. Leur place au sein d'une industrie qui a montré sa durabilité depuis des millénaires est ainsi le sujet fondamental de cette étude.

Le bâtiment est à l'image de toutes les industries impliquées dans la Troisième révolution industrielle décrite par Jeremy Rifkin. En tant qu'acteur majeur de la transition énergétique, il doit non seulement guider tous les acteurs de la construction vers une remise à niveau du réseau de communication mais encore conduire une mutation de l'infrastructure énergétique pour passer de l'énergie fossile aux sources renouvelables ; il faudra adapter les constructions, les installations électriques pour les transformer en réseaux intelligents, digitaliser le secteur des transports et de la logistique, équiper les routes pour qu'elles deviennent intelligentes. « *Cela va nécessiter une main-d'œuvre nombreuse, qualifiée, dans l'immédiat et dans les quarante ans à venir* » (Jeremy Rifkin).

C'est bien là l'enjeu de cette transition qui ne pourra pas s'effectuer sans une évolution des acteurs de chantier : artisans, chefs de chantiers, ouvriers, techniciens, femmes et hommes de métier du bâtiment et des travaux publics. Tout comme la révolution industrielle du 19^e siècle a vu se transformer de nombreux métiers, en disparaître certains et en apparaître d'autres, la 3^e révolution industrielle entrainera une mutation de l'industrie de la construction et de ses métiers.

1.2 Nouvelle révolution industrielle : entre tradition et progrès technique

Cependant dans ce contexte, la société reste pétrifiée dans une représentation mentale conditionnée et chacun s'interroge sur les mesures à prendre. De fait, personne ne souhaite et ne peut s'opposer aux progrès et les systèmes de communication vont permettre de gérer intelligemment les besoins en énergie. C'est d'ailleurs grâce à ces moyens informatiques dits "intelligents" que la nouvelle révolution industrielle est en marche. Les générations d'acteurs de chantier à venir, (les femmes et les hommes de métier du bâtiment), seront impactées par les technologies de l'information. La résistance au progrès est un leurre et il n'est pas question de demander à un tailleur de pierre ou à un charpentier de ne pas utiliser un logiciel 3D, le laser ou la robotique, à un thermicien, chauffagiste, plombier ou électricien de se passer de la gestion informatisée des réseaux et des flux etc. À un maçon de se passer d'un appareil d'infiltrométrie pour tester l'étanchéité à l'air des bâtiments et très bientôt, la maquette numérique du bâtiment sera un outil incontournable complémentaire à sa truelle.

De son côté, l'agriculteur peut tout aussi bien utiliser un tracteur avec guidage GPS et préférer en même temps le compost aux intrants chimiques. La question de la qualité de la nourriture produite sur des sols empoisonnés est fondamentale. Le jardinier, le paysagiste, le maraicher repensent leur métier en termes de cycle des saisons, de recyclage des déchets organiques, de zone climatique tout en utilisant des outils mécaniques, informatiques ou même robotiques performants. Les maraichers des fermes verticales qui s'implantent au cœur des smart-cities, vont à la fois revendiquer leur référence « bioculture » et la gestion de la lumière par des technologies de l'information et de la communication (TIC). Les cuisiniers, boulangers ou pâtisseries de qualité sont très attentifs à l'origine des matières premières et à la proximité de leur culture autant qu'à leurs qualités gustatives tout en s'aidant des dernières techniques comme, par exemple, la swellification (Détente instantanée contrôlée, DIC) : élévation de température et pression puis chute abrupte vers le vide permettant la modification de la substance) ou de lyophilisation (technique de séchage par congélation brutale). Tout ce que nous avons abandonné de la tradition revient au galop sans pour autant rejeter la modernité. L'éco-agriculture se réimplante et l'Afrique en bénéficie déjà grâce à des utopistes comme Pierre Rabhi. Tradition et progrès vont dès lors se côtoyer avantageusement. C'est le pari de la révolution industrielle que nous vivons...

1.2.1 Un développement dans la durée doublé d'un retard technologique

Le temps du bâtiment n'est pas celui des autres industries. Par rapport à l'aviation, à l'industrie navale, à l'automobile ou à l'animation, l'industrie du bâtiment est plus étanche aux changements ce qui n'est pas anormal compte tenu de la nécessité d'un temps long de réalisation et de stabilisation, voire d'expérimentation. La dimension sociale et privative de l'habitat n'est pas non plus étrangère à cette résistance.

Le bâtiment a pris un retard considérable, en particulier dans son système constructif et dans la réalisation sur les chantiers. L'outillage n'a pas évolué suffisamment, seule la sécurité des chantiers moyens et *a fortiori* de ceux de grande envergure s'est développée. Il demeure des pans entiers de la construction qui continuent de travailler empiriquement sans modélisation, sans prévision ou si peu, sans connaissance même minimale de la chimie ou de la physique des matériaux.

Dans tous les cas, les avancées sont sans commune mesure avec l'évolution fulgurante observée dans l'aéronautique, l'armement, l'automobile, l'industrie du spectacle, le cinéma, l'animation et évidemment, l'informatique et le numérique.

1.2.2 La non-qualité sur les chantiers

La non-qualité de la construction représente environ 25 milliards d'euros par an, soit 20 à 30 % du chiffre d'affaires des entreprises, 200 000 sinistres sont déclarés par an aux assureurs et plus d'un milliard d'euros sont versés en règlements (source, Fondation Groupe d'assurance mutuelle du BTP (SMABTP)). Au-delà de l'enjeu technique, le thème de la sinistralité s'impose par les enjeux économiques, sociaux mais aussi environnementaux qu'il soulève. Les conséquences qui en découlent ont un impact très important sur :

- les métiers et les hommes qui les représentent ;
- les coûts de la construction ;
- la sinistralité ;
- la qualité de vie des occupants et de leur santé ;
- la durabilité des constructions ;
- le développement durable (le CO₂, les gaz à effet de serre, le recyclage des matériaux, la pollution des sols, des nappes phréatiques et de l'air, et les transports).

De leur côté, les industriels des matériaux et des composants de la construction ont largement contribué à la modernisation de ce secteur, mais ils n'ont que peu d'influence sur la mise en œuvre sur les chantiers de taille réduite. Quant aux très grandes entreprises (Bouygues, Vinci, Eiffage, etc.), elles sont à la pointe des méthodes et des process qu'elles appliquent sur les très gros chantiers avec leur propre main-d'œuvre. Cependant, l'existence d'un système de sous-traitance à plusieurs niveaux, qui privilégie une main-d'œuvre à bas coût, les conduit à fermer les yeux sur nombre d'incohérences. À ce constat, il faut ajouter le développement de l'emploi de travailleurs déplacés (des pays de l'Est en particulier) à tous les niveaux de la filière du bâtiment. La main-d'œuvre déplacée, en déficit de formation, ne peut pas répondre aux exigences des labels et des certifications.

Les PME ont de plus en plus recours à l'espace Schengen afin de bénéficier de la loi européenne sur les charges de moindre importance appliquées aux entreprises de sous-traitance de l'Est ou du Sud. Les 300 000 travailleurs déplacés dont 120 000 dans le bâtiment (source AFP, 12 février 2015) n'ont que rarement la formation nécessaire à la mise en œuvre précise des matériaux et à la connaissance des réglementations. De plus, le niveau de rémunération et les conditions de travail subis par cette main-d'œuvre ne la pousse pas à élever son niveau de conscience professionnelle. Cette "délocalisation à l'envers" n'est qu'une vision à court terme en même temps qu'un leurre : elle ne s'inscrit en aucune manière dans la démarche développement durable ; par ailleurs, elle favorise le transfert de notre savoir-faire alors que ce dernier constitue la vraie richesse de notre patrimoine vivant. Nos véritables ressources ne sont pas fossiles mais humaines. L'énergie que l'on pourrait en tirer (prenons les concepts de thermodynamique), est largement plus importante que les ressources pétrolières.

1.3 L'enjeu est d'ordre culturel

Les TIC viendront donc enrichir le bâtiment non pas le faire naître. Le génie des femmes et des hommes qui agissent, cultivent, bâtissent, fabriquent et conçoivent conduira à dépasser les habitudes et la nécessité. C'est l'enjeu du secteur du bâtiment dans lequel, nous avons exercé pendant ces 40 dernières années, sans pour autant ressentir cette accélération qui nous interpelle aujourd'hui, à chaque instant.

Dans le bâtiment, la domotique à laquelle nous avons contribué à notre humble niveau, dans un groupe de travail de la FNB (FFB aujourd'hui) il y a près de 30 ans, continue tranquillement de cheminer. L'assistance

intelligente des technologies de l'information et de la communication répond à l'allongement de la vie et au désir des personnes âgées de demeurer à leur domicile. Le calcul de l'énergie grise (l'énergie utilisée à la production des matériaux, de la construction à la démolition et au recyclage, etc.) va se généraliser comme sa prise en compte dans les labels.

En revenant aux concepts traditionnels, il s'agit, et c'est désormais admis (le Grenelle de l'environnement a permis une avancée), de réduire la dépendance aux énergies fossiles et de créer des intérieurs sains, "qui ne rendent pas malade". La qualité de l'air intérieur est devenue un sujet de recherche important pour des habitats étanches (BBC ou Bepos). En fait, les principaux soucis des décennies futures tourneront autour de notre santé : la qualité de l'air, la nécessité d'une activité sportive ou de revenir aux métiers physiques (manuels), le maintien à domicile des personnes dépendantes. Sur le plan des ressources, l'accès à l'eau potable constituera un enjeu essentiel, tandis que sur le plan mental, la socialisation, l'empathie évoquée par Jérémy Rifkin, l'élévation des consciences seront au premier plan. Finalement, l'enjeu est d'ordre culturel.



Figure 1 : Les principaux soucis des décennies futures tourneront autour de notre santé : mesure des paramètres d'ambiances dans un bureau Campagne nationale Bureaux de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI)

Le Développement durable engage les citoyens du monde sur cette voie, celle de la prochaine phase d'homínisation. D'ailleurs, à en croire le préhistorien britannique Colin Renfrew, si nous interprétons bien sa pensée, ces phases provenaient des interactions s'établissant entre des agents humains et les outils, technologies et œuvres monumentales résultant du développement sur le mode darwinien des instruments, techniques et pratiques d'apprentissage associées. Il s'établissait donc une véritable coopération constructive entre l'outil "humanisé" par les cerveaux "ouvriers" et les humains restant en dehors de l'outil mais subissant son influence, bénéficiant de ses services et par conséquent, obligés d'interagir avec lui. « Aujourd'hui, à des échelles toutes différentes, associant aux humains des technologies autrement plus puissantes, nos sociétés ont développé des macroprocessus dont les cerveaux individuels qui sont les nôtres mesurent de moins en moins bien les effets aussi bien favorables à la survie que destructeurs. Le mouvement s'accélère en ce moment avec la révolution technologique, préfigurant une nouvelle révolution dans les processus d'homínisation » (Colin Renfrew, Prehistory, making of the human mind, Weidenfeld and Nicholson, 2007). Il est vrai que l'observation des enfants de 4 ans manipulant les outils numériques conduit à se demander si nous sommes de la même espèce...

1.4 Des créations d'emplois en perspective

Les perspectives d'évolution de l'emploi dans le BTP selon le rapport de la Dares sont éloquentes : ouvriers du gros œuvre (maçons, charpentiers, couvreurs, etc.), du second œuvre (menuisiers, peintres, électriciens, plombiers, etc.), conducteurs d'engins, techniciens, chefs de chantier, architectes ou ingénieurs, les métiers du bâtiment et des travaux publics s'exercent pour les trois quarts dans le secteur du BTP. Ils peuvent aussi s'exercer dans l'administration publique ou, pour les architectes notamment, dans les services. Ces métiers regroupaient en 2012 près de 1 900 000 personnes (rapport de la Direction de l'animation de la recherche des études et des statistiques (Dares), ministère du Travail, de l'Emploi, de la Formation professionnelle et du Dialogue social et du ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, avril 2015).

Activités du bâtiment

Chiffre d'affaires : 123 Md€ (bâtiments) et 38,8 Md€ (travaux publics).

- Parc de logements au 1er janvier 2014 : 33,9 millions en France métropolitaine.
- Construction neuve : environ 1 % par an.
- Construction neuve en 2009 et 2010 : diminution d'environ 10 % par an.
- Logements sociaux : 81 800 mis en service en 2013.
- Résidences principales : 82,8 % du parc.
- Résidences secondaires et occasionnels : 9,4 %.
- Vacants : 7,8 %.
- Parc locatif social : 4,7 millions de logements au 1^{er} janvier 2014 en progression de 1,1 % par an soit 49 300 logements supplémentaires.
- Maisons individuelles et petit collectifs à rénover chaque année : 400 000 à 500 000.
- Maisons d'avant 1975 à rénover d'ici 2050 en France : 7,4 millions.
- Parc des logements existants : 56 % de maisons individuelles représentant 71 % des besoins de chauffage, 20 % des bâtiments de moins de 10 logements représentent 19 % de l'énergie consommée.
- En 2012, l'inconfort sanitaire a quasiment disparu en France, seules 1,2 % des résidences principales ne disposent pas d'un des équipements sanitaires de base (absence d'eau chaude courante ou de baignoire/douche ou de WC).
- en 2012, près de 5 % des logements ne disposent pas de chauffage central ou électrique tandis que 24 % sont considérés par leurs occupants comme difficiles ou trop coûteux à chauffer.
- Éclairage : 8 % des logements sont jugés trop sombres.
- En 2012, près de 12 % des logements présentent un ou plusieurs des problèmes suivants : des fuites dans la toiture, des murs ou des sols humides ou bien encore, des moisissures dans les cadres de fenêtre ou au sol.
- Près de 30 % des ménages indiquent connaître une seule difficulté de logement tandis que 20 % en déclarent deux ou plus.
- En 2011, les locataires du secteur libre comme les propriétaires en accession à la propriété consacrent plus du quart de leur revenu à leurs dépenses de logement. Parmi ces ménages, environ un sur cinq dépense plus de 40 % de son revenu pour son logement.
- Taux d'effort des locataires : de 2005 à 2011, il s'est accru de 2,5 points, tandis que celui des propriétaires est resté stable.
- les chantiers de rénovation sont estimés à 45 milliards d'euros par an (étude OPEN) pour la dépense des particuliers uniquement.
- Bricolage : les français dépensent 24 milliards d'€ par an, soit 774 € chaque seconde pour le bricolage.
- Mouvement d'auto-construction coopérative : 50 000 adhérents.

Selon les chiffres affichés par l'Observatoire prospectif des métiers et des qualifications du bâtiment, nous pouvons retenir pour le seul bâtiment :

- effectifs du bâtiment : 1 462 000 salariés, soit un salarié sur 10 (70 % d'ouvriers ; 21 % de techniciens; 9 % de cadres) ;
- croissance de l'emploi féminin : + 11 % par an depuis 10 ans ;
- chiffre d'affaires : 123 Md€ (bâtiments) et 38,8 Md€ (travaux publics) ;
- nombre d'entreprises artisanales : 637 000 ;
- nombre de salariés ouvriers du bâtiment : 694 000.

L'accroissement du nombre de ménages, l'adaptation des logements au vieillissement de la population et à la dépendance, les exigences réglementaires et environnementales croissantes, notamment en termes de performance énergétique, devraient stimuler l'activité du BTP et dynamiser l'emploi dans ces métiers, notamment l'emploi qualifié. Ainsi, selon un scénario prudent du dernier rapport du groupe Prospective des métiers et qualifications de la Dares, 128 000 emplois seraient créés dans les métiers du bâtiment et des travaux publics sur la période 2012-2022. « Sur la même période, 426 000 départs en fin de carrière sont attendus. Ces départs seront particulièrement nombreux parmi les ouvriers qualifiés et les artisans. Au total, le domaine du bâtiment et des travaux publics pourrait offrir 554 000 postes à pourvoir à l'horizon 2022 ». Concernant les postes peu qualifiés d'ouvriers le turnover y est important, les seniors ne forment qu'une faible part de ces effectifs : moins de 19 % des salariés sont âgés de 50 ans. Les taux de départs seront nettement plus élevés parmi les ouvriers qualifiés. Ces départs concerneront de nombreux artisans (dans le second œuvre, près de 40 % des effectifs d'acteurs qualifiés sont des artisans). Les évolutions de l'emploi dans ces métiers au cours des prochaines années seront donc très liées à la "transmission" de ces petites entreprises artisanales.

Salariés du bâtiment

- Effectifs du bâtiment (chiffres OGBTP) : 1 462 000 salariés, soit 1 salarié sur 10 (70 % d'ouvriers, 21 % de techniciens, 9 % de cadres).
- Croissance de l'emploi féminin : + 11 % par an depuis 10 ans.
- Nombre d'entreprises artisanales : 637 000.
- Nombre de salariés ouvriers du bâtiment : 694 000.
- Travailleurs déplacés (estimés en 2014) : 120 000 personnes.
- 19 000 intérimaires.
- Personnes immigrées 3 fois plus présentes dans le BTP que dans l'ensemble de la population en emploi.
- Accroissement de la population : l'Insee prévoit 2,9 millions d'habitants supplémentaires entre 2012 et 2022 en France, soit + 4,6 % sur 10 ans.
- 128 000 emplois seraient créés dans les métiers du BTP sur la période 2012-2022 (Dares- mai 2015).
- Sur la même période 426 000 départs en fin de carrière sont attendus :
 - o postes peu qualifiés, les seniors ne forment qu'une faible part de ces effectifs : moins de 19 % sont âgés de 50 ans ;
 - o taux de départ plus élevé parmi les ouvriers qualifiés ces départs concerneront de nombreux artisans, 40 % des effectifs d'acteurs qualifiés sont des artisans.

1.5 Enjeux de la rénovation énergétique : le neuf ou l'ancien, le flux ou le stock

Au 1^{er} janvier 2014, le parc de logements s'élève à 33,9 millions de logements en France métropolitaine (source Insee). Il progresse tendanciellement, sur un rythme d'environ 1 % par an. L'enjeu de la transition énergétique des constructions se situe donc au niveau du stock. Les résidences principales représentent 82,8 % du parc, les résidences secondaires et les logements occasionnels 9,4 % et les logements vacants 7,8 %. Les logements individuels forment la majorité des logements. Après une hausse sur la période 2003-2007, la construction neuve a fortement diminué en 2009 et 2010 (environ - 10 % par an). Elle connaît depuis une évolution plus modérée. Le parc locatif social, au sens du répertoire du parc locatif social (RPLS) compte 4,7 millions de logements au 1^{er} janvier 2014 (France hors Mayotte), en progression de 1,1 % sur un an, soit 49 300 logements supplémentaires. En 2013, 81 800 logements sociaux ont été mis en service.

En 2012, l'inconfort sanitaire a quasiment disparu en France, seules 1,2 % des résidences principales ne disposent pas d'un des équipements sanitaires de base (absence d'eau chaude courante ou de baignoire/douche ou de WC). Cependant, d'autres formes d'inconfort subsistent : en 2012, près de 5 % des logements ne disposent pas de chauffage central ou électrique tandis que 24 % sont considérés par leurs occupants comme difficiles ou trop coûteux à chauffer. De plus, 8 % des logements sont jugés trop sombres. En 2012 toujours, près de 12 % des logements présentent un ou plusieurs des problèmes suivants : des fuites dans la toiture, des murs ou des sols humides ou bien encore, des moisissures dans les cadres de fenêtre ou au sol. Plus de la moitié des ménages indiquent n'avoir aucune difficulté de logement parmi les neuf suivantes : surpeuplement, absence de salle de bains, absence de toilettes, pas d'eau chaude, pas de chauffage, logement trop petit, difficulté à chauffer, logement humide, logement bruyant. Près de 30 % des ménages indiquent connaître une seule difficulté de logement tandis que 20 % en déclarent deux ou plus.

En 2011, les locataires du secteur libre comme les propriétaires accédants consacrent plus du quart de leur revenu à leurs dépenses de logement. Parmi ces ménages, environ un sur cinq dépense plus de 40 % de son revenu pour son logement. Les ménages dont le taux d'effort est élevé sont le plus souvent retraités. De 2005 à 2011, le taux d'effort des locataires s'est accru de 2,5 points, tandis que celui des propriétaires est resté stable.

Tableau 1 : Importance du stock

| Taille des logements selon la catégorie en 2011 en % (source : Insee, RP 2011) | | | | | | | |
|--|---------|----------|----------|----------|----------|------------------|-------|
| Au 1 ^{er} janvier | 1 pièce | 2 pièces | 3 pièces | 4 pièces | 5 pièces | 6 pièces ou plus | Total |
| Résidences principales | 69,1 | 74,6 | 80,4 | 86,3 | 89,8 | 89,3 | 83,3 |
| Logements occasionnels | 2,5 | 1,1 | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,6 |
| Résidences secondaires | 14,0 | 13,5 | 10,4 | 7,2 | 5,6 | 6,3 | 8,8 |
| Logements vacants | 14,4 | 10,9 | 8,6 | 6,2 | 4,4 | 4,2 | 7,3 |
| Total | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| | 69,1 | 74,6 | 80,4 | 86,3 | 89,8 | 89,3 | 83,3 |

Tableau 2 : Nombre de chantiers

Résultats Échos des chantiers : nombre de chantiers réalisés sur le clos, le couvert et le plancher

| Postes de travaux | 2012 | CONSTRUCTION | ENTRETIEN |
|--|---------------------|------------------|------------------|
| | | NEUVE | AMÉLIORATION |
| Toiture | Maison individuelle | 284 100 | 1 037 100 |
| | Immeuble collectif | 10 800 | 13 700 |
| Façade | Maison individuelle | 146 300 | 631 400 |
| | Immeuble collectif | 10 400 | 16 400 |
| Agencement | Maison individuelle | 216 000 | 672 500 |
| | Immeuble collectif | (10 400) | (17 600) |
| Structure | Maison individuelle | 473 500 | 1 424 300 |
| | Immeuble collectif | ND | 21 800 |
| Tous postes (ne pas additionner car travaux multipostes possibles) | Maison individuelle | 1 119 900 | 3 765 300 |
| | Immeuble collectif | 37 800 | 69 500 |

Source : BIS - Échos des chantiers, campagne P.I.L.O.T.E 2013

Tableau 3 : Parc locatif des bailleurs sociaux

| Parc locatif des bailleurs sociaux en milliers | | | |
|---|---------|---------|---------|
| | 2012 | 2013 | 2014 |
| Vacance supérieure à 3 mois. | | | |
| Parc de logements sociaux | 4 652,3 | 4 728,0 | 4 685,8 |
| Nouvelles mises en service | 87,2 | 88,8 | 81,8 |
| dont logements neufs | 79,4 | 77,3 | 72,0 |
| Taux de vacance (en %) | 3,2 | 3,2 | 3,0 |
| dont vacances structurelles ¹ (en %) | Nd | 1,7 | 1,6 |

Tableau 4 : Parc des logements

| Parc de logements en milliers de logements | | | | | | | |
|--|--------|--------|--------|----------|----------|--------------|------------|
| Au 1 ^{er} janvier | 2004 | 2006 | 2010 | 2012 (p) | 2013 (p) | 2014 (p) (e) | 14/04 en % |
| Résidences principales | 25 420 | 26 047 | 27 107 | 27 580 | 27 827 | 28 077 | 1,0 |
| Individuel | 14 305 | 14 685 | 15 355 | 15 634 | 15 781 | 15 928 | 1,1 |
| Collectif | 11 116 | 11 361 | 11 752 | 11 945 | 12 046 | 12 148 | 0,9 |
| Logements vacants | 1 926 | 1 949 | 2 304 | 2 469 | 2 554 | 2 640 | 2,9 |
| Individuel | 888 | 917 | 1 091 | 1 177 | 1 221 | 1 267 | 3,4 |
| Collectif | 1 038 | 1 032 | 1 213 | 1 292 | 1 332 | 1 374 | 2,5 |
| Résidences secondaires | 2 993 | 3 064 | 3 109 | 3 142 | 3 159 | 3 177 | 0,6 |
| Individuel | 1 840 | 1 887 | 1 843 | 1 844 | 1 844 | 1 845 | 0,1 |
| Collectif | 1 153 | 1 177 | 1 265 | 1 298 | 1 315 | 1 332 | 1,4 |
| Total | 30 339 | 31 060 | 32 520 | 33 190 | 33 540 | 33 894 | 1,1 |
| Individuel | 17 033 | 17 490 | 18 290 | 18 655 | 18 846 | 19 039 | 1,1 |
| Collectif | 13 306 | 13 570 | 14 230 | 14 535 | 14 694 | 14 854 | 1,1 |

Tableau 5 : Résidences principales

| Caractéristiques du parc de résidences principales en % | | | |
|---|------|------|------|
| | 2005 | 2010 | 2012 |
| Absence d'au moins un élément suivant : eau chaude, installation sanitaire, WC. | | | |
| Logements sans confort sanitaire | 2,1 | 1,4 | 1,2 |
| Surface moyenne des logements (en m ²) | 91,6 | 92,9 | 95,0 |
| Pas de chauffage central ou électrique | 7,1 | 5,3 | 4,9 |
| Fuites dans la toiture, murs/sols/fondations humides, moisissure dans les cadres de fenêtre ou le sol | 12,2 | 11,7 | 12,1 |
| Logement trop sombre, pas assez de lumière | 8,0 | 9,1 | 8,0 |
| Logement difficile ou trop coûteux à bien chauffer | 25,2 | 26,9 | 24,1 |

1.5.1 La mise aux normes dans l'ancien

Au lendemain de la seconde guerre mondiale, la France a engagé un gigantesque effort de reconstruction. La question du stock et du flux doit être examinée à l'aune des différentes réglementations historiques du bâtiment. De manière générale la réglementation concerne essentiellement la construction neuve, elle n'est pas appliquée de la même manière sur le stock et le flux. Les bâtiments d'après-guerre et construits avant le choc pétrolier ne répondent pas aux réglementations thermiques. La volonté de mieux traiter les problèmes d'hygiène et de santé publique a conduit à prendre des dispositions réglementaires à la fois sur le flux et le stock, en particulier en ce qui concerne le traitement de l'amiante et du plomb mais aussi du radon. En ce qui concerne les risques sismiques ou les risques d'incendie, l'effort est concentré sur le neuf.

Les surcoûts qu'entraînent les travaux de mise aux normes quant à la sécurité incendie conduisent certains donneurs d'ordre à renoncer aux travaux. Concernant les réglementations acoustiques, elles ne s'appliquent qu'à la construction neuve bien que le changement des fenêtres entrepris pour répondre aux nécessités thermiques améliore aussi le confort acoustique. La performance des fabricants et des poseurs permet de démocratiser et de répondre à ces exigences.

Mise aux normes de l'ancien

- Les réglementations thermiques qui se sont succédé depuis 1974 ne concernaient que la construction neuve. S'élargissant, elles sont devenues obligatoires pour la réhabilitation des bâtiments de plus de 1 000 m² (directives européennes).
- La Fédération française des tuiles et briques (FFTB) explique aux 10 000 couvreurs, le potentiel du marché de la performance énergétique qui ne cesse de croître : + 10 % sur les cinq dernières années, avec « un total de 16 millions de toits peu ou mal isolés, ce sont plus de 30 années de chantiers assurés à ceux qui sauront en profiter », avance la FFTB.

Les réglementations thermiques qui se sont succédées depuis 1974 ne concernaient que la construction neuve. S'élargissant, elles sont devenues obligatoires pour la réhabilitation des bâtiments de plus de 1 000 m² (directives européennes). En effet, « chacun s'accorde à considérer que les progrès qui doivent être réalisés en priorité sur le stock représentent 99 % du problème ». Les méthodes d'intervention sur le neuf sont très sensiblement différentes de celles qui sont possibles sur l'ancien où le recours aux produits issus de l'industrialisation y est plus complexe, si ce n'est pour les produits de second œuvre et le tiers œuvre.

Ce sujet fondamental préoccupe l'ensemble de la filière du bâtiment. Les interventions nécessitent à la fois de la main d'œuvre peu qualifiée et du personnel très qualifié. C'est donc une question de méthodologie et de qualité de main d'œuvre qu'il faut régler. La rénovation mérite plus d'intuition et d'anticipation. Quant aux nouveaux outils, ils demandent une bonne connaissance de la géométrie et du bâtiment afin de préparer en amont des éléments précis (scan 3D) à insérer dans le bâtiment à rénover. La méthodologie développée par le BIM va très vite compléter l'arsenal des entreprises spécialisées dans la réhabilitation. L'idée sera toujours d'industrialiser au maximum les composants utiles à la réhabilitation et, pour la mise en œuvre, d'employer quelques ouvriers manuels de qualité qui suffiront à satisfaire aux exigences.



Crédit photo : Fotolia, Friedberg.

Figure 2 : L'enjeu de la transition énergétique des constructions se situe au niveau du stock, de la rénovation. Les artisans, les PME et la plus grande partie des ouvriers du bâtiment sont concernés.



Crédit photo : Fotolia, illustrez-vous.

Figure 3 : Les méthodes d'intervention sur le neuf sont différentes de celles de l'ancien où le recours aux produits issus de l'industrialisation y est plus complexe, si ce n'est pour les produits de second œuvre et le tiers œuvre.

1.6 Montée en compétences des métiers du bâtiment

Sur le moyen-long terme, l'accroissement de la population (l'Insee prévoit 2,9 millions d'habitants supplémentaires entre 2012 et 2022 sur l'ensemble de la France, soit + 4,6 % sur dix ans [Blanpain et Chardon, 2010]), le vieillissement et la décohabitation familiale soutiennent la demande potentielle de logement, notamment sur certains territoires en fort développement. Le parc de logements devrait donc continuer à augmenter, d'autant que la demande actuelle paraît en partie insatisfaite par exemple, en matière de logement étudiant ou de logement social. De la même façon, le parc de bureaux devrait poursuivre sa progression, tiré par la tertiarisation de l'économie.

L'activité du secteur devrait par ailleurs être stimulée par la rénovation et l'amélioration des bâtiments existants, l'adaptation des logements au vieillissement de la population et au maintien à domicile des personnes dépendantes, et par le développement croissant des exigences et des normes de sécurité, d'accessibilité et de qualité de la construction, notamment en matière de performance énergétique. Au total, la complexification des chantiers, les avancées technologiques et la recherche de qualité globale et "durable" de la construction devraient se traduire par une montée en compétences au sein des différents métiers du bâtiment, mais aussi par des créations d'emplois qualifiés, techniciens, cadres ou ouvriers qualifiés. C'est là le thème de cette étude.

Le rapport de la Dares souligne encore que cette dynamique devrait profiter plus spécialement aux techniciens, agents de maîtrise et surtout aux cadres. Cependant, l'emploi resterait également orienté à la hausse pour les postes peu qualifiés, ceux-ci pouvant constituer un vivier de recrutement pour l'accès à des postes à plus haut niveau de qualification, notamment par la voie de l'apprentissage. Dans le second œuvre du bâtiment, près d'un quart des emplois peu qualifiés sont actuellement occupés par des apprentis.



Crédit photo: Fotolia, JPC PROD.

Figure 4 : Les métiers du bâtiment devraient continuer à offrir des opportunités d'insertion et de promotion à des jeunes via l'apprentissage. Apprenti, entretien d'embauche

La proportion de postes à pourvoir serait plus faible parmi les ouvriers peu qualifiés, notamment ceux du gros œuvre, des travaux publics et du béton (1,9 %), en raison d'une hausse limitée de l'emploi conjuguée à des départs en fin de carrière réduits. Les embauches devraient cependant rester nombreuses sur ces postes soumis à un fort turnover, liés à des conditions de travail parfois difficiles mais aussi à des transitions vers des emplois plus qualifiés. Ces métiers devraient ainsi continuer à offrir des opportunités d'insertion et de promotion à des jeunes via l'apprentissage. Les métiers du bâtiment et des travaux publics font toujours largement appel à la main-d'œuvre immigrée, notamment dans le gros œuvre. Formant le quart des effectifs des ouvriers qualifiés du gros œuvre du bâtiment ou des ouvriers peu qualifiés du gros œuvre et des travaux publics, les personnes immigrées sont trois fois plus présentes dans ces deux familles

professionnelles que dans l'ensemble de la population en emploi, sans oublier les travailleurs déplacés estimés en 2014 autour de 120 000 personnes (*Le Monde*, février 2015).

À l'instar du reste de la société civile, le niveau de diplôme des ouvriers du bâtiment n'a cessé de progresser au cours des dernières décennies, même si la part des non-diplômés reste non négligeable. Les électriciens du bâtiment se distinguent par une part plus importante de bacheliers et de titulaires d'un diplôme de niveau Bac + 2.

Le rapport de la Dares souligne « *qu'en revanche, la proportion de débutants est faible parmi les ouvriers qualifiés, ceux-ci ayant souvent acquis au préalable une expérience et une formation "sur le tas"* ». Cette remarque démontre clairement l'incompréhension des élites concernant la formation professionnelle, les métiers manuels offrant des perspectives d'évolution qui n'entrent pas dans leur vision de la réussite et de la réalisation personnelle. En effet, la qualification dans les métiers manuels ne peut justement s'acquérir qu'avec le temps, "sur le tas". L'apprentissage répondant en partie à la question de la formation "tout au long de la vie", est fondamental pour continuer à suivre les mutations. Nous essaierons donc de montrer les différents types de compétences qui s'acquièrent avec des temporalités différentes.

1.6.1 S'adapter à l'usage croissant de la technologie

Les transformations à l'œuvre dans le secteur (nouvelles réglementations, innovations technologiques, utilisation de nouveaux matériaux, etc.) doit se traduire par une montée des qualifications requises dans les différents métiers du bâtiment et des travaux publics. En particulier, ceux-ci devraient être parmi les plus concernés par les lois issues du Grenelle de l'environnement : « *qu'ils soient architectes, couvreurs ou électriciens, les professionnels du bâtiment seront amenés à développer et adapter leurs compétences pour répondre aux nouvelles exigences environnementales* » (Ast et Margontier, *Les diagnostics par domaine professionnel*, 2012). Comme de nombreux autres métiers, ils devront aussi s'adapter aux usages croissants des technologies de l'information et de la communication (y compris les outils collaboratifs) et développer des compétences relationnelles (logiques collaboratives orientées clients) dans un contexte d'évolution des organisations du travail accentuant les besoins de polyvalence.

Le niveau demandé à l'embauche pourrait ainsi continuer à s'élever. La formation des personnels pour répondre aux mutations du secteur apparaît comme un enjeu important des prochaines années dans un secteur constitué de nombreuses entreprises artisanales.

1.6.2 Le bâtiment industrie majeure de la transition énergétique

Secteur traditionnel, le bâtiment est traversé par des révolutions techniques et technologiques qui touchent à la fois aux :

- enjeux énergétiques qui poussent à des niveaux de performance active et passive ;
- progrès des techniques et au développement de schémas interactifs ;
- nouveaux matériaux qui permettent d'envisager autrement les contraintes y compris dans le domaine de la résistance des matériaux.

L'objectif de ce travail est d'en rendre compte et d'éclairer l'avenir, en dessinant dès aujourd'hui ce que seront les métiers du bâtiment de demain. Des corps d'état sont plus marqués que d'autres avec en premier, ceux de l'électricité, courants et réseaux, ainsi que du génie climatique qui concourent à un niveau d'équipement des bâtiments toujours plus performant et technique, poussant dès lors les professionnels dans des niveaux

de compétences plus pointues. Si les équipements techniques viennent spontanément à l'esprit, il ne faut pas négliger les progrès sur les matériaux eux-mêmes, béton, brique, parois en verre, etc. Ces nouveaux matériaux ouvrent un champ du possible jusque-là inexploré (portées, résistance, performance).

L'ouvrier(ère) du bâtiment doit être impliqué dans cette évolution toute darwinienne, mais la culture académique manque trop généralement aux femmes et hommes de métier. Le savoir étant le pouvoir, ils ont été dépossédés de leur place dans l'histoire de l'humanité en étant écartés du savoir, les privant du même coup de leur culture. La rupture est consommée entre cols blancs et cols bleus. Nous devons résorber cette rupture si nous voulons réussir le pari du développement durable même s'il sera toujours difficile au col blanc d'accepter de partager son gâteau économique et politique.

Pour rentrer dans le vif du sujet : le bâtiment est une industrie majeure de la transition énergétique qui conduit tous les acteurs de la construction à remettre à niveau leurs réseaux de communication, à moderniser l'infrastructure énergétique, à adapter les constructions, les installations électriques pour en faire des réseaux intelligents, et à digitaliser le secteur des transports, de la logistique, des réseaux. Or, pour mener cette 3^e évolution industrielle à son terme, il va être nécessaire de voir évoluer tous les acteurs de chantier du maître d'ouvrage jusqu'à l'ouvrier, mais aussi l'ensemble des outils et moyens mis à leur disposition.

1.7 L'artisan et l'ouvrier pivots de la transition énergétique

Le parc de logements existant est constitué pour 56 %, de maisons individuelles représentant 71 % des besoins de chauffage et pour 20 %, de bâtiments de moins de 10 logements qui en consomment 19 % (source Observatoire du BTP). Une conclusion s'impose : le marché de la rénovation sera majoritairement constitué de petits chantiers et s'adressera donc en priorité aux artisans et aux petites entreprises. Les opérations d'une certaine taille auront les moyens de faire appel à des bureaux d'études, en principe rompus aux calculs complexes pour déterminer les solutions à mettre en œuvre. Mais qu'advient-il des 400 000 à 500 000 maisons individuelles et petits collectifs à rénover chaque année qui ne pourront pas mobiliser les compétences d'un bureau d'études ?

En France, 7,4 millions des maisons d'avant 1975 devront être rénovées de manière performante d'ici 2050. Il faut donc trouver des solutions afin que les artisans et les petites entreprises, sans devenir des experts du calcul thermique, soient assurés que les solutions envisagées pour leurs clients sont cohérentes avec les objectifs fixés par le maître d'ouvrage autant qu'avec la réglementation.

Le principal effort va donc porter sur les travaux de rénovation qui constituent la majorité du patrimoine immobilier à traiter. Une mise à niveau importante est, en effet nécessaire pour satisfaire aux exigences réglementaires fixées par la RT 2012 et demain, la RT 2020. En raison du tissu économique français du bâtiment, cela concernera prioritairement les PME et les artisans.

L'artisan ou l'ouvrier du bâtiment est donc un acteur majeur qui doit être considéré comme le pivot essentiel de la transition énergétique (et de la Révolution industrielle du bâtiment). Tout d'abord parce que le développement durable prend en compte dans sa définition, des critères humains dont ceux de la main d'œuvre et de la non-délocalisation des populations (think global, act local). Les bâtiments, par définition, ne sont pas "délocalisables". Une définition détournée, il est vrai avec l'arrivée massive des travailleurs déplacés. Pour autant, la qualité de la formation professionnelle en France est reconnue grâce à son patrimoine.

Les Compagnons du devoir en sont des exemples au même titre que les Meilleurs ouvriers de France (entre autres).

1.7.1 La formation pour relever le défi

Le secteur du bâtiment ne pourra relever les défis sociaux et environnementaux auxquels il est confronté que s'il bénéficie d'un programme cohérent et pérenne de recherche, d'innovation et fondamentalement de formation au service de l'ensemble des acteurs de la filière. En effet, le secteur est appelé en quelques années à maîtriser de nouvelles techniques de production, à s'engager vers une nouvelle organisation et à maintenir son rythme de construction (non seulement dans le neuf, mais surtout dans la rénovation), tout en augmentant la qualité, en garantissant le confort et la sécurité, le tout sans augmentation de coûts. La mutation du secteur de la construction, le passage d'une garantie de moyens à une garantie de performances, ne pourra s'effectuer sans un changement d'échelle des moyens dévolus à la formation initiale ou continue des acteurs qui devront se former tout au long de leur vie professionnelle. Or, la formation professionnelle initiale et continue est en crise ; elle ne correspond pas au marché. Nous ferons quelques propositions après un benchmarking des systèmes les plus efficaces en Europe.

Un programme de formation cohérent et pérenne doit être mis en place, au service de l'ensemble des acteurs de la filière. Cette formation concernera la formation professionnelle continue qui profitera de la révolution de l'information (avec les MOOC, le blended) et l'apprentissage des métiers dits "manuels" en général, dans un temps où la jeunesse a déserté les métiers du bâtiment. La formation professionnelle initiale doit bénéficier d'un véritable plan Marshall pour revaloriser un domaine de formation jusqu'à présent déprécié et inadapté aux besoins du futur. Des propositions seront faites. Il est à espérer que l'arrivée de nouveaux outils (connectés) dans la construction rendra plus attractifs les métiers pour les jeunes et leurs parents.

Pour accompagner les acteurs de l'acte de construire, professionnels aguerris comme débutants, il va falloir mettre à leur disposition de nouveaux outils technologiques, encore émergents dans ce secteur, afin de permettre une amélioration de la productivité par l'obtention d'un niveau de qualité encore perfectible. De la maquette numérique du bâtiment à un ensemble d'innovations concernant les outils de chantier, de management et de contrôle des installations tout au long du cycle de vie de l'ouvrage, nous dresserons un inventaire prospectif qui constitue autant de pistes à approfondir dans le cadre de programmes de recherche et de développement.

1.8 Nécessité de renforcer la coordination entre les métiers

La rénovation thermique soulève un autre problème : pour être de qualité, elle nécessite la coordination « harmonieuse » de plusieurs corps de métier (le maçon, le menuisier, l'électricien, le façadier, le chauffagiste, etc.). Ces intervenants doivent apprendre à coopérer et à comprendre les difficultés des autres professionnels, ce qui ne va pas toujours de soi dans un secteur traditionnellement segmenté par métier où chacun a tendance à cultiver ses particularités. De plus, les maîtres d'œuvre n'interviennent que très peu pour pallier les carences de coordination car « Les français ne font que rarement appel à un architecte ou à un bureau d'études pour les travaux concernant leur logement. » (Manifeste Négawatt 2012).

Dans le cas d'une rénovation thermique, se pose donc le problème de la coordination entre les corps de métier, les interfaces de chantier, du traitement des ponts thermiques et le cas échéant, celui de la responsabilité en cas de non-performance énergétique ou de désordres avérés.

Ce défaut de coordination contribue aux négligences voire au sabotage de la réalisation. Enfin, une réelle mutation des relations organisationnelles des artisans est indispensable ; ils sont invités à se regrouper au sein de structures pluridisciplinaires, représentés par un seul mandataire face aux maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre, de trouver de nouveaux modèles de concurrence, de financement et d'appel d'offres. De nouveaux outils et une nouvelle organisation sont donc nécessaires pour accomplir le chemin de la rénovation énergétique dans notre pays.

Cependant, le manque de confiance entre les acteurs du bâtiment provoque un premier blocage. Pourtant, les capacités d'investissement et de financement existent d'ores et déjà, tant dans le secteur public que dans celui du privé. Il suffit d'observer le budget dédié au bricolage pour s'en convaincre : les Français dépensent 774 € chaque seconde pour le bricolage. Or les chantiers de rénovation représentent 45 milliards € par an. (source BIIS).

La normalisation des règles de construction produit aussi de la frilosité. Les risques juridiques en même temps que d'obsolescence sont identifiés et génèrent une méfiance vis-à-vis des pouvoirs publics mais aussi des acteurs de la construction (et entre les acteurs). Or, pour la plupart, ces obligations nouvelles sont une incitation à la sécurité et à la qualité de la vie. Elles offrent aussi un potentiel de valeur ajoutée nouveau (par exemple, la valeur verte). C'est souvent un manque de coordination et de programmation en amont et un déficit d'information en aval qui installent une incompréhension à l'intérieur de la chaîne de la construction. D'autant que l'évolution de la normalisation est loin d'être terminée, non seulement compte tenu de la mutation des matériaux et des composants mais aussi parce que l'Europe n'a pas encore engagé de travaux sur l'harmonisation des Codes de construction, un chantier en attente, en particulier dans les domaines de l'environnement, de la santé et du social où l'idée d'une égalité entre citoyens européens est fondamentale.

PARTIE I
**Les nouveaux outils
des acteurs de chantier**

1. Transferts organisationnels issus des industries automobiles

Pour régler la non-qualité sur les chantiers, les acteurs s'accordent sur le constat que la méthode, l'organisation, la coordination offrent des axes de progrès.

1.1 Régler la non-qualité sur les chantiers

La non-qualité dans le bâtiment est évaluée jusqu'à 30 % (de 15 % à 30 % selon les observateurs) du montant des investissements du secteur. Par conséquent, régler la non-qualité dans le bâtiment augmentera la productivité des entreprises, améliorera leur bilan et leur capacité d'investissement dans les outils nouveaux de la transition industrielle engendrée par la transition énergétique. Un cercle vertueux qui va, non seulement permettre d'améliorer la performance des entreprises, mais aussi d'abaisser le coût de la construction, de relancer le marché et de régler en partie le déficit du nombre de logements.

La non-qualité

- La non-qualité de la construction représente environ 25 milliards d'euros par an soit de 15 % à 30 % du chiffre d'affaires des entreprises.
- Le coût annuel des incohérences dans le bâtiment est estimé à plus de 10 milliards d'euros.
- Sinistres : 200 000 déclarés par an aux assureurs. Plus d'un milliard d'euros versés en règlements.
- La non-qualité dans les réseaux de communication s'élèverait à 50 %.

Le témoignage de Philippe Adam, artisan carreleur est édifiant à cet égard : « Après plusieurs recalages de planning, on n'a plus le temps. "Maintenant, il faut y aller, il faut mettre les moyens, il faut renforcer vos effectifs" est la phrase par excellence des décideurs, eu égard aux délais d'intervention comprimés par l'OPC (Ordonnancement, pilotage et coordination). Les entreprises se précipitent pour réaliser leurs ouvrages, menacées de pénalités de retard. Cette précipitation, non maîtrisée, entraîne toutes sortes de malfaçons. On recommence en disposant d'encore moins de temps, sans parler de la sécurité du chantier qui, revendiquée haut et fort en début d'opération, semble avoir disparu au profit d'une fourmilière d'entreprises qui interviennent en même temps dans une ou plusieurs zones du chantier, au détriment de toutes les règles de sécurité. Il n'est pas rare de mettre en œuvre en même temps le carrelage, le chauffage et le plafond, en passant par l'électricien qui pose ses gaines... Un planning serré en début de chantier a laissé place à un planning irréalisable. Pour une même tâche, un planning incompressible peut se voir réduit de moitié. Alors que techniquement, les contraintes de mise en œuvre n'ont changé en rien... Et que dire du manque de respect des prestations respectives à chaque entreprise par les autres corps d'état... ».

Le constat général est préoccupant :

- peu (ou pas) de visibilité sur le planning général ;
- des causes de pollutions non mesurées ;
- approximation de la sécurité ;
- peu (ou pas) d'autocontrôle formalisé des ouvrages.

1.2 Régler la non-qualité sur les chantiers : pistes d'amélioration

Les entreprises de réhabilitation doivent reprendre en main leur destin et revoir complètement leur organisation et leur coordination. Les PME doivent regagner des marges de manœuvre et arrêter, comme c'est le cas pour une grande partie des PME aujourd'hui, de tirer les coûts et la qualité vers le bas. Les gains obtenus sur le gaspillage de temps et de matériaux, sur l'énergie physique et humaine améliorent la productivité et les marges économiques. Plusieurs pistes d'améliorations sont donc à développer avec les entreprises :

- mesure des tâches réellement réalisées versus celles prévues ;
- identification des besoins du chantier ;
- mesure des pollutions organisationnelles, catégorisation des raisons des retards ;
- développement de l'autocontrôle ;
- analyses des postes (valeur ajoutée et gaspillages) ;
- travail sur la logistique chantier et les stocks tampons.

1.2.1 Les leviers du progrès : le lean construction

Les acteurs s'accordent à constater que la méthode, l'organisation, la coordination constituent des pistes de progrès à explorer. Le lean construction ou démarche de progrès permanent rassemble un ensemble de principes, d'outils et de techniques dont l'objectif est d'améliorer les performances de l'entreprise, afin de mieux répondre aux clients. L'un des principes de base du lean est d'identifier et d'agir sur les sources de gaspillage (surproduction, déchets, attente etc.). Cette démarche initiée dans la Seine-et-Marne par la Fédération française du bâtiment (FFB 77) est l'un des leviers pour préparer la révolution culturelle en gestation sur les chantiers.

Cette méthode de gestion empruntée à l'industrie (exemple de Toyota) permet à l'entreprise de gagner du temps et donc de la productivité, mais aussi de supprimer le stress. Le lean s'attache à éliminer les gaspillages qui réduisent l'efficacité et la performance. Dans la construction, neuf sources de gaspillages sont identifiées : la production, les attentes, les déplacements, la logistique, les éléments défectueux, les stocks, la surabondance de procédures, la débrouille et la sous-utilisation du potentiel humain.

Dans un marché toujours plus concurrentiel, des délais toujours plus courts, un environnement toujours plus dense avec des acteurs nombreux, la gestion des chantiers devient de plus en plus complexe. Les méthodes traditionnelles de gestion de chantier conduisent à "déraper" en délais et en coûts.

Le lean construction vise à accompagner le passage du mode classique "suivi de chantier" (rétroviser) au mode "gestion de projet" (anticipation systématisée). Il place les salariés au centre de la démarche : ils sont consultés au titre de participants au développement de l'entreprise. « Avec le lean, on sort de la spirale ordre/contrôle/sanction pour laisser les salariés s'exprimer, aussi bien sur les contraintes que sur leur capacité de créativité ».

Le lean sur le chantier apporte :

- une meilleure collaboration et communication entre les entreprises qui travaillent ainsi sans se gêner, s'organisent, font plus vite et mieux ;
- une meilleure maîtrise des flux entre chantier, BET, dépôt et atelier ;
- une augmentation de la productivité ;
- moins de stress pour les encadrants de chantier notamment, des journées plus efficaces et une productivité opérationnelle largement augmentée ;
- des gains de temps sur l'organisation permettant de se concentrer sur la technique et l'administratif.

La FFB 77 a expérimenté le recours à ces méthodes avec succès. Les premières PME et artisans qui ont tenté l'expérience ont dégagé un bénéfice quasi immédiat sur leur investissement en temps. En soutien, des intervenants étaient présents dans les entreprises, le matin à l'embauche et le soir après la journée de travail.

1.2.2 La méthode 5S dans le bâtiment

L'industrie du bâtiment bénéficie ainsi des techniques de management et de gestion de la production mises au point par les autres industries. Le lean management en est une, tout comme la méthode 5S. Cette dernière a été adaptée pour la construction et utilisée depuis fort longtemps par les très grandes entreprises du bâtiment (TGE). La méthodologie 5S issue, là aussi, de l'industrie automobile japonaise s'impose dans toutes les industries. Le bâtiment n'y coupe pas. L'expression 5S tire son origine de la première lettre de chacune des 5 opérations à conduire dans cette technique. On peut les traduire approximativement par :

| Mot Japonais | Traduction | Interprétation |
|--------------|------------|------------------------------|
| Seiri | Débarras | Trier |
| Seiton | Rangement | Ranger |
| Seiso | Nettoyage | Nettoyer |
| Seiketsu | Ordre | Conserver en ordre et propre |
| Shitsuke | Rigueur | Formaliser et impliquer |

Le 5S est facile à mettre en œuvre pour autant que le chef d'entreprise en soit convaincu. D'autant que cette démarche fait partie des gènes des artisans d'exception. Il ne paraît pas possible qu'un MOF (Meilleur ouvrier de France) ne travaille pas sans cette démarche et sans y apposer la même terminologie. C'est tout au moins ce que nous ont appris nos Maîtres avant de savoir manier la massette.

La démarche 5S est certainement l'un des outils de la "qualité" totale à développer en priorité dans les entreprises. Il s'agit d'une démarche professionnelle qui ne peut pas s'improviser. Elle a pour objectif des enjeux économiques et de progrès permanent. L'une des premières étapes, sinon la première, doit porter sur la propreté et la bonne organisation des bureaux de chantier et des postes de travail. Tous les services de l'entreprise sont concernés. La qualité d'une entreprise est jugée par son client à travers sa tenue, son allure, la présentation du chantier et de la première impression qu'elle donne. Cette démarche, basée sur un management participatif, joue un rôle essentiel dans la prévention des accidents. À terme, il n'est plus nécessaire de rappeler les règles de sécurité, car la démarche incite naturellement à une plus grande ouverture d'esprit et une attitude favorable à l'application des consignes.

1.2.3 Le chantier propre, source de qualité et de sécurité

Les chantiers de construction, en raison de leur organisation complexe, des moyens humains et financiers mis en jeu, ainsi que des nuisances potentielles qu'ils peuvent représenter, sont soumis à un ensemble très dense de réglementations. Plusieurs domaines sont visés : tels que la coordination des tâches, la garantie des ouvrages, la sécurité et la santé des ouvriers ainsi que des riverains, ... À ces différentes préoccupations s'ajoute une volonté de limiter tout particulièrement l'impact environnemental du chantier, et notamment les pollutions et la production de déchets non valorisés. La notion de "chantier à faibles nuisances" s'est développée, à l'initiative de l'Association HQE.

Le chantier "propre" est une traduction de la méthode 5S par l'association Qualitel. Loin de se limiter à la propreté du chantier, il s'agit d'une démarche globale, d'un ensemble d'exigences à respecter dans le cadre de la certification Habitat et environnement. Dans ce cadre, la mobilisation est l'affaire de tous, de l'entreprise au maître d'ouvrage qui doit exiger cette certification ou, tout au moins, la démarche qui s'y déploie. La propreté d'un chantier est source de sécurité et de qualité. Il est plus aisé de vérifier, de contrôler, d'analyser sur un chantier propre. Les conditions de vie sur le chantier sont une exigence de la Révolution industrielle.

Parce qu'un chantier est d'abord et inévitablement générateur de nuisances, par la nature des ouvrages à réaliser, des travaux impliqués, des engins mobilisés, tous les acteurs doivent s'engager dans une dynamique de réduction des impacts négatifs. Les nuisances du chantier concernent autant le personnel proprement dit que les riverains. Trois objectifs principaux sont à poursuivre pour réaliser un chantier respectueux de l'environnement :

- la réduction des nuisances causées aux riverains et au personnel ;
- la prévention des pollutions du sol, de l'eau et de l'air ;
- la gestion des déchets, du tri à la valorisation :
 - le réemploi,
 - le recyclage,
 - la régénération ou
 - leur conversion en énergie.

1.2.4 La dématérialisation des actes écrits : zéro papier

Le lean construction (littéralement "gestion maigre", "sans gras") incite à la dématérialisation des actes écrits. Contrairement à ce que l'on pourrait penser, c'est toute la filière qui résiste à cette nécessité et pas seulement les artisans ou les acteurs de chantiers. L'administration "papier" prend pourtant une part importante du temps d'un chef d'entreprise. Si l'administration française se situe en bonne position parmi les pays utilisateurs de systèmes d'information, il reste pour autant des progrès à réaliser. Tous les documents nécessaires au cycle de la construction doivent pouvoir être numérisés et envoyés d'un simple clic. Les maîtres d'œuvre doivent, eux aussi faire un sérieux effort afin de simplifier la tâche des acteurs de chantier ou d'atelier qui, de fait, ont très peu de temps à passer derrière un bureau. Pour l'acteur de chantier qui n'a jamais aimé la "paperasse", cette peine est commuée en faute : aujourd'hui, le papier est dépassé et demain, le bureau n'existera plus vraiment. On voit déjà apparaître des tables digitalisées qui équiperont les bureaux de chantier. Plus de plans, plus de documents perdus, plus de comptes-rendus en retard... zéro papier !

En fait, ces étapes d'organisation et de dématérialisation sont à franchir avant d'atteindre le niveau nécessaire au nouveau type de management qui s'élabore : le BIM (Building information model). Ce n'est pas demain que nous verrons une table digitalisée sur un chantier artisanal ; pour autant sera-t-elle nécessaire ? les tablettes sont déjà très suffisantes. Il y a urgence à s'engager sur la voie de la dématérialisation des documents si nous ne voulons pas assister au décrochage des artisans et des PME du bâtiment avec ses conséquences sociales et économiques.

2. L'information, vecteur de qualité : une veille innovation

Le sujet qui prévaut est la difficulté que connaît toute la chaîne de la construction, à se tenir informée, à se former, à comprendre, à prendre en compte les règles et les normes. La création d'un moteur de recherche de la construction à l'instar de Google est fondamentale, non seulement afin de rassembler la quantité astronomique de connaissances qui ne cessera pas de s'amplifier mais encore, d'identifier et de trouver l'information la plus précise en réponse aux questions.

Le déficit de communication contribue à alimenter la problématique de non-qualité sur les chantiers. La difficulté d'être informé des normes et des règles de construction, des labels et des certifications, des Atex et des évaluations, des lois et des décrets, des innovations et des sinistres,... est amplifiée pour les acteurs de chantier. Ce qui paraît complexe aux maîtres d'ouvrage et aux BET (en permanence connectés) est accru pour les productifs qui sont concentrés sur leur ouvrage, en chantier ou à l'atelier. L'éventail des possibilités d'information qui s'offre à eux est restreint. La création d'une plateforme ou plus exactement, d'un moteur de recherche de la construction est donc essentielle. Un "Google de la construction" qui permettrait de répondre à toutes les questions que l'on se pose en matière de bâtir. Batipédia, élaboré par le CSTB et lancé fin 2014, a été particulièrement bien reçu par les professionnels du bâtiment. Il doit être complété par de nombreux documents électroniques qui faciliteront encore plus le travail des entreprises et qui répondront aux questions des artisans et des ouvriers du bâtiment. Il faut développer la veille innovation qui a été mise en œuvre sur Batipédia.

2.1 Batipédia, moteur de recherche de la construction

Batipedia (www.batipedia.com) forme les prémices d'un site qui doit être très vite complété par des liens avec les nombreuses initiatives des organismes inscrits dans la sphère de la construction. Il devra aussi, tout comme un Google de la construction qui permettrait de répondre à toutes les questions que l'on se pose en matière de bâtir, être complété par des films, des animations, des cours à distance gratuits, des forums d'échange, une encyclopédie participative libre dotée de modérateurs, etc. Ce moteur de Recherche doit aussi permettre de compléter rapidement les documents administratifs (déclarations, procès-verbaux) ; Il faut réussir à ne saisir qu'une seule fois les coordonnées d'entrée de toutes demandes, une convivialité optimale doit faciliter les enregistrements et les réponses aux services publics et privés.

Toutes ces mesures participeront de l'amélioration des compétences des professionnels mais aussi de celles des maîtres d'ouvrage ce qui ne peut que favoriser la qualité de la construction et avoir un impact bénéfique pour endiguer la sinistralité dans le bâtiment.

Ce portail suscite d'autres attentes comme par exemple :

- modèles de Cahiers des clauses techniques particulières (CCTP) préétablis avec une bibliothèque de descriptifs :
 - construction automatique de CCTP à destination de la maîtrise d'ouvrage et de la maîtrise d'œuvre à partir de clauses et descriptifs produits, adaptés aux situations les plus courantes (projet en cours de discussion avec *Batiactu*) ;

- possibilité de proposer aux industriels de publier des CCTP spécifiques à leurs produits ;
- aide à la rédaction des formulaires :
 - proposer des formulaires commentés pour gérer l'ensemble d'une opération : Cahiers des clauses administratives particulières (CCAP), Acte d'engagement, permis, autorisations d'ouverture, comptes-rendus de chantier, Ordre de service, déclarations d'accidents, réserves, etc.
- interface 3D :
 - remplacer l'outil de recherche 2D actuel de Batipédia par la modélisation 3D d'un bâtiment ;
- développer des partenariats avec des institutionnels et éditeurs privés :
 - intégrer le fonds documentaire et les outils de partenaires : FFB, Capeb, FCBA, Cete, Certu, Ademe, ministères, etc.
 - rassembler les liens de l'ensemble des institutionnels, (nombre d'études et de documents pédagogiques de qualité demeurent non-visibles et inaccessibles aux professionnels) ;
- rassembler l'ensemble des ressources disponibles au CSTB afin d'éviter le saupoudrage des informations :
 - intégrer l'ensemble des documents des sites : e-cahiers, évaluation, documentation, voire les autres sources en provenance des services ;
- développer une boîte à outils/outils de calculs :
 - proposer des utilitaires et des outils de calculs simples pour couvrir les cas courants : hauteur des garde-corps, calepinage, descente de charges, dimensionnement d'une pompe à chaleur air/eau, calculs selon les Eurocodes (du type Compagnon de l'Eurocode 3), identifier les exigences réglementaires spécifiques à un lieu de construction, identifier les déchetteries en fonction du site de construction, etc.
- communauté/forum technique :
 - autour des grandes thématiques traitées par Batipédia, mettre en place un forum technique et une aide à la recherche d'information et nommer un modérateur par thématique. Des études pourront éventuellement être proposées par le CSTB et facturées par les services ;
- outils pédagogiques :
 - à partir du fonds éditorial, proposer des outils plus didactiques agrémentés de vidéos, de schémas animés, etc. Une évaluation des compétences peut être proposée en fin de cursus. La formation en ligne pourrait être associée à une formation en salle ;
- offres sur mesure :
 - développer des packs spécifiques à chaque métier ou type d'opération (piscines, établissements de soins, sportifs, de spectacles, etc.) proposant le référentiel, les guides, les outils pédagogiques et les utilitaires ;
- publicité/promotion :
 - vendre et mettre en avant l'offre des industriels en fonction des requêtes formulées par le client ;
- développer une bibliothèque de détails de construction :
 - lancement courant 2015 avec les menuiseries ;
- offrir des services de veille et d'ingénierie documentaire :
 - la plateforme Batipédia pourrait servir aux professeurs pour l'archivage et le partage de leurs ressources documentaires, projets,...

- diversifier la nature des informations de Batipédia :
 - aujourd'hui le site contient principalement une information textuelle, d'autres ressources pourraient être ajoutées telles que : des animations 3D, des vidéos de séminaires et de mises en œuvre, des feuilles de calculs, etc.
- développer des fiches qualité « autocontrôle » :
 - une application mobile permet le transfert direct des résultats vers le chef de chantier.

3. Le BIM : optimiser l'acte de construire

L'évolution de la deuxième moitié du vingtième siècle, qui a apporté de nombreux composants, produits et procédés nouveaux, n'a pas permis de modifier en profondeur le secteur du bâtiment. En réalité, des ruptures importantes de niveau se sont même créées entre :

- les très grandes entreprises (TGE) ;
- les PME ;
- certains corps de métiers de secteurs comme la restauration des monuments historiques, la construction neuve, le pavillonnaire, le logement social ou la réhabilitation, etc.

La maquette numérique

- Engagements attendus par le Royaume-Uni, grâce à la réforme du BIM, sont de réduire :
 - o les délais de 50 % ;
 - o les émissions de gaz à effet de serre de 50 % ;
 - o toute commande publique coûtera 20 % moins chère, sera réalisée 20 % plus vite et sera 20 % plus efficace en termes de gestion de la vie du bâtiment après sa construction.
- L'ambition française est de réduire de :
 - 35 €/m² le coût de la construction neuve ;
 - 7 % d'économie sur les budgets de travaux d'entretien du patrimoine HLM.
- En Finlande, la marge de 45 % est atteinte par leurs entreprises précurseurs de la modélisation des données numériques du bâtiment.

Il n'y a pas un monde du bâtiment mais plusieurs. Les chantiers industriels, neufs, de réhabilitation, de rénovation, de restauration de monuments historiques nécessitent du matériel, des matériaux, des formations et des acteurs différents. Il n'y a pas un système mais de nombreux sous-systèmes qui ne sont pas nécessairement pris en compte dans l'approche globale des décideurs et de leurs politiques pour l'application sur le terrain de la nouvelle orientation vers le développement durable. Ceci, alors même que le bâtiment a un impact prépondérant sur cette orientation en ce qui concerne l'efficacité énergétique en particulier et la transition énergétique en général. Par ailleurs, la complexification des systèmes nécessite une réorganisation et une remise à niveau de tous ces sous-systèmes pour parvenir à une harmonisation et une globalisation, eu égard à l'évolution du reste de la société.

Le prix Nobel physicien et chimiste belge Ilya Prigogine pensait que la complexification crée les conditions de l'évolution. Cette réflexion trouve un écho dans l'ouvrage de Jeremy Rifkin. Nous sommes arrivés à ce niveau de complexité : « *La convergence de l'évolution de l'énergie et des communications ne reconfigure pas seulement la société, les rôles et les rapports sociaux mais aussi la conscience humaine.*

Les révolutions des communications changent l'orientation spatio-temporelle des humains ». Il ajoute : « Notre participation patiente à des réseaux, notre nouvelle aptitude aux multitâches et à l'activité simultanée sur pistes parallèles, notre conscience toujours plus vives des interdépendances économique, sociale et environnementale, notre quête de relations et d'insertion, notre disposition à accepter les réalités contradictoires et les perspectives multiculturelles et notre comportement-processus, tout nous prédispose à la pensée systémique, autrement dit holistique. » (Rifkin, La nouvelle conscience pour un monde en crise, 2011).

Les acteurs du bâtiment s'inscrivent dans cette évolution, ils modifient leurs comportements et s'apprêtent à révolutionner leur industrie qui a été lente à ingérer la nouvelle technologie de l'information.

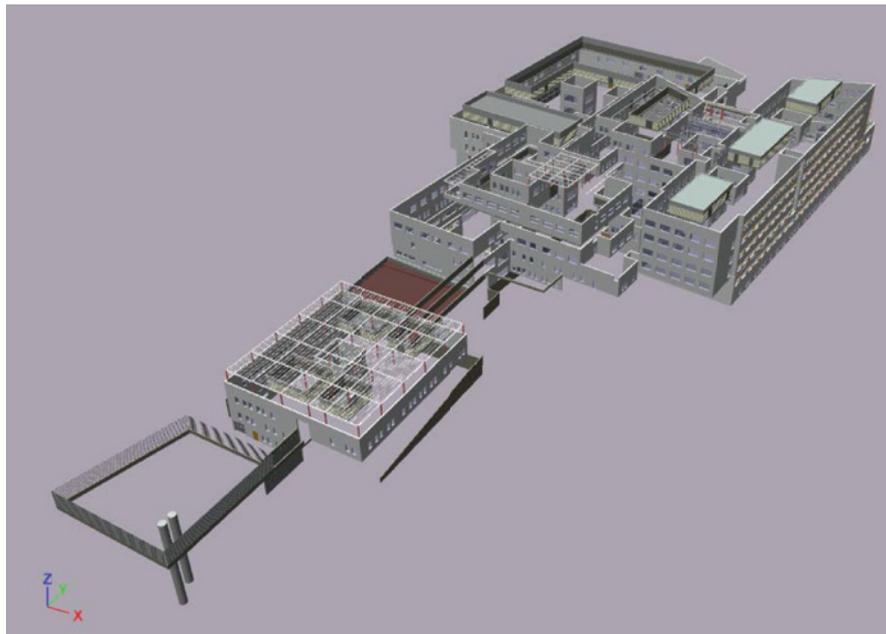


Figure 5 : La maquette numérique est une représentation en 3D de l'ensemble des informations qui permettent de concevoir et construire un ouvrage et d'en simuler les comportements. Centre hospitalier d'Ajaccio, INSO, AART Farh, Berim, SNC Lavalin.

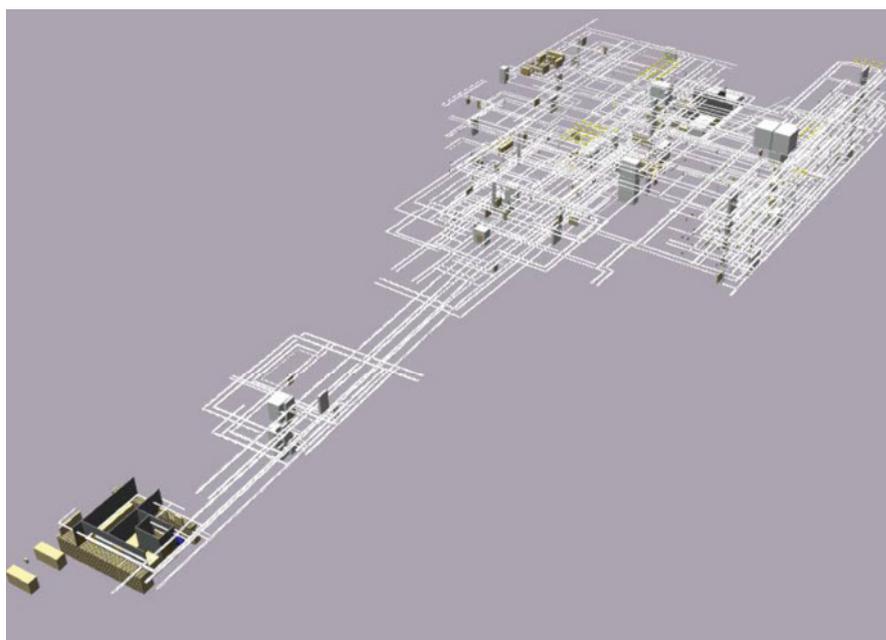


Figure 6 : Réseau électrique. Centre hospitalier d'Ajaccio, INSO, AART Farh, Berim, SNC Lavalin.

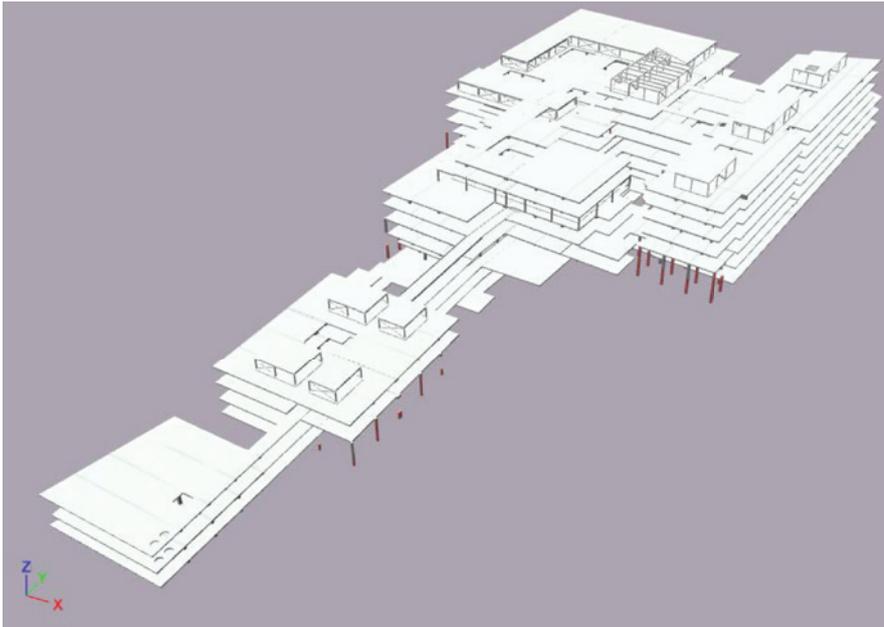


Figure 7 : Structure et dalles. Centre hospitalier d'Ajaccio, INSO, AART Farh, Berim, SNC Lavalin.

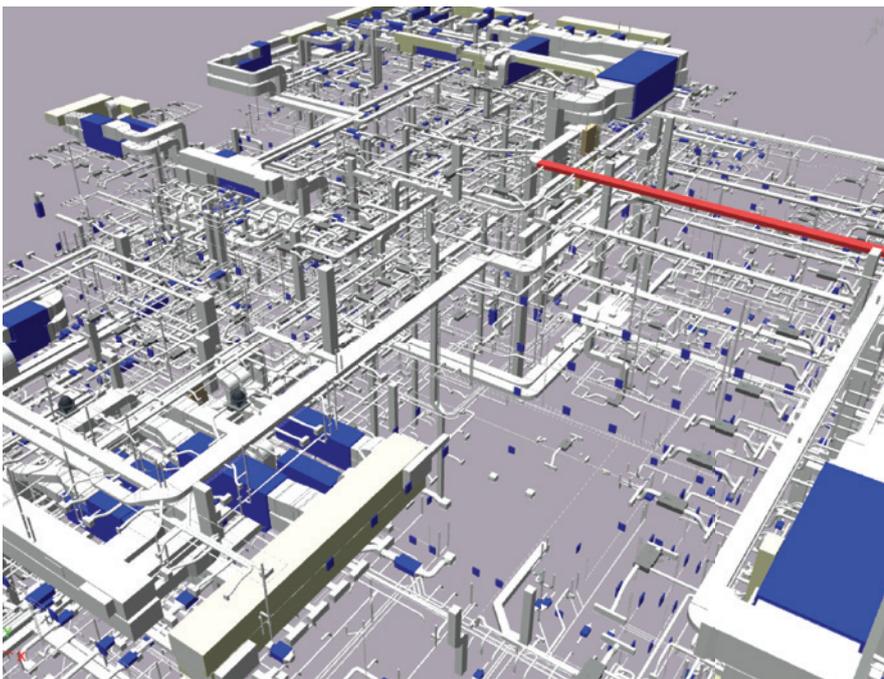


Figure 8 : Réseau chauffage, ventilation, climatisation et plomberie. Centre hospitalier d'Ajaccio, INSO, AART Farh, Berim, SNC Lavalin.

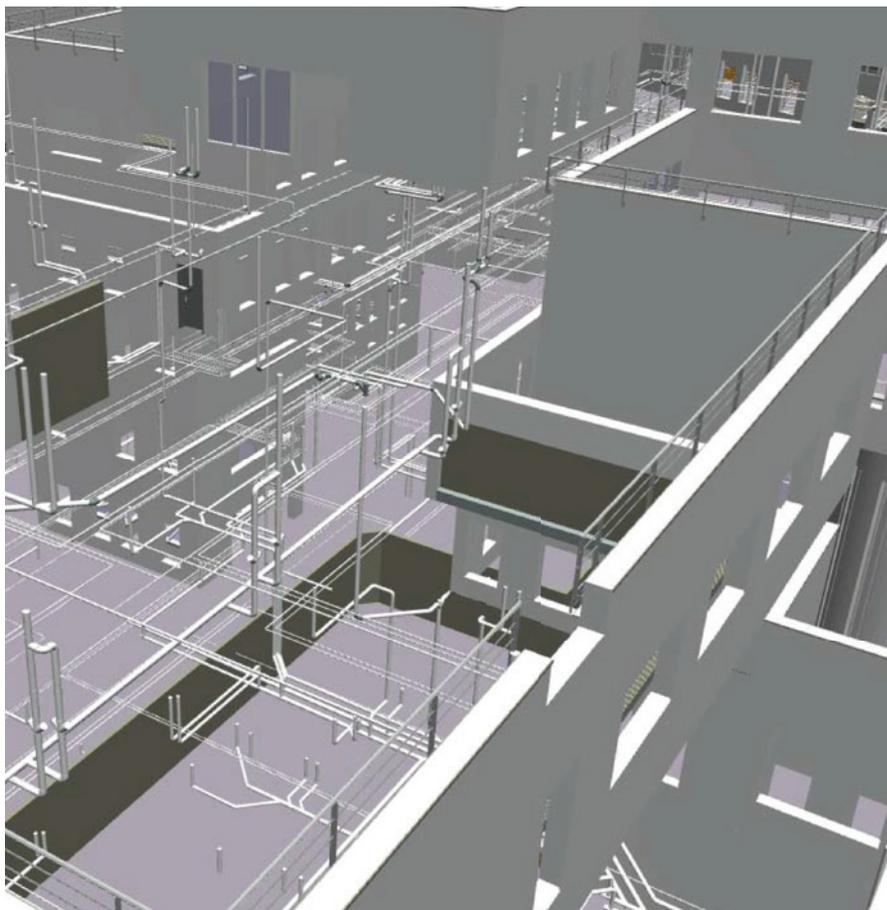


Figure 9 : Enveloppe et plomberie. Centre hospitalier d'Ajaccio, INSO, AART Farh, Berim, SNC Lavalin.

3.1 Maquette numérique, BIM, une rupture culturelle et organisationnelle

Les définitions sont indispensables pour saisir les concepts encore abscons pour beaucoup. À peine avons-nous eu le temps de nous faire à l'idée de passer de deux à trois dimensions, que déjà apparaissent une multitude d'autres «dimensions». Si pour la 2D et la 3D les choses sont suffisamment claires, que peuvent bien signifier les autres ? Afin d'éclairer le propos voici une brève explication pour chacune de ces dimensions, toutefois il faut noter qu'à partir de la 6D l'industrie n'arrive pas à se mettre d'accord.

- la maquette numérique est une représentation en 3D de l'ensemble des informations qui permettent de concevoir et construire un ouvrage et d'en simuler les comportements.
- le BIM (Building information modeling) est un processus par lequel ces informations sont gérées tout au long de la vie de l'ouvrage ; c'est un outil de co-simulation multi-physiques : structure, acoustique, énergie, etc. véritable avatar du bâtiment réel et de simulation de son comportement en plus de sa géométrie.
- BIM 2D : mais que vient faire la 2D dans le BIM? Et bien les plans papier ont encore quelques années devant eux. De nombreuses entreprises travailleront encore en 2D pour les années à venir et il faudra bien échanger avec elles.
- BIM 3D : les trois dimensions géométriques X-Y-Z. Sans elles le BIM ne serait pas. Elles permettent les visualisations, les détections d'interférence, la préfabrication, les relevés de l'existant, le calcul des quantités, la mise à jour automatique des coupes et détails, etc.

- BIM 4D : ajoute une donnée « temps » aux trois dimensions géométriques, permet de lier les éléments géométriques avec une information « temps » ou un planning de construction, ce qui va permettre aux différents acteurs d'un projet de visualiser dans le temps la durée d'un événement ou la progression d'une phase de construction.
- BIM 5D : ajoute la donnée « coût » aux 4 dimensions précédentes, permet de lier les éléments géométriques et la contrainte « temps » à un « coût » et ainsi estimer les coûts de construction ou obtenir un aperçu de la situation financière d'un projet à un moment donné.
- BIM 6D : traite de tout ce qui concerne le développement durable d'un bâtiment, par exemple les analyses énergétiques ou des outils de gestion d'actifs immobiliers.
- BIM 7D : lie les éléments du projet à tous les aspects de la durée de vie du bâtiment. Généralement délivré à la fin de la construction, le modèle 7D tel que construit contient toutes les informations nécessaires au propriétaire pour l'utilisation et la maintenance du bâtiment.
- BIM XD : le X représente ici toutes les données additionnelles imaginables qui pourraient encore venir s'ajouter aux autres dimensions.

La première mise en œuvre du BIM fut réalisée en 1987 au travers du logiciel ArchiCAD de la société hongroise Graphisoft, avec son concept avancé du "virtual building". Le Building information modeling ou Building information model (BIM) ou dans sa transcription française "Modélisation des données du bâtiment" (MIB) ou Bâti et informations modélisés ou modèle d'information unique du bâtiment associe une technologie et des processus pour produire, communiquer et analyser des modèles de construction (Lab Eastman, 2011). Ainsi, le BIM se définit à la fois comme un processus de gestion et de production de données, un concept « raisonnons sur un modèle unique » et un logiciel parce qu'il fonctionne en intégrant une série de logiciels. Bien que le BIM facilite la conception, il ne la formalise pas dans les phases en amont. Ainsi, le BIM s'étend sur le cycle de vie du bâtiment, mais il n'assure pas sa gestion (Bouguessa, 2013).

En général, cette maquette est affichée dans un logiciel de modélisation dynamique utilisant les trois dimensions, afin d'augmenter la productivité dans la conception des bâtiments et des constructions. Le processus qui produit le Building information model englobe la géométrie de la construction, les relations spatiales, les informations géographiques, les quantités ainsi que les propriétés des éléments de construction. Le BIM ainsi créé lors du processus de conception du bâtiment pourra être utilisé de son exploitation jusqu'à sa démolition (aspects structurels, empreinte écologique des matériaux, réutilisation, etc.). « Plus précisément, la base de données associée à la maquette numérique contient notamment l'ensemble des composants techniques du bâtiment et par exemple, les portes, les faux plafonds, les gaines, les installations de chauffage, etc. Ces composants sont traités comme des objets (et non pas des séries de lignes graphiques) : à chaque objet peuvent être associées certaines caractéristiques, sa marque, le modèle, sa taille, sa durée de vie moyenne, ses caractéristiques thermiques/énergétiques, son comportement technique (résistance au feu, acoustique, etc.), son impact environnemental (FDES pour fiche de Déclaration environnementale et sanitaire, ou EPD pour Environmental product declaration, etc.) ainsi que sa représentation ». (Rapport groupe de travail BIM et Gestion du patrimoine pour le Plan bâtiment durable).

3.2 Capitaliser les informations à chaque étape du processus

Lors de sa conception, un bâtiment passe par différentes étapes. Dans un processus traditionnel, une quantité d'informations importantes est perdue entre chaque étape car en général, les acteurs ne sont pas les mêmes et n'utilisent ni les mêmes outils, ni les mêmes formats de données. Les saisies multiples effectuées par les différents corps de métiers sont coûteuses : l'électricien, le plombier, l'équipementier réseau, le chauffagiste, le bureau d'études structure, etc., tous saisissent les mêmes données du même bâtiment. On estime que les informations relatives à un bâtiment sont saisies en moyenne sept fois ce qui est source d'incohérences (qui peuvent dégénérer en procès), de retards de livraisons et d'augmentation du coût de l'ouvrage bâti. On estime à largement plus de 10 milliards d'euros le coût annuel des incohérences dans le bâtiment en France.

Avec le BIM, les informations sont capitalisées à chaque étape de ce processus. Ainsi, l'ensemble, ou tout du moins une bonne partie des résultats de chaque étape du processus, sont fédérés dans la maquette (calculs énergétiques, dimensionnements du chauffage, climatisation, aéraulique, emplacement des équipements, alarmes et sécurité, maintenance, etc.). À l'instar d'autres formats, le format IFC permet un minimum de communication entre les acteurs de la construction. Ces objets supportent le cycle de vie complet d'un bâtiment du début (la conception, la documentation et la construction), en passant par l'exploitation, la gestion des installations (*facility management*) et enfin, la démolition et l'élimination des déchets.

Le BIM nécessite la création d'un nouveau métier, le "BIM manager" (souvent travailleur indépendant). Une demande croissante lui permet aussi d'exercer comme salarié intégré dans les services des bureaux d'études, les agences d'architectures, les groupes de BTP. Il travaille en lien avec le directeur technique du projet (en tant qu'adjoint éventuellement) pour produire le plan BIM du projet et ses règles de réalisation (Comment découper le projet en zones ? Quelles sont les familles d'objets à utiliser ?). C'est aussi lui qui prépare les réunions de coordination, assemble les maquettes et le cas échéant, réalise les rapports de conflits consacrés aux interférences des différentes copies de la maquette.

3.3 L'avancée n'est pas seulement technologique mais organisationnelle et managériale

En France, les premiers travaux sur la Maquette numérique du bâtiment (MNB) ont démarré en 1985 au sein d'une équipe du CSTB de Sophia-Antipolis dirigée par Bertrand Delcambre, aujourd'hui ambassadeur de la maquette numérique désigné par le ministère en charge du Logement de la vulgariser et de la développer. La généralisation de la MNB pourrait bien être un détonateur de transition durable, y compris et surtout dans les secteurs de faible niveau économique.

En fait, celle-ci va engranger les avancées techniques, informatiques et virtuelles des industries aéronautiques, automobiles, informatiques, de l'animation et de l'armement. La MNB va être un catalyseur naturel. En effet, elle procède avant tout d'un système de management qui incorpore les données de tous les acteurs du bâtiment, contrairement à la pensée communément répandue, la grande avancée n'est pas technologique puisque les technologies existent déjà, mais organisationnelle et managériale. Elle aura une influence directe sur l'éducation, la culture professionnelle et les relations humaines. L'incorporation des données est effectivement finalisée et visualisée numériquement mais *in fine*, le travail entrepris par les informaticiens, par les fournisseurs de process informatiques, par les industriels de la construction va tendre à une convivialité proche des applications de type Smartphone.

Aujourd'hui la maquette numérique du bâtiment est déjà généralisée chez les architectes, BET, les équipes de travaux, ingénieurs, exploitants, concessionnaires, fournisseurs, sous-traitants, mais ils travaillent sur des maquettes autonomes. La maquette numérique collaborative en cours de développement permet à chaque intervenant de travailler sur une copie du même projet. Ces copies sont confiées à un BIM manager qui compile, mutualise et établit des rapports de synthèse. Demain, la MNB intégrée et stockée sur Internet permettra à chaque intervenant de travailler sur la même maquette en temps réel. Des startups, aujourd'hui éloignées du bâtiment, ne manqueront pas de développer pour les artisans des applications simplifiées. La dimension collaborative de la maquette numérique correspond à une évolution inéluctable des méthodes de travail du bâtiment.

3.4 Abaisser le coût de la construction

Selon Trino Beltran, le directeur Recherche et développement et innovation de Bouygues bâtiment international (propos tenus lors de la conférence BIM et maquette numérique, Groupe Le Moniteur, 21 mars 2014), les engagements attendus par les autorités du Royaume-Uni de leur marché de construction sont de réduire :

- de 33 % les coûts globaux de construction, (20 % dans un premier temps) ;
- les délais de 50 % ;
- les émissions de gaz à effet de serre de 50 % ;
- et de 50 % l'écart entre les importations et les exportations.

Ces objectifs doivent être atteints par étapes. Le premier objectif est : « 20 % efficiency stretch » (une augmentation de l'efficacité et la réduction des prix en résultant de 20 % pour toute œuvre publique construite). En d'autres termes, le Gouvernement britannique espère, que grâce à la réforme BIM, toute commande publique coûtera 20 % moins chère, sera réalisée 20 % plus vite et 20 % plus efficace en termes de gestion de la vie du bâtiment après sa construction (économies d'énergie, etc.).

L'ambition française est de réduire de :

- 35 €/m² le coût de la construction neuve (étude FFB) ;
- 7 % d'économie sur les budgets de travaux d'entretien du patrimoine des organismes HLM (livre blanc de la Caisse des dépôts et consignation).

Bertrand Delcambre souligne la marge de 45 % atteinte par les entreprises de construction de logements finlandaises, précurseurs de la modélisation des données numériques du bâtiment. Travailler sur une maquette numérique implique un changement complet des méthodes de travail et une excellente communication entre les différents acteurs d'un projet. L'emploi d'un système de lecture facile à utiliser est essentiel dans le déploiement de l'outil. En tout état de cause, le gain économique va permettre aux entreprises de dégager des marges qui leur permettront d'investir en matériels, en études, en recherche et développement et en expériences nouvelles de collaboration. Les artisans et les entreprises qui sauront s'investir les premiers dans le BIM bénéficieront d'une avance non négligeable qui redonnera des perspectives nouvelles aux acteurs de chantiers.

3.5 Dissémination du BIM dans la réhabilitation, la rénovation et la restauration

Dans un premier temps, le BIM sera l'apanage des très grandes entreprises, mais très rapidement, toute la filière sera concernée. On peut estimer avec une marge d'erreur réduite qu'une durée de 10 ans suffira à impacter la filière bâtiment. Dans 10 ans, la plupart des artisans seront familiarisés avec le BIM. Dans 25 ans, il sera complètement adopté par la filière. D'abord ceux qui exerceront leur activité dans le neuf, puis très vite, l'emploi du BIM se répandra partout, y compris en réhabilitation, en rénovation et en restauration de monuments historiques où la maquette 3D a déjà fait son apparition depuis plus de 20 ans. Après des débuts timides, elle est présente désormais sur tous les grands chantiers de restauration.

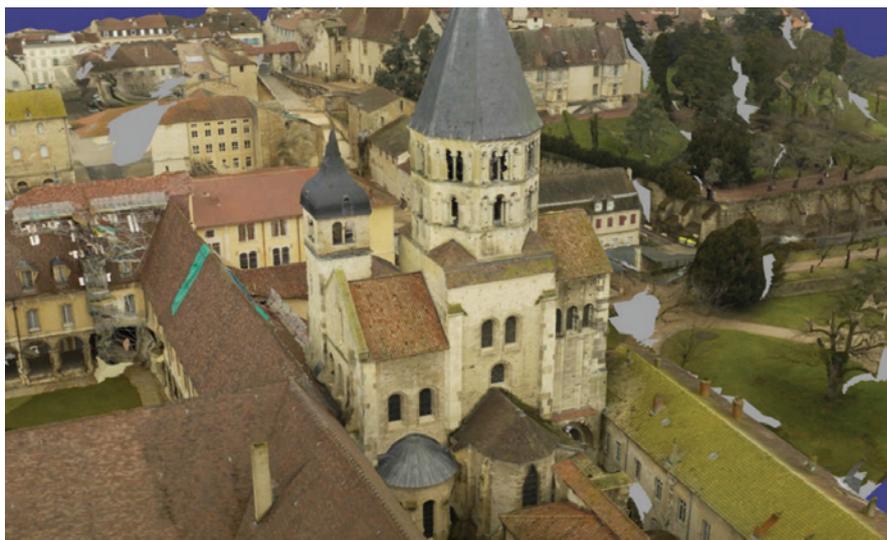


Figure 10 : Reconstruction 3D de Cluny à partir d'images à très haute résolution

À Cluny par exemple, l'équipe Gunzo (Arts et métiers, ParisTech) qui réunit ingénieurs, historiens d'art, archéologues et géographes, travaille à la reconstitution du monastère bénédictin, en tenant compte des recherches archéologiques menées depuis plusieurs décennies et développe des outils pédagogiques pour transmettre les savoirs. Cet édifice, malheureusement détruit à la Révolution, ne garde de son apparence première que 8 % de l'ensemble construit, ce qui rend la visite peu compréhensible et nécessite le recours à des outils didactiques appropriés. Une maquette de la plus grande église de la chrétienté du XII^e siècle a ainsi été réalisée. La complexité stratigraphique des constructions qui se succédèrent sur le site depuis le X^e siècle et l'étude du territoire en relation avec son réseau hydrographique ont nécessité de faire appel à une méthode SIG exploitant la dimension temporelle (4D), des données 2D et 3D. (Journées informatiques et archéologiques de Paris, 1^{er} et 2 juin 2012).

La cathédrale de Noyon a elle aussi déjà été entièrement numérisée par une équipe américaine. La scannographie laser a permis de détecter la présence d'un réseau de tirants métalliques à l'intérieur des murs, montrant ainsi le système d'armature utilisé depuis les origines de l'édifice. Afin de confronter les différents types d'informations recueillies (disposition du bâtiment, caractéristiques morphologiques et chimiques) du corpus étudié, une base de données a été constituée, sur La Tour de Mutte, accolée à la cathédrale Saint-Etienne de Metz (Moselle) et importée dans un SIG appliqué au bâtiment (Journées informatiques et archéologiques de Paris, 1^{er} et 2 juin 2012).

Dans la tombe à couloir de Gavrinis (Morbihan), un relevé topographique a consisté en un enregistrement de données spatiales géoréférencées (32 millions de points), en jouant sur différentes échelles d'acquisition. Cette étape a permis de balayer le cairn dans son ensemble à l'aide d'un premier scanner type temps de vol (Leica Geosystems C10), en élargissant l'acquisition aux sols environnants ; les parois de la tombe et la face supérieure de la dalle de la couverture ont été enregistrées au moyen d'un second scanner à résolution infra millimétrique (Nikon Krypton K610). Différents logiciels traitant les nuages de points ont été testés afin de retenir l'outil le plus performant permettant de restituer ensuite les gravures par le biais d'une tablette graphique. Concernant les signes gravés, un tableau des méthodes permet d'apprécier les avantages et les inconvénients des anciens procédés (estampage, calque, cellophane en polyéthylène) comparés aux nouvelles techniques (photographie numérique, scanner 3D).

Les entreprises de restauration des monuments historiques sont encore loin d'être coutumières de cette méthode. Mais, il y a fort à parier que ceux qui sont considérés comme parmi les meilleurs professionnels du bâtiment vont s'approprier très vite la maquette numérique. La numérisation, le scan ou la bio-résonance, les spectromètres à infrarouges, etc. leur seront de première utilité pour analyser les déformations, les faiblesses, les structures, les matières composant les fresques et les polychromies, la chimie des matériaux de l'édifice, la bactériologie, etc., et apporter ainsi des réponses garantes du respect des sites archéologiques.

Les Restaurateurs de tableaux, de fresques ou de vitraux sont déjà formés à ces technologies. Les maçons, les tailleurs de pierre, les charpentiers et autres métalliers y seront amenés et posséderont ces outils qui, aujourd'hui équipent les laboratoires de recherche, en particulier le Laboratoire de recherche des monuments historiques de Champs-sur-Marne (LRMH) ; demain, ces outils seront intégrés aux Smartphones et aux tablettes.

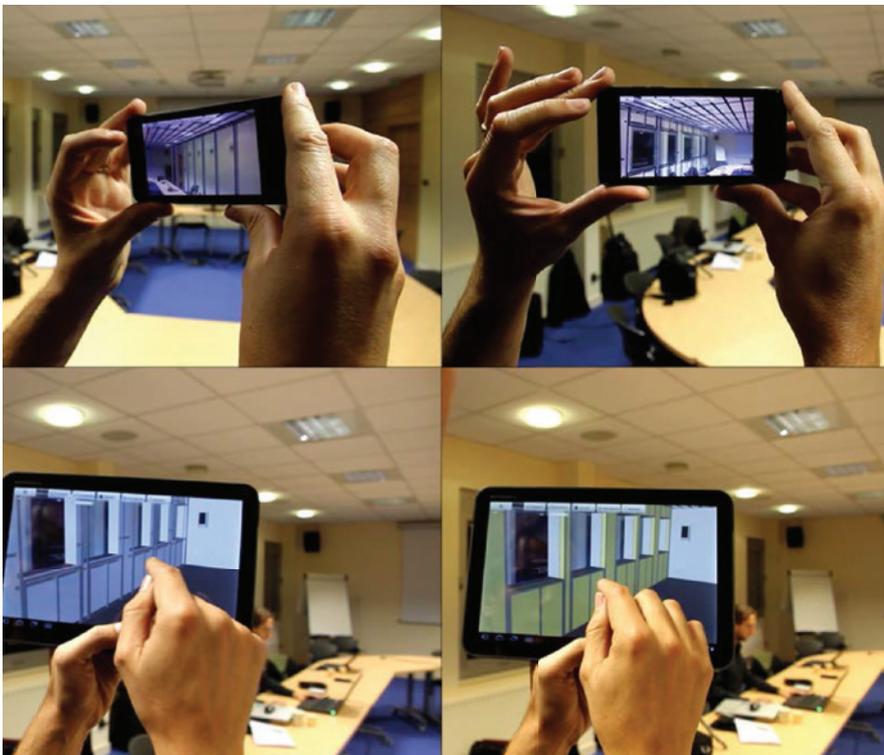


Figure 11 : Visualisation de la maquette et sélection d'éléments du BIM en réalité augmentée en utilisant un Smartphone ou une tablette.

La percée de la maquette 3D ou 4D ne s'arrêtera aux monuments historiques, elle gagnera la rénovation du patrimoine ancien, portée par les professionnels des monuments historiques qui interviennent aussi dans ce secteur. Un effet "tache d'huile" qui s'étendra des monuments historiques à la réhabilitation en même temps que du neuf à la rénovation. Un effet croisé qui ne prendra qu'une décennie au plus. Autrement dit, le « marché » du BIM des acteurs de chantier progressera en parallèle de celui des maîtres d'ouvrage, des maîtres d'œuvre et des bureaux d'études, chacun à sa vitesse.

3.6 L'usage du BIM dans tous les marchés publics à l'horizon 2017

Une directive européenne votée par le Parlement européen en janvier 2014 recommande l'usage du BIM dans tous les marchés publics à l'horizon 2017. Elle doit être adoptée par la Commission européenne puis transposée par chacun des États membres qui choisiront soit la voie de l'incitation, soit celle de l'obligation. L'histoire est en marche. Huit pays dont le Royaume-Uni et toute la Scandinavie ont déjà choisi la voie obligatoire.

Les premières expériences révéleront la nécessité d'une hausse du niveau de qualité et donc l'exigence d'une montée du niveau d'expertise des acteurs de la construction. La prise de conscience viendra d'abord des bureaux d'études dédiés à la MNB qui comprendront très vite la nécessité d'une adaptation de la formation des architectes, de nombreux ingénieurs, des technico-commerciaux, des gestionnaires. Le premier mastère spécialisé a été créé en 2010 par l'École nationale supérieure des arts et métiers. En octobre 2014, un mastère spécialisé "BIM, conception intégrée et cycle de vie du bâtiment et des infrastructures" a été lancé par l'ENPC, l'ESTP et le CSTB avec 34 auditeurs. Pour la plupart, les écoles d'architectes n'ont toujours pas inscrit cet enseignement à leurs programmes ; en général, les écoles d'ingénieurs savent qu'il faut le faire. Le processus est lancé et ne s'arrêtera pas.

3.7 Les nouveaux outils en appui à la transition énergétique

Dès le lycée, les élèves de la filière de la construction (Bac Pro, BTS et IUT) doivent être sensibilisés afin d'anticiper l'arrivée du numérique sur le chantier. L'attractivité des métiers du bâtiment s'en trouvera renouvelée et permettra à un secteur qui s'est appauvri de "repandre du poil de la bête". L'arrivée du numérique et de la transition énergétique sont une opportunité pour remettre l'homme de métier au centre de la préoccupation managériale, de la formation, de l'intérêt des jeunes. Le développement durable, autrement dit le progrès soutenable, ne peut avoir de sens qu'en introduisant sur les chantiers autant d'intelligence humaine que d'intelligence numérique.

La performance énergétique sera proportionnelle à la performance des acteurs de chantiers qui devront être accompagnés et soutenus par des outils nouveaux leur permettant d'atteindre des performances et une précision à l'égal des bâtisseurs des plus grandes constructions. Au moment de la saisie des données pour renseigner la maquette numérique par les acteurs de chantier, les BET comprendront très vite l'écart à combler. Cet écart devrait être compensé en partie par une recherche de convivialité accrue de la MNB et par l'investissement dans de nouvelles technologies en matière d'outillages et d'équipements du personnel de chantiers et du bâtiment : par exemple, des capteurs d'informations connectés seront incorporés dans les matériaux et les composants des bâtiments pour fiabiliser les informations.

Les acteurs de chantiers eux-mêmes auront accès à toutes les informations dont ils sont privés :

- Cahier des clauses techniques particulières ;
- plans ;
- réglementation ;
- normes ;
- comptes-rendus de chantiers ;
- planning avec recalage en temps réel des plannings (alertes) ;
- etc.

Pour ce volet documentaire, de nouveaux matériels viendront compléter les équipements traditionnels qui ont connu ces dernières décennies une évolution positive (surtout en ce qui concerne les EPI et la sécurité de leur utilisation). On verra apparaître l'utilisation accrue des tablettes numériques et des applications ERP (Enterprise Resource Planning) ou progiciels de gestion intégrés qui compileront les informations de l'ensemble des données en temps réel, de la conception jusqu'aux premiers résultats de consommation énergétique ; en définitive, de l'idée à la démolition et ceci, en intégrant l'ensemble des énergies grises (toutes les notions de cycle de vie d'un édifice) :

- contacts ;
- études ;
- métrés (BIM 5D : modèle 3D qui intègre des données de coûts utilisées pour automatiser les calculs de quantités lors de l'estimation des coûts) ;
- devis, planning (BIM 4D : modèle 3D qui intègre la dimension du temps utilisé pour visualiser un calendrier de construction) ;
- documents administratifs et juridiques ;
- assurances ;
- fiches de déclaration environnementale et sanitaire ;
- fiches d'autocontrôle ;
- bons de commandes ;
- bons de livraisons ;
- bons de réceptions ;
- factures des fournisseurs ;
- fiches de suivi des déchets ;
- déclarations d'échafaudage ;
- locations de trottoir ;
- autorisations diverses ;
- comptes-rendus de chantier ;
- rapport des contrôleurs ;
- rapport coordination sécurité et protection de la santé ;
- fiches de levées de réserve ;
- décompte général et définitif ;
- dossier d'intervention ultérieure sur l'ouvrage ;
- demandes d'attestations de conformité et divers contrats de performances énergétiques (BIM 7D : modèle 3D qui intègre toutes les informations liées aux performances énergétiques et environnementales de l'ouvrage) ;
- documents nécessaires aux labellisations et certifications (HQE) ;
- dossier des ouvrages exécutés ;
- les demandes de Consuel ;
- etc.

En fonction de la taille de l'opération, seront programmés : les amortissements, les gros entretiens et réparations, les outils de gestion d'actifs immobiliers, la gestion de la décennale, les renouvellements d'équipements (BIM 6D). Tous ces documents et données devront être intégrés, coordonnés, harmonisés et interconnectés.

Par ailleurs, les logiciels de performance énergétique devront avoir des applications "grand public" qui permettront aux artisans et PME de conduire une approche commerciale et pédagogique vis-à-vis de leurs clients (calculs des étiquettes énergétiques). Les artisans s'équiperont tous d'appareils de mesure de l'étanchéité à l'air et de caméras thermiques, de scanner 3D pour la volumétrie et la modélisation des bâtiments. Le groupe Google développe le projet "Tango" qui vise à mettre au point une technologie permettant de transformer le Smartphone de Monsieur Tout-le-Monde en appareil de numérisation 3D de l'intérieur des bâtiments.

Tous les acteurs de chantiers possèdent ou posséderont les appareils nécessaires à ce type d'application. Les artisans seront les premiers à les utiliser pour leurs métrés. Des drones équipés d'un appareil de photogrammétrie sont déjà utilisés pour réaliser les métrés et l'inspection des toits ou encore, pour effectuer la cartographie thermique d'un immeuble.

3.7.1 Carnet de santé électronique du bâtiment

Différentes initiatives ont été lancées récemment autour du concept d'un carnet de santé du bâtiment (carte vitale du logement, passeport de rénovation énergétique etc.). Toutes ces initiatives mettent en avant l'importance de la production et de l'accès mutualisé à l'information, dans la perspective, notamment, de mieux exploiter et rénover les bâtiments. La numérisation, articulée autour du BIM, va collaborer à l'élaboration permanente du carnet de santé du bâtiment.

En effet, un constat s'impose aujourd'hui : le manque d'information fiable en ce qui concerne l'ouvrage, son usage et ses performances nuit au fonctionnement et à la maintenance des bâtiments et complexifie les travaux de rénovation. Or, cette information a existé à une étape donnée du projet et il s'agit, pour en exploiter le potentiel, de la structurer et de la traiter à travers une chaîne interopérable d'applicatifs métiers.

3.7.2 Dossier d'intervention ultérieure sur l'ouvrage, un lien entre conception et maintenance

Les dossiers d'intervention ultérieure sur l'ouvrage (DIUO) seront une déclinaison des carnets de santé du bâtiment qui devront bénéficier du processus BIM pour trouver toute leur utilité. Aujourd'hui, ils contiennent souvent le dossier des ouvrages exécutés (DOE), le dossier de maintenance (obligatoire dans le cas d'un lieu de travail) ainsi que les plans, schémas et notices techniques. Ils sont alors si volumineux qu'ils deviennent difficilement exploitables. Au contraire, certains DIUO se limitent à une liste des moyens d'accès et à quelques plans, ce qui est insuffisant. Dans ces deux cas extrêmes, la loi est respectée mais le DIUO est archivé et non utilisé.

Or, le DIUO établit un lien entre conception et maintenance. Il doit rassembler l'ensemble des données telles que les plans et les notes techniques de nature à faciliter la prévention des risques professionnels lors d'interventions ultérieures (L. 238-37 du code du travail). Quand il s'agit d'un lieu de travail, le DIUO doit contenir le dossier de maintenance de ces lieux (R. 235-5). Le DIUO est constitué par le coordonnateur en matière de sécurité et de protection de la santé (SPS) dès la phase de conception. Il est joint aux actes notariés à chaque mutation de l'ouvrage (L. 235-15 et R. 238-38). Le DIUO est utile aux concepteurs qui auront à modifier l'ouvrage et surtout à l'exploitant puisqu'il permet d'anticiper les risques futurs.

L'ensemble de la mission du coordonnateur prévoit des moyens de prévention liés à l'ouvrage et ce, même pour les opérations d'exploitation et de maintenance. Le fait d'analyser les risques inhérents aux interventions ultérieures permet d'organiser ces interventions d'un point de vue ergonomique et incite à en connaître la fréquence afin d'adapter les moyens de prévention. Ce document représente donc un lien entre la conception et la maintenance (encore insuffisamment exploité). Le contenu du DIUO doit répondre aux besoins de ses futurs utilisateurs. Ainsi, le DIUO doit-il être adapté aux besoins du maître d'ouvrage et de l'exploitant.

À titre d'exemple le DIUO peut contenir :

- une présentation générale de l'ouvrage et des conditions de sa réalisation ;
- la liste de tous les intervenants de l'opération ;
- le dossier de maintenance (au moins pour les établissements régis par le Code du travail) ;
- les fiches d'intervention ultérieure avec les risques liés aux accès sur le lieu d'intervention et les risques associés à l'intervention elle-même. À ces documents sont joints les extraits du DOE, des notices de calcul et les plans ou schémas utiles à la réalisation de l'intervention. Ces derniers éléments doivent être parfaitement référencés.

La constitution du BIM d'un bâtiment va contribuer à faciliter l'élaboration d'un DIUO électronique. Le technicien sera en possession de toutes les données en temps voulu. Le BIM permettra de produire la synthèse des équipements, l'environnement dans lequel ils sont intégrés, leur usage et leur usure. Il fournira : la visualisation et un historique des modifications et des réparations, un bilan des coûts de gestion, des amortissements et des provisions. Pour autant, il convient d'engager un travail de simplification et de convivialité.

C'est à terme, l'objet même du BIM : concevoir, édifier, maintenir, modifier et recycler (tout le cycle de vie) en tenant compte de tous les paramètres d'un bâtiment. Le technicien de maintenance sera en capacité de prévenir et diagnostiquer les pannes avec célérité. Il recevra les informations directement sur son Smartphone ou sa tablette numérique et pourra intervenir de n'importe où sans se déplacer. Les informations provenant des électrovannes intelligentes, des connections à tous les composants du bâtiment, des capteurs RFID, etc. seront autant de paramètres qu'il faudra pouvoir analyser et synthétiser. Tout comme en avionique ou en automobile, le technicien de maintenance ou le propriétaire d'une habitation pourra paramétrer le mode automatique ou manuel pour les interventions et le pilotage des équipements.

3.7.3 Des applicatifs cohérents et interrogérables

Ces applicatifs se doivent d'être adaptés aux besoins des acteurs, faciles d'emploi et d'un coût accessible. Pour ce faire, des modalités innovantes d'édition logicielle, de distribution et de support devront être explorées (OpenSource, SaaS [Software as a service], utilisation de Smartphones et de tablettes, etc.).

- En phase d'études préalables, les outils proposés doivent permettre la conception progressive de l'ouvrage en lien avec l'expression exigentielle du maître d'ouvrage et en intégrant les contraintes du site (réglementaires, urbanistiques, géotechniques,...) et les techniques constructives envisagées.
- En phase de conception, les outils devront permettre d'échanger l'information entre les différents intervenants tout en intégrant des niveaux de détails ou de développement (LOD) de plus en plus fins. À différentes étapes, des outils d'évaluation (techniques, économiques, qualité d'usage, etc.) viendront éclairer les choix de conception.

- En phase de réalisation, l'information partagée permettra une meilleure préparation et coordination du chantier pour une qualité supérieure de réalisation avec des coûts et des délais maîtrisés.
- En phase d'exploitation, les informations sur l'ouvrage tel que conçu et construit seront rapprochées de celles remontées par les capteurs sur l'usage pour identifier les éventuelles dérives et préparer les opérations de maintenance et de rénovations.
- Le cas particulier des bâtiments existants où l'information numérisée n'existe pas devra être envisagé.

Un ensemble cohérent et interopérable d'applicatifs métiers devra être développé et mis à disposition des acteurs de la filière. Il s'agit :

- d'adapter et de rechercher les outils pour créer les maquettes numériques à partir d'un ouvrage existant et non numérisé (de type Scan3D) ;
- de permettre l'insertion de l'ouvrage dans son environnement. À ce niveau l'articulation entre maquette numérique BIM et les SIG est primordiale. Le lien avec la vérification automatique des contraintes (réglementaires, urbanistiques, techniques, etc.) pour assister les concepteurs dans l'identification des exigences applicables à chacun de leur projet devra être assuré ;
- d'élaborer des outils pour exploiter ces maquettes numériques et effectuer des analyses techniques (structures, énergétiques, acoustiques, éclairage, etc.), d'impact environnemental et des estimations financières, etc.
- d'élaborer des outils pour exploiter ces maquettes numériques et la richesse structurée de leurs informations pour planifier et suivre les chantiers, gérer les approvisionnements et assister les équipes dans la mise en œuvre ;
- d'élaborer des outils pour gérer le patrimoine et exploiter les bâtiments en combinant les données de conception avec l'information remontée par les capteurs sur l'usage et les performances.

Enfin et pour l'ensemble des étapes, il s'agit de favoriser à terme, l'émergence de nouveaux modes de collaboration entre les acteurs à travers des plateformes d'ingénierie concourante permettant d'associer de plus en plus d'intervenants, très tôt dans le projet. Il s'agit là de combiner l'utilisation du BIM avec une approche PLM (Product lifecycle management) afin d'aller vers des méthodes de travail collaboratif basées sur une logique métier (structuration par lots, par phases, etc.) et respectant les droits et les responsabilités des acteurs.

Par ailleurs, le format ISO IFC n'a pas vocation à intégrer toute l'information produite durant l'ensemble des phases qui peut prendre différentes formes (documents, tableaux, dessins, etc.). Une approche d'information structurée multiforme axée sur les IFC et intégrant, à travers des liens adaptés, différents types d'information, devra être proposée. Cette démarche pourra alimenter les initiatives en cours afin de mutualiser les efforts sur ces développements numériques (carte vitale du logement, passeport de rénovation énergétique, etc.). Il est important de proposer des solutions Open source permettant de réduire les coûts et faciliter l'appropriation par les acteurs, et en particulier, les petites et moyennes structures.

3.8 Artisans et PME, s'approprier le BIM

Le BIM ou modélisation des données du bâtiment va de la conception jusqu'aux propriétés des éléments de construction et aux quantités. Il apporte une représentation partagée de la conception du bâtiment qui facilite l'échange d'information et permet d'évaluer la qualité environnementale d'un ouvrage. Les PME semblent *a priori* ne pas être immédiatement concernées par cette mutation : le BIM s'applique plutôt à de grands projets, les logiciels dédiés sont coûteux, la démarche nécessite une formation et une adaptation qui peut entraîner une baisse

de rendement... Cependant, les experts s'accordent sur le fait que l'adoption du BIM par les PME peut s'effectuer plus rapidement à cause des contraintes moindres auxquelles elles sont soumises. La maquette numérique leur permettra d'élargir leur secteur d'activité. L'utilisation du BIM pour analyser les performances constitue un atout pour le secteur de la maison individuelle où la consommation d'énergie est importante. De plus, si le BIM devient obligatoire dans tous les marchés publics d'ici 2017, les PME non formées seront mises à l'écart alors même que la modification du Code des marchés publics leur en permet l'accès depuis 2006.

Cependant, la formation des PME s'impose car le BIM incluant la planification, l'interaction permanente, la synthèse en temps réel, le contrôle continu, va nécessiter une approche diamétralement opposée à celle de ces 50 dernières années. Cette rationalisation va demander un effort important pour changer les habitudes. Mais elle va régler en amont les problèmes d'interfaces, favoriser les échanges et faciliter les décisions, mettre en exergue les incohérences et apporter des solutions, le tout en temps réel ou presque. Le BIM permettra : une optimisation des temps d'attente et des trajets, une anticipation des modifications en cours de chantier, et les démolitions seront minimisées (les erreurs et les modifications en cours de chantier, aujourd'hui courantes). Les répercussions financières et l'empreinte carbone seront améliorées. Le gaspillage évité, le gain obtenu sera partagé entre l'entreprise et le client. Le temps gaspillé étant sanctionné par le manque à gagner qu'il induit, l'économie effectuée sur un ouvrage qui n'est pas à refaire permet à l'entreprise de produire ailleurs. Le gain de productivité est alors exponentiel. Les PME n'en sont pas toujours conscientes.

3.8.1 Point d'entrée des PME vers le BIM : les ERP

Nous avons évoqué différentes thématiques intéressant les artisans et les PME qui devraient être développées sur Batipédia : l'intégration des documents administratifs, les règles de l'art du Grenelle de l'environnement animées, les carnets de détails animés qui seraient accessibles aussi grâce aux puces RFID ou les QR codes, etc. Tous ces éléments, y compris les catalogues de matériaux et de principes constructifs vont intéresser les PME au même titre que les TGE. Cependant, il est un sujet qui intéresse toutes les entreprises et qui semble inabordable aux plus petites structures : les ERP ou progiciels de gestion intégrés. Ils compileront les informations en temps réel de l'ensemble des données : de l'entrée du premier contact, au métré, la décomposition des coûts, les déboursés secs, les détails et le suivis des commandes, les avenants, la gestion du chantier, les documents administratifs, les DIUO et DOE, etc. Certains distributeurs font des offres qui, de fait, captent les PME. Les Chambres consulaires, la Capeb et la FFB traitent aussi une partie du sujet. Des ERP open sources voient aussi le jour. Pour autant, il est compliqué, pour l'artisan ou le chef d'entreprise d'une PME de s'y retrouver et d'investir du temps sur ce sujet qui sera monnaie courante dans une décennie. Or c'est sans doute par ce point d'entrée que les PME adhèreraient le plus vite au BIM, associé aux sujets précédents. Il s'agit d'un vaste chantier pour combler un retard considérable dans la filière du bâtiment. Dans ce domaine comme dans d'autres, le transfert de technologie est à privilégier. On peut évoquer des processus qui sont apparus dans d'autres industries comme :

- les Manufacturing execution system (MES) dont l'avantage majeur est de gérer dans le sens du processus. Ils répondent à la norme ISO 62264-2. <http://www.creative-it.net/qubes-solution-suivi-production.html>
- les Réseaux sociaux d'entreprise (RSE) qui sont des supports idéaux pour l'échange de données et d'informations. Avec cet outil, Renault a réduit le délai moyen pour trouver une réponse à une panne particulière de 2 semaines à 2 jours. De plus, cet outil dispose d'un moteur de recherche dit "à facettes" très efficace : <http://www.jamespot.com/>

L'industrie du bâtiment intègre avec beaucoup de retard les technologies de l'information et de la communication. De plus, leur taux de pénétration est beaucoup plus lent. Des raisons objectives justifient ce retard. En fait, contrairement aux industries toujours montrées en exemple comme l'aéronautique ou l'automobile, le bâtiment est d'abord un objet unique, un prototype permanent. Hormis quelques constructions préfabriquées industrialisées et les systèmes constructifs qui composent les bâtiments, l'habitation a vocation à être originale, personnalisée. Le simple fait de ne pas être située sur le même lieu, le même terrain, pose irrémédiablement un souci d'adaptation. Cependant, la ville connectée et le BIM peuvent suppléer à la diversité des situations géographiques et des types d'habitat par la communication et offrir des solutions grâce à la méthodologie d'organisation du travail qu'ils induisent.

3.8.2 Plateforme logicielle en appui aux PME

L'ensemble des acteurs bénéficiera des avancées dispensées par la simulation et les outils numériques mais les productifs, en particulier, profiteront au premier chef de la convivialité d'une plateforme logicielle permettant d'enrichir la maquette numérique d'un projet de construction.

Les artisans et les PME disposeront de logiciels simplifiés de calcul thermique facilitant leurs démarches commerciales : il est plus facile pour un client, de comprendre la pertinence de tel ou tel investissement s'il est appuyé par une simulation en temps réel de la performance thermique de son habitation. L'artisan pourra déterminer l'étiquette énergétique d'un logement (qui ne serait entériné qu'après vérification par un bureau d'études thermiques). Autre exemple : l'utilisateur en capturant le bâtiment avec une caméra peut en reconstruire un modèle 3D, visualiser les données de la maquette numérique sous la forme de superpositions d'images réelles et numériques, annoter le modèle 3D et documenter les rénovations prévues. Les données du modèle 3D du bâtiment sont dès lors, transférées à la maquette numérique et permettent de réaliser des simulations. Tous les documents administratifs seront alors remplis et prêts à envoyer numériquement, de la demande du permis de construire au dossier de Consuel, des CCTP au tableau de Gestion des gros entretiens et réparations (GER), etc. Tout un ensemble d'informations qui, à la fois répondrait aux nombreuses questions qui restent aujourd'hui souvent sans réponses et faciliterait la tâche quotidienne des productifs de la filière du bâtiment et de leurs clients. Ces développements vont permettre une présence virtuelle quasi permanente de la maîtrise d'œuvre et l'accès à tous les systèmes d'information grâce à une plateforme Internet unique, à des animations (notices animées de montage) claires et didactiques.

4. Les nouvelles technologies au service des ouvriers du bâtiment

Accompagné par les nouvelles technologies, le chantier gagne en sécurité. Les protections individuelles évoluent et les équipements changent les conditions de travail et modifient l'organisation du chantier.

4.1 Évolution du chantier sous l'impulsion des nouvelles technologies

De nouveaux outils font leur apparition sur les chantiers exploitant au mieux des technologies (GPS, laser, Led [diode électroluminescentes], la téléphonie, etc.) déjà répandues dans d'autres industries comme :

- les nouveaux systèmes de levage et de transport (exosquelettes, drones, ballons dirigeables) ;
- des équipements intelligents pour la prévention des risques de sinistres (systèmes de surveillance des réseaux d'eau et de chauffage intelligents) ;
- la réparation des matériaux et des réseaux (microchirurgie, microbiologie, etc.) ;
- les systèmes constructifs (imprimante 3D, industrialisation de systèmes de production de matériaux biosourcés, échafaudages intelligents, etc.).

Les installations de chantier vont évoluer pour répondre aux exigences et aux besoins de sécurité, d'énergie, de communication qu'induisent les outils nouveaux. Citons par exemple :

- les alarmes, la vidéo-surveillance pour prévenir les vols sur le chantier, désormais monnaie courante, ne feront que s'accroître avec l'implantation de nouveaux équipements technologiques ;
- les énergies renouvelables (panneaux photovoltaïques, éoliennes, piles à hydrogène, batteries, etc.) seront installées dès le début du chantier ;
- les bornes Wifi faciliteront non seulement l'utilisation des outils informatiques de base, mais aussi contribueront à démocratiser la maquette numérique à laquelle les mandataires devront systématiquement avoir recours comme c'est déjà le cas sur les grands chantiers.

4.2 La technologie pour répondre aux exigences hygiène, sécurité, environnement

Dans les différentes familles professionnelles d'ouvriers du bâtiment et des travaux publics, les départs en fin de carrière sont relativement précoces. La pénibilité physique des emplois, l'exposition aux nuisances et aux risques professionnels conduisent une part importante des salariés à quitter le métier pour raisons de santé. Ainsi, dans les postes peu qualifiés, les raisons de santé sont à l'origine d'un quart des départs définitifs de l'emploi après 50 ans sur la période récente, proportion double de celle observée tous métiers confondus. Dans un contexte de recul des âges de départ en fin de carrière, à la suite de la réforme des retraites de 2010, la question de l'aménagement du poste de travail des seniors va se poser de façon accrue dans ces métiers. En l'absence d'amélioration des conditions de travail en fin de carrière, l'impact de la réforme des retraites pourrait être moindre que celui escompté. L'enjeu d'hygiène, de sécurité et d'environnement, d'amélioration des conditions de travail des ouvriers du bâtiment est donc fondamental.

Grâce au transfert de la technologie utilisée dans l'aéronautique avec les simulateurs de vol, le pilotage des grues sur les grands chantiers ne s'effectuera plus en altitude. Les premiers modèles de ce type préfigurent cette évolution : le centre de pilotage du grutier se situe au sol, des caméras retransmettent des prises de vue des zones stratégiques (système générant

le contrôle des contrepoids). Le grutier contrôle le mouvement provoqué par le vent et l'équilibre des charges : des capteurs mesurent la vitesse du vent et l'oscillation de la tour, la tension lors de la levée des charges et dressent un état de l'environnement de la grue. La modélisation lui permet une précision toute électronique et des manipulations à l'aveugle aujourd'hui impossibles ou interdites. Les capteurs et des protocoles stricts guident le grutier, interdisant toute fausse manœuvre de la part d'acteurs de chantier inattentifs. La généralisation de cet équipement va accroître la sécurité tant pour le grutier que pour l'ensemble des intervenants sur le chantier et son environnement. Les nouvelles générations d'acteurs de la construction, mais aussi les donneurs d'ordre, n'accepteront plus l'utilisation de matériel fonctionnant aux énergies fossiles. Les mentalités évoluent rapidement dans la société et les clients seront de plus en plus vigilants au respect de l'environnement.

Les entreprises voudront acquérir en masse la certification Responsabilité sociale et sociétale et environnementale (RSE), concept selon lequel les entreprises intègrent à la fois les préoccupations sociales, environnementales et économiques dans leurs activités et leurs interactions avec les parties prenantes. De fait, elles seront très scrupuleuses en matière d'installation de chantier et pour tout ce qui concerne le matériel utilisé lors de la construction et de la qualité environnementale des matériaux. Au-delà même des certifications et labels, la conscience de la population en général, mais surtout celle des acteurs de la construction entraînés par l'exigence de leurs clients et l'éducation des générations futures, fera évoluer les usages et les réflexes sur les chantiers.

4.3 L'Epi, plus qu'un équipement de protection individuelle, un objet de communication

La sécurité sur les chantiers a connu des progrès considérables surtout depuis un demi-siècle, notamment au travers des Équipements de protection individuels (Epi). Ces évolutions n'en sont qu'à leur début. L'Epi, plus qu'un équipement de protection individuelle devient un objet de communication. Des casques adaptés permettront de collecter toutes les données du chantier en temps réel, mais aussi d'enregistrer les actions ouvrant la voie au remplacement des fiches d'autocontrôle. La téléphonie intégrée dans les casques permettra notamment une analyse des risques et la transmission des informations à l'ouvrier en une fraction de seconde. La technologie militaire, en pointe dans le domaine de la protection individuelle, sera transférée vers le civil ; en particulier dans le monde ouvrier dont les casques de chantier intégreront la visualisation déjà présente sur les casques des pilotes de chasse ou des commandos de nuit. Les pompiers, handicapés par le masque des fumées, vont pouvoir bénéficier de cette évolution. La scannérisation intérieure des locaux, la modélisation et les animations pourront être activées, soit manuellement, soit grâce aux mouvements des pupilles (application déjà existante en avionique). Google a avancé l'idée de lunettes (Google glass) à réalité augmentée. Si le projet de recherche est au point mort aujourd'hui, nous pouvons imaginer que ce n'est que partie remise.



Crédit photo : Fotolia, djama.

Figure 12 : La technologie militaire, en pointe dans le domaine de la protection individuelle, sera transférée vers le civil.

4.3.1 Le chantier sous surveillance virtuelle

Le chef de chantier, le conducteur de travaux, l'architecte pourront visiter le chantier sans se déplacer de leurs bureaux puisque toutes les données collectées par les équipements des ouvriers viendront incrémenter la maquette numérique. Ils pourront visiter le chantier virtuellement grâce aux lunettes à réalité augmentée qui permettront de lancer des hologrammes interactifs représentant l'ensemble d'un projet dans l'état réel d'avancement, ainsi que de se promener virtuellement à travers les étaielements et les cloisons ou encore, d'effectuer des zooms sur les points singuliers. Grâce aux vidéos de réalité virtuelle, ces acteurs vont visualiser l'état final d'une pièce, vérifier les modes opératoires, les phases de réalisation, le planning, les quantités, les fiches techniques, etc., jusqu'à la fiche d'identité du personnel ou des intervenants si nécessaire.

4.3.2 Outils, équipements de chantier et évolution des conditions de travail

Les nouveaux outils qui apparaissent chaque jour concourent à désamorcer les tensions et à atténuer les suspicions qui règnent entre les maîtres d'ouvrage, les maîtres d'œuvre et les entreprises. Cette situation aura pour conséquence de rétablir la confiance nécessaire à la relance du marché. Le Scio (un spectromètre de poche), les applications Smartphones élaborées par les industriels ou les distributeurs des startups ou des centres de recherche viennent enrichir le monde du bâtiment longtemps laissé-pour-compte.

Les plombiers, les électriciens, les menuisiers, les plâtriers, les peintres, les maçons, les tailleurs de pierre etc. seront équipés d'imprimantes 3D qui leur permettront, plus particulièrement en réhabilitation, de façonner à la demande des pièces manquantes ou d'adapter (développement par l'Atelier des compagnons à Saint-Ouen, 93). Les imprimantes 3D, qui permettent d'imprimer tout type d'objet par modelage ou par laser, se sont démocratisées à partir de 2012. Ce marché qui représente plus de 1,5 milliards d'euros pourrait s'élever à 6 milliards d'ici 2020. Durant la période de Noël, plusieurs entreprises occidentales ont déjà proposé aux particuliers des imprimantes 3D à prix imbattables.

Aussi, les organismes d'évaluation et de certification comme le CSTB doivent-ils très vite conduire une réflexion afin de qualifier les éléments de composants qui seront imprimés à l'atelier mais aussi, très vraisemblablement, sur le chantier. Les connections (courants basse ou haute tension, réseaux avec ou sans fil, circuits d'eau connectés, etc.) seront testées instantanément. Les fluides, la qualité de l'air (les COV, les acides, le CO et CO₂, etc.) seront analysés instantanément grâce à l'équipement des acteurs de chantier : casques, gants équipés de capteurs analogues aux centaines de capteurs qui sont présents naturellement dans les mains et les doigts humains.

Des puces RFID ou des capteurs permettront aux entreprises, effectuant la mise en œuvre de revêtements de sol ou de murs par exemple, de connaître en temps réel sur son Smartphone l'hygrométrie et la température des supports, permettant au conducteur de travaux ou à l'artisan de programmer son intervention sans avoir à se déplacer. De nombreuses applications Smartphones vont émerger dans les années, les mois et les jours à venir : applications pour mesurer la température, l'hygrométrie, l'acoustique, la colorimétrie, la luminosité, etc. D'ailleurs, plusieurs de ces applications existent déjà. La société Placoplatre, par exemple, propose déjà une application pour mesurer le confort acoustique des locaux (Placo dBstation téléchargeable sur Apple store et Google play).

Des électrovannes intelligentes connectées au réseau communiqueront non seulement l'information sur la tablette des chauffagistes et des équipes de maintenance, mais aussi contribueront à la prévention des risques de fuites, de dégâts des eaux (le professionnel détectera la fuite sur le circuit via sa tablette et décidera de fermer l'électrovanne, projet de recherche réalisé par l'Atelier des compagnons et l'ESTP). Un thermostat connecté intelligent permet déjà un pilotage automatique : Qivivo smart thermostat s'installe à la place du thermostat programmable et pilote automatiquement le chauffage d'un logement. Plus besoin de programmer, Qivivo le fait à votre place. Dès son installation, Qivivo smart thermostat apprend vos habitudes de vie, détecte les heures de réveil, de coucher, la présence à la maison et même si vous rentrez plus tôt du bureau un vendredi après-midi sur deux. Les saisons passent, le logement réagit différemment par rapport à l'ensoleillement, au vent et aux variations de température.

Ces quelques exemples montrent l'accélération de la vitesse de l'innovation et son impact sur les conditions de travail des acteurs de la filière. Les artisans et les encadrants de chantier devront modifier leurs attitudes et leurs habitudes pour s'adapter, dans leur vie professionnelle comme quotidienne, aux nouvelles technologies. En dépit du sentiment de complexité parfois éprouvé, les nouvelles technologies passeront souvent de la sphère privée à la sphère professionnelle. Si dans un premier temps le tour de main et la sagacité des femmes et des hommes de métier ne vont pas évoluer, leur conscience professionnelle va irrémédiablement s'infléchir pour aller vers une plus grande précision. Nous ne sommes qu'au début de l'innovation qui touche le bâtiment au profit du personnel de chantier.

4.3.3 La loi sur la pénibilité au travail : coup d'accélérateur aux mutations

La loi sur la pénibilité qui s'imposera en 2016 va contribuer à modifier les composants et les systèmes constructifs. Sera considéré comme un facteur de pénibilité le fait de :

- lever ou porter : des charges unitaires dont le poids est au moins de 15 kg ;
- pousser ou tirer : des charges unitaires dont le poids est au moins de 250 kg ;
- déplacer la charge, ou prendre une charge au sol ou à une hauteur située au-dessus des épaules, pour des charges unitaires de 10 kg.

Par ailleurs, le cumul de manutention de 7,5 tonnes et plus par jour pour une durée de 120 jours par an sera également pris en compte comme facteur de pénibilité. Ces exigences vont conduire à une évolution des systèmes et des appareillages de manutention (robotisation, nouveaux systèmes de préemption des charges, y compris pour les composants les plus petits, etc.). La réglementation sur les gestes et postures (positions forcées des articulations) va déboucher sur l'apparition sur les chantiers d'outils robotisés de levage ou de systèmes légers de levage, de nouveaux types de palans, de bras articulés, etc.

Ces outils robotisés s'ajouteront aux structures mécaniques développées dans d'autres domaines et destinées à aider les handicapés moteurs ou musculaires à retrouver une mobilité. Lors de l'Exposition internationale de robotique de Tokyo, des chercheurs ont présenté le fonctionnement d'une structure d'assistance musculaire robotisée pour compenser les insuffisances humaines. Les difficultés rencontrées viennent de la complexité du pilotage d'un robot et de la résistance à l'idée autant qu'à la difficulté technique d'utiliser une structure fixée directement sur l'opérateur, généralement baptisée «exosquelette» par analogie avec les crustacés, et démultipliant sa puissance sans handicaper ses mouvements. Pour cet exemple, l'opérateur doit être relié à un compresseur pneumatique pour fonctionner comme un marteau-piqueur... Selon ses inventeurs, ce nouvel exosquelette robotisé serait destiné en priorité aux travailleurs du bâtiment et en particulier, à ceux qui fixent les plaques des plafonds. En effet, ils doivent bloquer quelques dizaines de kilos, souvent d'une main, tout en vissant le pourtour de la plaque de l'autre. Une posture peu naturelle qui déséquilibre la musculature et le squelette et nécessite à la fois force, endurance et précision.

Ces robots peuvent être associés à la diffusion de matériaux et de produits plus légers qui ne manqueront pas de s'imposer plus encore sur les chantiers de rénovation. Ils seront allégés au maximum pour ne pas dépasser 10 ou 15 kg. Dans la construction neuve, il est à parier que la préfabrication qui a peiné à se développer sur les chantiers de maison individuelle, par exemple, va s'imposer plus encore. La croissance des systèmes à ossature en bois gagne du terrain, alors que pendant près d'un siècle, le système constructif à l'américaine a été ignoré ! La loi sur la pénibilité conjuguée à la volonté politique de développer le biosourcé va avoir raison de nos résistances.

Des dameuses robotisées, des ponceuses, des grignoteuses, des rectifieuses ou des rabots robotisés s'imposeront à l'instar des aspirateurs de salons ou les robots de piscine pour répondre aux exigences concernant les vibrations mécaniques transmises aux mains et aux bras ou au corps entier. La réglementation sur le bruit va nécessiter de réaliser des progrès en ce qui concerne l'isolation acoustique des compresseurs.

Enfin, un salarié sera considéré comme exposé à ce facteur de pénibilité s'il travaille à des températures inférieures ou égales à 5 °C ou des températures supérieures ou égales à 30 °C. Ainsi, des tissus garderont le corps enveloppé dans un "climat" tempéré constant en harmonie avec sa

physiologie ; les émanations humides du corps, la sueur seront drainées par les micro-capteurs, recyclées et tempérées. La chaleur du corps, l'énergie dégagée par les mouvements permettront de recharger les équipements électroniques intégrés aux Epi. Les tissus intelligents qui composeront les vêtements de travail seront tous ignifugés, équipés de systèmes airbag, bourrés de puces et de capteurs qui faciliteront les mouvements, l'enregistrement d'informations. Dans un avenir encore lointain, ils amplifieront les capacités physiques lors du port de charges ou accompagneront la réalisation de mouvements délicats afin prévenir les troubles musculo-squelettiques, par exemple. Ces équipements s'adapteront à la morphologie des personnes jusqu'à reproduire et amplifier les propriétés de la peau humaine. Les propriétés de confort de ces nouveaux tissus font déjà l'objet de recherche et d'applications pour les sportifs de haut niveau ou les projets de voyages interplanétaires.

La recherche trouve ici un champ d'investigation considérable. Des travaux sont déjà engagés par la National aeronautics and space administration (Nasa) en vue de la colonisation de Mars ou d'autres planètes et les applications sur les chantiers verront le jour plus vite que l'on peut l'imaginer. Le Conseil international du bâtiment vient de créer en mars 2015 un groupe de travail (TG G 92) sur les vêtements de travail intelligents.

4.4 La révolution numérique gagne les chantiers : les applications Smartphone

Des applications Smartphone feront très vite leur apparition via des startups, des fab-lab ou autres spins-off. Pour l'instant, ces startups n'ont pas encore accordé beaucoup d'intérêt à l'industrie du bâtiment, mais après Google maps, Google earth et Google street view, des services qui cartographient déjà le monde dans lequel nous vivons, le géant du Web veut maintenant s'attaquer à l'intérieur de nos maisons, de nos appartements, de nos bureaux ou de n'importe quel bâtiment de notre quotidien.

4.4.1 Numérisation 3D sur Smartphone

Développé par le groupe de chercheurs du laboratoire de l'Advanced technology and projects (Atap) de Google, le projet "Tango" vise à mettre au point une technologie permettant de transformer le Smartphone de "Monsieur Tout-le-Monde" en appareil de numérisation 3D de l'intérieur des bâtiments. Tango a pour objectif d'offrir aux Smartphones "une compréhension humaine de l'espace et des mouvements".

Pour le moment, le projet Tango est encore un prototype de Smartphone Android doté d'un écran de 5 pouces (environ 13 cm de diagonale). Ce dernier embarque un logiciel spécifique et un ensemble de capteurs capables de suivre les mouvements de l'utilisateur en temps réel tout en créant une carte 3D de la pièce dans laquelle il se trouve. À la manière d'un Kinect, la caméra de 4 millions de pixels, le capteur de profondeur et la caméra de suivi des mouvements intégrés à ce Smartphone, permettent de prendre plus de 250 000 mesures 3D chaque seconde. L'ensemble des données collectées permet de reconstruire en trois dimensions et à l'échelle, l'environnement proche de l'utilisateur.

Une telle technologie permettrait, par exemple, de modéliser notre intérieur en 3D et d'effectuer des essais d'aménagements virtuels avant d'aller acheter de nouveaux meubles. Ils pourraient aussi faire évoluer des métiers comme celui de l'architecte ou du décorateur. Nous avons vu que les architectes intervenaient peu sur les chantiers de particulier. Cependant, grâce à ce transfert d'informations et quelques photos, un architecte pourrait vendre ses prestations à distance, sans se déplacer. Leurs compétences pourraient être mises à contribution à moindre coût. Gageons qu'il ne faudra pas attendre longtemps pour voir ce type de prestations proposées sur le Net, apportant ainsi de nouveaux marchés à des jeunes architectes.

Nos systèmes de navigation GPS pourraient nous guider au-delà du numéro de rue, à l'intérieur des bâtiments ou encore, assister les personnes malvoyantes, par exemple. Dans une grande surface, cette technologie nous conduirait à l'emplacement précis d'un produit dans les linéaires.

D'autres applications sont envisagées dans le domaine des jeux vidéo. À l'instar de la réalité augmentée (3D plus GPS : virtualisation en surimpression), Tango pourrait transformer nos intérieurs en véritables espaces de jeux, en superposant parfaitement un environnement totalement virtuel et interactif à la géométrie exacte des lieux, rendant ainsi la technologie accessible aux non-initiés (non-technologues). C'est aussi un atout-clé qui sera utilisé pour donner envie aux clients. L'artisan, l'entrepreneur, l'architecte ont une difficulté majeure pour faire comprendre aux clients les plans qu'ils dessinent en 2 dimensions, voire même en 3D. La réalité augmentée sera très vite un aide de camp précieux des professionnels.

4.4.2 Le Scio, analyseur moléculaire de poche

Sur Netexplo (Maison de l'Unesco, février 2015), le Scio (du verbe latin scio, "je sais", mais aussi savoir, connaissance), a été présenté un analyseur moléculaire de poche mis au point par des chercheurs israéliens. Les analyseurs moléculaires et autres spectromètres comptent parmi les outils de base de tout laboratoire de recherche. Ils permettent de connaître, entre autres informations, la composition d'à peu près tout ce qu'on leur fait analyser. Ils sont généralement de taille équivalente à un bon gros PC de bureau et coûtent plusieurs milliers d'euros. Toutefois, des chercheurs israéliens de l'entreprise Consumer physics ont décidé de porter ces technologies dans la sphère du grand public en les miniaturisant pour les intégrer dans un analyseur de poche. À terme, ce type de capteur pourrait être intégré dans un Smartphone, évolution logique et surtout, point culminant de la mode des capteurs tous azimuts qui s'est emparée depuis quelques mois des bracelets, montres et autres téléphones mobiles intelligents.

Les créateurs du Scio ne cachent pas ambitionner une possible cartographie progressive du monde physique grâce à leur technologie. Cela pose, du coup, la question de la destination finale de la somme potentiellement colossale d'informations que les futurs utilisateurs du Scio vont pouvoir emmagasiner dans la base de données de Consumer physics.

Si ce petit objet se révèle fonctionner aussi bien que les créateurs l'annoncent, il pourrait bouleverser de nombreux usages : alimentation bien sûr, mais aussi les fouilles archéologiques, le monde de la restauration des monuments et des objets d'art, le bâtiment (diagnostic de la composition des matériaux, épidémiologie, détection des champignons, etc.). Il pourrait également ouvrir de nouveaux champs de recherche, comme ont pu le faire certains outils numériques qui ont pulvérisé le coût d'une technologie et modifié un ou plusieurs secteurs. Sauf qu'ici, le champ d'application du Scio, aussi bien grand public que professionnel, est autrement plus large et engageant.

4.4.3 La caméra thermique sur Smartphone

Dans la même lignée, une application "caméra thermique" verra très vite le jour pour prolonger celles déjà existantes (appareil photo et caméra) dont tous les téléphones sont aujourd'hui pourvus. La caméra thermique sur Smartphone permettra aux acteurs de chantiers, mais aussi aux maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre, d'effectuer un diagnostic thermique afin de contrôler ou d'assister l'artisan ou le commercial lors d'une vente. En revanche, souhaitons que le développement technologique soit encore plus intuitif et affiche en incrustation des informations complémentaires : la résistance des matériaux, leurs caractéristiques, les épaisseurs, etc. Il devra communiquer avec les logiciels calculant la performance énergétique des

bâtiments, générer l'étiquette énergétique à partir de photos intérieures comme extérieures et permettre de recenser des données complémentaires (marque et performances de la chaudière, systèmes électriques employés etc.). Cette application devra instantanément fournir des données approchées d'une simulation thermique dynamique (STD). Il y a fort à parier que cette application d'abord approximative se perfectionnera rapidement. Ce développement viendra en assistance aux bureaux d'études en même temps qu'il les conduira à se repositionner. Pour les chantiers de maisons individuelles, dans le neuf comme en rénovation, des applications de plus en plus fiables suffiront à déterminer la performance énergétique de la construction. D'autres applications permettront de simplifier les tâches et la compréhension de ce secteur comme par exemple, les calculs de gros entretiens et réparations (GER) pour les petits et moyens chantiers et la création des carnets d'entretien électroniques.

La technologie des "sense-building" (bâtiment connecté), l'exigence de performance énergétique qui ne cessera de s'accroître, l'entretien nécessaire à la qualité de l'air intérieur, la connexion avec le reste de la ville (villes connectées sense-city, smart-city, link-city), les écoquartiers, U-City (Ubiquity City) nécessitent une mise en place rapide du carnet de santé du bâtiment relié au tableau des GER. Des initiatives sur ce thème s'élaborent. L'arrivée des nano-capteurs chimiques, physiques ou biologiques est imminente sur les chantiers. Ils sont déjà expérimentés.

4.5 Traçabilité des matériaux et des systèmes constructifs : les puces RFID

Dans le bâtiment, les capteurs d'informations, puces de radio-identification ou Radio Frequency Identification (RFID), (méthode pour mémoriser et collecter les données à distance par l'utilisation de marqueurs dits "radio-étiquettes") seront intégrés aux matériaux. Les services de recherche des sociétés industrielles, des centres de recherche (CSTB, etc.) sont déjà mobilisés. Comment vulgariser l'emploi de ces puces au point de les produire à un coût proche de 0 ? Jusqu'où doit-on aller pour acter de la bonne mise en œuvre des matériaux ? Les informations recueillies viendront-elles incrémenter les données du BIM ? À terme, sans doute...

En fait, les évolutions iront crescendo à mesure de l'abaissement des coûts de revient de ces puces. Le recueil d'un grand nombre d'informations est possible. On peut d'ores et déjà évoquer le relevé d'informations telles que :

- la date et l'heure d'enlèvement, de livraison, de mise en œuvre des matériaux et des composants en général ;
- la température ambiante, celle des supports et des matériaux ;
- le degré d'humidité ;
- le spectre des moisissures ;
- les émanations de Composés organiques volatiles (COV) ;
- le niveau de CO, de CO₂ ;
- de méthane ;
- de polluants divers, etc.
- les capteurs d'information insérés dans les bétons permettront de vérifier les taux :
 - d'humidité,
 - de résistance,
 - de retrait, etc. ;
- les capteurs d'informations dans les complexes isolants collecteront des informations sur :
 - l'étanchéité à l'air,
- le contrôle des températures,

- la résistance des matériaux,
- les taux d'humidité, de moisissures,
- etc.

Les puces sont totalement étanches et résistent à des températures allant jusqu'à 170°, aux milieux basiques, aux contraintes mécaniques, au malaxage, etc. Une fois incorporées dans la masse, elles permettent à l'aide d'un lecteur d'accéder aux informations : « *le béton devient l'ADN du bâtiment. C'est aussi une réponse très attendue aux problèmes de rénovation ou de déconstruction, puisqu'il est souvent problématique pour les entreprises de connaître l'origine et le type de béton utilisé au-delà des garanties décennales* » (Claire Dusonchet, chef de projets Innovation services à la direction Marketing France). Lafarge a mis au point des puces encapsulées incorporées dans le béton. Cette technologie permet par une simple opération de lecture du béton frais à réception ou durci dans l'ouvrage, de recueillir et localiser les informations souhaitées sur le matériau, de la construction à la déconstruction des bâtiments. Vinci Construction France a choisi d'utiliser cette solution Lafarge pour l'ensemble des bétons du noyau de la Tour D2, située à La Défense (92).



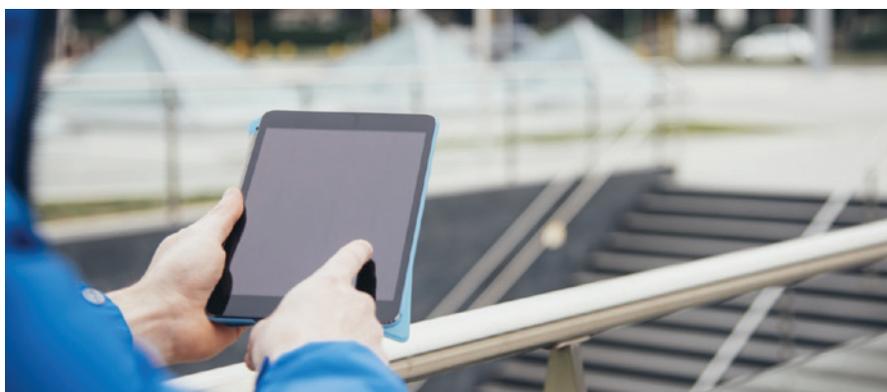
Crédit photo : Lafarge France

Figure 13 : Puces RFID : cette technologie permet par lecture du béton, frais à réception ou durci, de recueillir et localiser les informations souhaitées sur le matériau

4.5.1 Des applications Smartphone pour la mise en œuvre de tous les matériaux

L'intégration des puces RFID dans les matériaux va participer à l'élimination des malfaçons. Elles ont déjà fait leur apparition dans le béton prêt à l'emploi pour recueillir et localiser les informations sur le matériau. Elles contrôlent, apportent des preuves en cas de litiges ou de sinistres. Elles pourraient aussi, pour certaines, participer à la prévention des risques de malfaçons, en faisant apparaître sur les Smartphones ou les tablettes à l'instar des QR codes, des animations ou des films de mise en œuvre des matériaux selon les règles et les normes en vigueur. Ces puces RFID ou ces QR codes participeraient à l'évolution des pratiques de chantier. La plupart des artisans (80 % des artisans sont équipés de tablettes selon la Capeb), et des ouvriers sur les chantiers sont aujourd'hui équipés d'un téléphone capable de lire des applications. Il suffit de lire les notices de montage (d'un équipement électronique, par exemple) pour entrevoir la difficulté qu'éprouvent des artisans et des ouvriers du bâtiment à entrer dans la compréhension d'un DTU, des documents RAGE (Règles de l'art Grenelle de l'environnement), des fiches techniques, des modes d'emploi, etc.

Or les kits de montage des équipements électroniques, par exemple, sont rédigés par des rédacteurs spécialisés, ce qui n'est pas le cas des lectures proposées aux acteurs de chantiers. Par ailleurs, l'analyse de l'emploi du temps d'un artisan permet comprendre sa réticence à passer du temps à lire et à se plonger dans des textes le plus souvent rébarbatifs, même pour des lecteurs aguerris ou des ingénieurs qui ont la même formation que les rédacteurs des fiches techniques ou des normes en question. Il n'est qu'à lire les documents RAGE qui étaient censés vulgariser les règles de l'art de l'environnement pour s'en convaincre. Elles sont rédigées par les mêmes personnes que celles qui ont élaboré les documents d'origine. Bilan de l'opération : si les documents RAGE simplifient l'approche des documents techniques pour les acteurs de la filière bâtiment, ils restent peu compréhensibles aux ouvriers et aux artisans. Pour couronner le tout, il convient de ne pas se voiler la face : le bâtiment emploie près de 300 000 travailleurs déplacés ou immigrants qui ne parlent que très peu le français. Les malfaçons qui en découlent sont nombreuses, non pas par mauvaise volonté mais par incompréhension des consignes ou méconnaissance des règles de l'art utilisées en France.



Crédit photo : Fotolia, Paolèse.

Figure 14 : La plupart des artisans et des ouvriers sur les chantiers sont aujourd'hui équipés d'un téléphone capable de lire des applications.

Pour toutes ces raisons, la seule solution est de créer des animations montrant les différentes phases de la mise en œuvre selon les règles en vigueur ou de proposer des films courts de 2 à 3 minutes à l'instar de ceux qui ont été réalisés par la FFB 77 (disponibles sur Batipédia.com). C'est la solution pour faire passer les messages et accompagner les acteurs de chantier dans l'appropriation des bonnes pratiques. Ces animations pourraient se déclencher à l'approche du Smartphone, par exemple. Cette démarche s'inscrit complètement dans le processus BIM qui crée un dialogue en 3D entre tous les participants à l'acte de construction. Un bon dessin vaut mieux qu'un long discours a-t-on l'habitude de dire sur les chantiers ! De nombreux films et animations sont déjà disponibles sur YouTube. Ils pourraient être rassemblés et complétés. La véritable avancée serait de mettre en place un flash code (QR code) qui permettrait de mettre les poseurs directement en relation avec les films sans qu'ils perdent du temps à chercher.

4.6 Entretien, réparer et maintenir : à la croisée des technologies

Nous avons déjà évoqué l'utilisation de scanner pour radiographier les structures, la présence de puces RFID pour identifier et assurer la traçabilité des matériaux et de leur mise en œuvre. Quant à la réparation de ces réseaux intégrés aux constructions (et au système), nous devons transférer la technologie utilisée en microchirurgie réparatrice. Des travaux sont actuellement en cours concernant l'utilisation de bactéries pour réparer les fissures du béton (université de Newcastle) et sans doute bien d'autres matériaux. De nombreuses questions éthiques ou philosophiques se posent

au sujet des biotechnologies appliquées aux matériaux. Ces « OGM des matériaux » encore à l'étude pourraient améliorer leurs caractéristiques. De son côté, Clément Sanchez, titulaire de la chaire Chimie des matériaux hybrides au Collège de France travaille sur les matériaux (hybrides) autoréparables inspirés de la nature.

L'outillage dérivé de la microchirurgie devra se doter de capacités adaptées pour satisfaire aux spécificités du bâtiment, par exemple, à la résistance des matériaux (dureté de percement). Des systèmes de caméras de petites dimensions, des outillages mécaniques, électriques ou pneumatiques seront développés. À cela s'ajoute une réflexion sur les systèmes constructifs existants qui nécessitent une évolution afin de diminuer les coûts (intégration des réseaux dans la double-cloison, gaines techniques, vide-sanitaire, double plafond, etc.).

La technologie qui accompagne l'hyper-connexion des bâtiments nécessite à la fois un savoir-faire, une aptitude à détecter les anomalies et les sinistres, et une capacité de réparation qui reste à développer. Aujourd'hui les spécialistes considèrent que la « non-qualité dans les réseaux » de communication (connexion des fibres optiques, courant faible, etc.) s'élèvent à 50 %, ce qui non seulement impacte l'économie du marché mais aussi la fiabilité des systèmes de gestion. Nous n'aurons pas les possibilités économiques de l'industrie aéronautique qui prévoit d'emblée trois réseaux afin de prévenir les défauts de connexion.

5. Complexification des chantiers, montée des exigences et évolution de l'acte de construire

Le défi d'une construction durable se porte sur son adaptabilité : la souplesse avec laquelle les locaux peuvent changer de destination est fondamentale. Tous les systèmes constructifs nouveaux sont confrontés à ces exigences.

5.1 Le bâtiment s'adapte aux modes de vie

Dans les années 60, l'industrialisation du gros œuvre a conduit à la standardisation des formes architecturales. La concurrence du béton banché a eu raison de cette tentative d'industrialisation du gros œuvre avec la mise sur le marché de composants industrialisés comme les poteaux, les poutres, les panneaux de murs assemblés sur place à l'image d'un système de Lego. Avec le recul, on observe que les filières bois ou métal se prêtent mieux à l'industrialisation du gros œuvre, ceci compte tenu de la durabilité, de la préparation en atelier ou en usine, de la légèreté et de modularité des composants. La rapidité d'exécution sur les chantiers permet des gains considérables de productivité et peut répondre aux exigences financières des banques qui souhaitent réduire le temps de réalisation afin de minimiser leurs risques (risques sur les taux bancaires).

Les compositions bois-béton sont déjà prototypées et testées par la Société Bonnel (49), entreprise de maçonnerie-taille de pierre, en collaboration avec Novabuild, le cluster "Développement durable" des Pays de la Loire. Les poutres et structures en lamellé-collé permettent des portées identiques ou supérieures au béton (rapport dimensions/portée). Le béton de faible épaisseur (de 8 à 10 cm) apporte l'isolation phonique et la stabilité. La structure en bois peut être industrialisée. Elle est rapide à mettre en œuvre, légère et permet de réaliser des économies sur les infrastructures (en particulier les fondations). De plus, des isolants biosourcés et des bétons à base de fibres permettent de réaliser des constructions plus décarbonnées. Des bâtiments à ossature bois sont déjà construits pour être

démontés, modifiés, voire même reconstruits sur un autre lieu. La société Bonnel a par ailleurs développé une structure composée en bois et pierre associés à un isolant à base de liège qui remet à l'honneur la construction en pierre de taille. Les PME fourmillent d'idées et réinventent leurs métiers avec beaucoup d'allant et de talent. Chaque jour, on voit apparaître de nouvelles formes de constructions, de nouveaux types de collaborations. Nécessité fait loi : la crise économique et écologique remet en cause les idées consuméristes et apporte avec elle une vague nouvelle d'entrepreneurs.

5.2 Nomade et adapté aux âges de la vie

Le bâtiment doit être en mesure de répondre aux différentes étapes de la vie, de l'enfance à la vieillesse, de s'adapter aux handicaps, s'ajuster aux événements qui interviennent au cours de la vie. Il se plie aux désirs de l'homme en lui assurant le confort d'été (l'élévation de la température sous nos latitudes doit être prise en compte dans les bâtiments durables), en proposant des façades dynamiques ou cinétiques etc. Les bâtiments, à l'image de la société, doivent être de plus en plus flexibles pour permettre par exemple, une implantation différente des cloisons tout en conservant la même ambiance climatique.

Le concept a été poussé au maximum lors du concours du Solar Décathlon qui s'est déroulé à Versailles en juin 2014. Le prix de l'architecture a été remporté par une équipe espagnole qui a proposé un bâtiment tubulaire destiné à une vie communautaire où les pièces sont flexibles, interchangeables, ouvertes sur une grande pièce commune. Tout y est partagé. Une sorte d'écomaison ou de maison copartagée à l'instar de l'écopartage des voitures. L'idée même d'intimité y est bannie. Une colocation poussée à son paroxysme. En fait, ce prix de l'architecture a été décerné à un bâtiment dont la recherche de technicité et de simplification optimisée prend le pas sur l'architecture. Une maison "d'échafaudeur" et de technicien, d'entrepreneur rationnel qui phosphore et propose. L'entrepreneur malin a de nombreux atouts dans son jeu ce qui rebat aussi les cartes de l'organisation de la filière immobilière.

Autre donnée nouvelle : le travail à domicile qui se développe et doit se développer plus encore compte tenu des économies de mobilité, des coûts de l'investissement immobilier d'entreprise. Il pose la question de l'ajustement du logement en fonction des moments de la journée. Dans une perspective du maintien à domicile des personnes âgées ou handicapées et de l'arrivée de services à domicile, on devra rendre les bâtiments flexibles et communicants. Les murs de nos habitations seront équipés de détecteurs de chutes et de mouvements, ainsi que de micros (c'est déjà le cas sur certains sites). Un bâtiment qui sera de plus en plus producteur d'énergie ; le souhait de flexibilité, de souplesse, d'adaptation du bâtiment aux désirs de l'utilisateur conduit à repenser sa structure. Mais au-delà de l'hygiène et de la protection classiques apportées par le bâtiment, apparaissent des services liés à la santé avec le bâtiment médicament (concept du baticament de Nexity) : au Japon, des toilettes intelligentes analysent l'urine, mesurent la pression artérielle, pèsent la masse corporelle. On verra se diffuser de nouveaux revêtements de sols, de murs, de plafonds qui auront les caractéristiques de freiner la prolifération de bactéries et de champignons (les premiers produits sont déjà en vente). Toutes ces technologies nécessiteront des compétences nouvelles sur les chantiers.

5.3 Une utilisation raisonnée de la technologie

Mais la performance n'est pas toujours liée à l'accumulation d'équipements performants. Pour preuve, le bâtiment autrichien 2226 (pour 22° minimum et 26° maximum) qui revendique de n'avoir ni système de chauffage ni de refroidissement. Minimiser la consommation d'énergie avec moins de technologie permet une réduction des coûts de maintenance et d'entretien. Il se veut un manifeste contre les projets suréquipés : bien qu'énergiquement efficaces et d'une consommation moindre, ils n'en ont pas moins une durée de vie plus courte et un coût de construction et de maintenance plus onéreux. Sur ce bâtiment tertiaire (le 2226), seul un logiciel intelligent agit sur les différents organes : la chaleur résiduelle des ordinateurs, de l'éclairage ou du rayonnement solaire suffisent pour chauffer les locaux. La structure de briques creuses de 36 cm d'épaisseur et sa structure externe, une isolation de haute performance, apportent une inertie thermique équivalente à celle d'un bâtiment passif. En hiver, la chaleur stockée assure un apport d'énergie élevé et les fenêtres ne s'ouvrent que si le volume de dioxyde de carbone augmente dans la pièce. En été, des événements sont ouverts la nuit pour assurer un refroidissement naturel (*Batiactu* du 20 avril 2015). Il semble en effet, que l'idée même de développement durable doit s'articuler autour de la durée longue des constructions et de la modération des équipements technologiques qui s'inscrivent évidemment dans la course effrénée à la consommation. Il faut de la technologie, mais accompagnée d'une analyse systématique de sa pertinence réelle et de sa provenance.

5.4 L'autoconstruction

Les préoccupations du développement durable impliquent de prendre en compte le développement humain, la réduction des inégalités sociales, la participation des citoyens à la démocratie locale et à la vie économique. Le droit au logement est un principe fondamental du développement durable. Sur le plan sociétal, les principaux enjeux concernent le logement pour tous et la lutte contre la ségrégation sociale. L'autoconstruction apporte une solution qui, si elle ne satisfait pas le système économique traditionnel et ne répond pas complètement aux exigences des assurances, permet de soutenir une population en précarité économique. Les systèmes constructifs qui se développent (ossature bois, matériaux biosourcés, éléments industrialisés du second œuvre et du tiers œuvre) proposent des mises en œuvre simplifiées. Par ailleurs, que nous le voulions ou non, le marché du bricolage qui alimente une grande partie du marché de l'autoconstruction représente 24 milliard d'euros par an.

Nous devons prendre en compte la sécurité et l'éducation des autoconstructeurs. Les distributeurs et magasins de bricolage organisent des formations, distribuent des documents didactiques, réalisent des films de démonstration, etc. On voit déjà poindre des nouveaux métiers comme conseiller en autoconstruction, souvent des femmes et hommes de métier qui apportent leur concours théorique, technique et pratique aux autoconstructeurs. Des réseaux d'autoconstructeurs se créent, dont les membres s'entraident. L'idée même développée par Jérémy Rifkin (*Une nouvelle conscience pour un monde en crise ; vers une civilisation de l'empathie*) montre que l'Homme est désormais amené à remodeler sa conscience et que l'empathie dont nous ferons preuve témoignera de l'aptitude de notre espèce à survivre et à prospérer. La nécessité de formations aux métiers du bâtiment qui doit répondre à la nécessité de bâtir et de rénover l'ensemble de notre parc (flux et stock) va créer un tissu de compétences qui exercera son savoir-faire dans des réseaux associatifs consacrés à l'autoconstruction. Les réseaux partagés incitent aux collaborations.

Les émissions de télévision comme "Tous ensemble", "Les maçons de l'espoir", démontrent que la vieille idée des "Castors" n'est pas obsolète loin s'en faut (Les Castors sont un mouvement d'autoconstruction coopérative né après la seconde guerre mondiale en France. Il est aujourd'hui implanté au niveau national et compte près de 50 000 adhérents).

5.5 Adapter les techniques de construction aux changements climatiques

Quelques mots concernant les compétences dont doivent faire preuve les acteurs de chantier.

Les successions de périodes sèches et humides nous conduisent à repenser les fondations en sols argileux qui se gonflent ou se rétractent en fonction de la pluviométrie. Aujourd'hui, dans de nombreux pays, la demande de permis de construire doit être assortie des plans des fondations. Cette proposition a été d'ailleurs effectuée par le comité organisé par la Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement de Lorraine (Dreal Lorraine) afin d'abaisser le taux de sinistralité dans le bâtiment. De même, en France pour une construction de plus de 50 m², il doit être réalisé une étude sur les diverses solutions d'approvisionnement en énergie pour le chauffage, la production d'eau chaude ou l'électricité.

Par ailleurs, les tempêtes récurrentes doivent nous sensibiliser aux phénomènes extrêmes, et nous conduire à renforcer les fixations des toitures. Les systèmes constructifs vont devoir concilier les impératifs de sécurité, de confort et de productivité en tenant compte de la probabilité d'aléas climatiques. L'augmentation et l'intensité des inondations est à prendre en compte pour déterminer les zones constructibles. Cependant, il y aura toujours des constructions proches de zones à risques qui subiront les aléas climatiques. Des systèmes de pompage et une réflexion sur le choix des matériaux et des techniques doivent faire partie des préoccupations des maîtres d'œuvre comme des maîtres d'ouvrage, ainsi que des urbanistes et des techniciens territoriaux.

Par ailleurs, le développement des réseaux en un système technique extrêmement complexe et interdépendant les rend et les rendra de plus en plus sensibles aux effets des inondations, ne serait-ce que sur une portion du réseau. La migration des eaux d'inondation par les réseaux fragilisera les composants technologiques en même temps que les matériaux de construction et les infrastructures. Les grandes villes connectées seront vulnérables sur ce point. Là encore, les industriels sont sur le pont pour trouver des solutions. La qualité de la mise en œuvre, la conscience professionnelle, les procédures et les systèmes nécessitent une qualité professionnelle irréprochable dans la réalisation de ces réseaux cachés.

6. Avancées technologiques et modification des profils des qualifications

Les composants du second œuvre se renouvellent régulièrement sous la poussée des innovations et des modes alors que la durée de vie des bâtiments devrait s'allonger. Une mise en œuvre simplifiée et rapide incite et poussera plus encore dans le futur les propriétaires, bricoleurs, autoconstructeurs, hommes et femmes de faibles qualifications à se passer du professionnel pour la mise en œuvre. Leur formation et information sont relayées par les distributeurs qui tous ont entrepris la réalisation de films et d'animations 3D, de formation avec un animateur en magasin ou sur leur site Internet. L'obsolescence des équipements entraîne leur renouvellement plutôt que leur réparation. L'idée de développer des assemblages à l'aide de simples clips à l'image des meubles prêts à monter chemine. Les entreprises sont de plus en plus interrogées aussi par des maîtres

d'ouvrage (propriétaires, occupants) afin d'installer eux-mêmes les équipements achetés (salle de bains, carrelage, équipement électrique, par exemple).

En fait, le développement des moyens d'information (y compris les émissions de télévision de plus en plus nombreuses mais surtout Internet) impose aux entreprises de relever un nouveau défi : en savoir plus que leurs clients sur les produits du marché. La préoccupation est donc d'être informé en priorité des nouveautés, en plus de la nécessité quotidienne de travailler sur les chantiers, de régler les problématiques administratives, juridiques, les autorisations, les labellisations, les réunions de chantiers etc. Or on attend d'un professionnel un conseil éclairé sur les qualités intrinsèques d'un équipement et une aide pour effectuer un choix éclairé. En dépit des évaluations, des certifications et de la normalisation, la rapidité avec laquelle les équipements apparaissent sur le marché nécessite la mise en place d'une veille technologique immédiate au service de l'entreprise, il en va de sa crédibilité.

La connaissance des nouveaux produits valorise la qualification de l'entreprise, la méconnaissance jette un doute sur ses compétences. Cette ambiguïté est la clef de l'explication de la lenteur de pénétration des nouveaux produits dans le bâtiment. L'information et la formation permanente sont donc des enjeux fondamentaux qui doivent permettre de résoudre cette quadrature du cercle. Cette résistance est aussi le fruit d'une incompréhension issue des métiers traditionnels et manuels, basée sur une culture de long terme, une culture indispensable qui ne doit pas résister à l'arrivée de nouveaux produits. Cette contradiction est aussi portée par les clients qui souhaitent bénéficier d'un savoir-faire nécessitant un long apprentissage tout en profitant des dernières avancées technologiques ou esthétiques. Sans doute arriverons-nous à une répartition sur les chantiers à l'intérieur du même corps d'état de base, d'intervenants de formations différentes et complémentaires.

6.1 Le Kit de construction : vers une simplification des métiers ?

La simplification allant jusqu'à la réalisation de kits prêt à l'emploi permet le recours à une main d'œuvre faiblement qualifiée ce qui abaisse encore le coût de la construction. La mise en œuvre est pensée dès la conception et répond à des gestes précis. Certaines parties du bâtiment peuvent être effectuées en série et vendues en kits : les WC, les salles de bains, la circulation et l'évacuation des fluides, les kits sans fil, connecteurs électriques, clips,... exécutées sans l'intervention d'entreprise elles vont accélérer le développement de l'autoconstruction. Tout peut être livré en kit à l'image des kits mobiliers.

Cette évolution inéluctable, voire nécessaire ne profitera pas forcément aux professionnels de chantier. La baisse des coûts dans le bâtiment est un passage obligé. À l'instar des conseillers en autoconstruction qui émergent déjà, nous assisterons à l'apparition de conseillers en sécurité, en santé, en environnement afin d'assurer la cohérence des prescriptions. Le développement de l'industrialisation dans le second œuvre et dans le tiers œuvre transforme le maître d'ouvrage en prescripteur direct. Le défi de l'artisan ou de l'entreprise est d'en savoir plus que ses clients sur les produits présents sur le marché. Ils doivent faire preuve de curiosité afin d'être au fait des innovations faute de quoi l'entrepreneur verra son rôle cantonné à celui d'un poseur de produits choisis par d'autres. Aujourd'hui, il y a incompatibilité entre le rythme de renouvellement des produits et l'insuffisance de formation permanente des entrepreneurs. Le temps consacré à la formation et au recyclage n'est pas du tout proportionné à la dimension du problème. Quant à la formation initiale, elle semble inadaptée à l'évolution y compris pour les formations d'ingénieurs et d'architectes.

6.2 Ingénieurs et architectes sont concernés

De son côté, l'ingénierie qui encadre, pilote, coordonne les acteurs de chantiers va elle aussi évoluer. La maquette numérique et le BIM vont influencer l'organisation des métiers de la maîtrise d'œuvre. Ils se rapprocheront de l'ingénierie anglo-saxonne totalement indépendante des entreprises mais aussi très intégrée au métier d'architecte. Il est vraisemblable que le métier de géomètre, s'il ne disparaît pas, perdra de son intérêt, remplacé qu'il sera par des systèmes de repérage, de calcul et de rendu quasi automatiques et simplifiés. Il en sera de même pour les organismes de contrôle. L'arrivée des puces RFID et des Tic vont tendre à appauvrir leurs missions. En fait, tous les métiers de la construction vont être systématiquement impactés. Il est difficile d'imaginer ce qu'il adviendra à moyen et long terme des métiers de l'ingénierie mais la modélisation systématique des systèmes et des produits qui tendra à la normalisation, va infléchir leur rôle. Un processus qui a eu raison de la qualité des professionnels de chantier et incite à la simplification des métiers. Cette simplification inévitable laissera malgré tout, toujours une place importante aux hommes et femmes de métiers manuels de grande qualification.

Enfin, la numérisation et le virtuel vont élargir la collaboration internationale ce qui va influencer le système français qui gagnera en qualité technique, mais risque d'affaiblir les capacités créatrices de nos architectes. Des formations d'ingénieurs-architectes sont déjà dispensées en France.



Crédit photo : Fotolia, Patrick J.

Figure 15 : Il est vraisemblable que le métier de géomètre sera remplacé par des systèmes de repérage de calcul et de rendu quasi automatiques.

6.3 L'imprimante 3D : des chantiers sans ouvriers ?

L'imprimante 3D du béton, très différente des petites imprimantes 3D que nous avons décrites auparavant, laisse entrevoir le remplacement de tout ou partie des ouvriers de faible qualification. Pour autant, ce matériel fait penser aux espoirs qu'avait engendré l'apparition du banché. Cette technique ne concerne qu'une infime partie de l'industrie du bâtiment. Demain, l'imprimante 3D se développera aussi pour des applications concernant des matériaux comme la terre, les matériaux biosourcés, etc. « *La chimère du chantier sans ouvriers se répand et, en Amérique, en Europe et en Asie, ingénieurs, chercheurs et architectes s'activent à concevoir une imprimante à bâtiments qui pourrait révolutionner notre manière de construire et faire passer les coffrages et les échafaudages pour des antiquités* » (Le Moniteur du 17 octobre 2014). Les premières expérimentations montrent que la construction d'un pavillon en dur prend en moyenne de 6 à 12 mois pour un

coût d'environ 1 500 € du m² (toujours selon *Le Moniteur*). Avec l'impression 3D, le délai peut être réduit à seulement 24 heures pour quelques dizaines à quelques centaines d'euros du m². Si la technique parvient à se démocratiser, il est certain que l'on assistera à un boom des constructions en 3D ainsi qu'à la chute des coûts des constructions, lesquels obligent les futurs propriétaires actuels à s'endetter sur plusieurs dizaines d'années.

L'italien Enrico Dini a conçu une imprimante baptisée D-Shape qui, pour l'instant, a servi à réaliser des ouvrages d'art de plusieurs mètres de large et de haut ; d'ores et déjà, elle est proposée en France sous licence d'exploitation. La tête d'impression, qui se déplace à l'intérieur d'un cube de 6 m de côté, éjecte une matière liquide – constituée de sable et d'un liant à la composition tenue secrète – qui pourrait donner forme à des bâtiments de deux étages. Utilisant la technique dite "de stéréolithographie", les objets prennent forme par superposition de tranches fines de matière. « *L'industrie du bâtiment est tributaire des interventions manuelles. La réalisation de formes concave ou convexe nécessite la préfabrication de coffrages coûteux* », souligne Enrico Dini pour signifier que le grand gagnant de l'impression de bâtiment sera l'architecte. Selon lui, son imprimante géante, en supprimant la main de l'homme, rendrait à l'architecte une liberté de création infinie. Mais ce qui excite le plus l'architecte néerlandais Janjaap Ruijssenaars, c'est la possibilité de réaliser des bâtiments exactement identiques aux quatre coins de la planète, sans risque que l'intervention des hommes apporte son lot de malfaçons. Reste à observer la qualité de ces "photocopies" et donc, la durabilité des édifices.

Au Massachusetts institute of technology, (MIT, USA) des chercheurs travaillent à la mise au point d'un petit robot capable d'imprimer de grands bâtiments. Se présentant (à ce stade) sous la forme d'un bras mécanique pivotant autour d'un axe, il imprime des coquilles qu'il suffit de remplir de béton pour obtenir un bâtiment solide. Ses concepteurs mettent en avant le fait que le matériau à prise rapide utilisé joue le rôle d'isolant thermique.

Le Dr Behrokh Khoshnevis a également mis au point, au sein de l'University of Southern California, une imprimante à bâtiment utilisant la stéréolithographie. Ayant déjà fait l'objet de 20 brevets, ce modèle éjecte un béton fibreux qui offre, selon lui, une résistance en compression « *de 10 000 pounds per square inch* », soit près de 70 Mpa. À titre de comparaison, on parle de bétons à très haute performance au-delà de 50 Mpa. Ce professeur américain travaille également avec ses étudiants, au développement de machines capables d'installer les éléments de plomberie, les circuits électriques et même de projeter la peinture. Selon lui, le premier bénéfice de l'impression 3D est la suppression des accidents de chantier, tout en argumentant sur la possibilité donnée aux femmes et aux personnes âgées de participer à l'acte de construire. Soutenu par deux géants américains du monde du bâtiment, Caterpillar et USG, il met en avant le fait que cette suppression des "interférences humaines", permettrait de réduire le coût de construction, les malfaçons et évidemment, le délai de livraison. Ses équipes estiment qu'une maison de 200 m² pourrait ainsi être imprimée en 20 heures. (*Le Moniteur* du 17 octobre 2014). Des imprimantes qui auraient un intérêt certain lors des reconstructions suite aux séismes.

6.3.1 Canalisations communicantes pour détecter les réseaux

À l'occasion du salon Pollutec 2014, la société Ryb, leader français des systèmes de canalisations et réseaux polyéthylène, a dévoilé la première canalisation plastique détectable et communicante au monde : Eliot. Grâce à l'intégration d'une technologie de type RFID développée en partenariat avec les laboratoires de recherche du CEA, cette canalisation révolutionne la sécurité, le suivi et l'entretien des réseaux de gaz, d'eau potable, d'eaux usées, d'électricité et de télécommunication. Par nature, les canalisations

plastiques sont inertes et difficilement détectables une fois enfouies. Seuls les relevés topographiques permettent de les situer. Cependant, l'évolution rapide de l'environnement urbain rend difficile une vision précise et exhaustive du sous-sol et les techniques de localisation sont complexes à mettre en œuvre. Ainsi, chaque année, plusieurs milliers de canalisations sont arrachées accidentellement, avec les conséquences néfastes qui peuvent en découler. Afin de répondre à cette problématique, la société Ryb a collaboré pendant trois années avec le CEA-Leti. Dédiée à la détection des réseaux de gaz, d'eau, d'électricité et de télécommunication, cette innovation constitue une rupture technologique en matière de suivi et d'entretien des canalisations, de réduction des risques d'accident et des coûts liés à l'arrachement, mais également de traçabilité avancée des ouvrages enterrés. Intégrant, en son cœur, un nouveau type de technologie RFID mise au point par les équipes du CEA-Leti et aujourd'hui brevetée, cette canalisation offre plusieurs caractéristiques répondant à la nouvelle réglementation (DT DICT), en particulier sur la géolocalisation des réseaux enterrés :

- une détection jusqu'à 1,50 m de profondeur d'enfouissement, avec une précision horizontale de l'ordre de quelques centimètres ;
- des opérations de détection, de localisation et de lecture des informations stockées à l'intérieur de la puce, insensible à l'environnement de la canalisation (goudron, sable, terre, cailloux, secs, humides, etc.) et même immergée dans l'eau (en nappe phréatique par exemple) ;
- un temps de réponse d'un dixième de seconde ;
- une capacité de stockage de l'information : type de canalisation détectée (application), date de fabrication, de pose, numéro de série, diamètre, pression nominale, etc. ;
- un dispositif autonome intégré dans la canalisation qui ne requiert aucune alimentation électrique ;
- un système de lecture simple pourvu d'une antenne adaptée et compatible avec les produits du marché ;
- un signal mesuré en surface caractérisant précisément la canalisation détectée et évitant ainsi la confusion en cas de proximité de plusieurs réseaux.

6.4 Énergies renouvelables et stockage : évolution des compétences professionnelles

La créativité humaine trouve un champ d'application dans l'émergence des énergies renouvelables les plus variées. Là encore le couple industriel/poseur est fondamental. La pompe à chaleur n'a pas encore livré toutes ses possibilités et le perfectionnement de la formation des installateurs permettra un décollage du marché. Les associations pompe à chaleur/géothermie individuelle permet de récupérer de 3 à 5 fois l'énergie électrique consommée par la pompe.

En définitive, tous les métiers de l'enveloppe sont concernés par cette chasse à l'énergie et au gaspillage. Le couvreur-poseur de tuiles photovoltaïques et de panneaux photovoltaïques soit ! Mais aussi les couvreurs et les chauffagistes avec les capteurs hybrides (photovoltaïques et thermiques). De son côté, la Fédération française des tuiles et briques (FFTB) explique aux 10 000 couvreurs, le potentiel du marché de la performance énergétique qui ne cesse de croître (+ 10 % sur les cinq dernières années) et qui permettrait aux couvreurs de "tirer la couverture à eux". La Fédération française des tuiles et briques (FFTB) espère convaincre les couvreurs de la nécessité de se développer sur le marché de l'isolation thermique de la toiture par l'extérieur (ITTE) et sur lequel le couvreur est le plus légitime pour mener ce travail d'isolation de manière qualitative, à l'occasion d'une rénovation de toiture. Et ceci d'autant plus qu'un tiers des déperditions d'énergie s'effectue par le toit, soit deux fois plus que

par les parois verticales, précise la FFTB. Elle préconise ainsi de profiter d'une rénovation de toiture pour proposer des travaux d'isolation. Le développement de cette technique serait une véritable opportunité pour les couvreurs, car avec « *un total de 16 millions de toits peu ou mal isolés, ce sont plus de 30 années de chantiers assurés à ceux qui sauront en profiter* », avance la FFTB.

Les éoliennes, la récupération des calories de l'eau chaude (baignoire et ECS, puits canadien ou provençal) se développent d'une façon exponentielle. Les fermes éoliennes ou de panneaux photovoltaïques associent thermiciens, électriciens, métalliers, maçons, etc. Un prototype de béton « solaire » mis au point en Allemagne, appelé DysCrete, est capable selon les chercheurs de convertir le rayonnement solaire en courant électrique.

Les fenêtres aussi sont concernées par la récupération et la production d'énergie grâce à l'intégration de photopiles, le développement de vitrages chromogènes, électro-chromes, etc. qui permettent la variation de la transmission lumineuse et de rediriger ainsi la lumière. Dans le futur, les vitrages vont devenir des écrans supports de communication laissant apparaître, par exemple, des hologrammes. Des bétons à fort pouvoir réflecteur réduisent le phénomène d'îlots de chaleur urbains (ICU). En effet, en période chaude, les ICU peuvent augmenter les émissions de gaz à effet de serre, la pollution atmosphérique et les besoins en énergie liés à la climatisation. C'est ainsi que Unibéton a fait appel à l'Onera (laboratoire français de recherche aérospatiale), au Cerma (centre de recherche méthodologique d'architecture) et a multiplié les échanges avec les organismes météorologiques dans le but de caractériser ses solutions bétons en situation dans leur environnement (pics de pollution, inondations, etc.).

6.4.1 Stocker l'énergie

Après la récupération de chaleur, le problème reste le stockage : comment stocker le jour l'énergie dont on a besoin la nuit ? comment stocker l'été l'énergie dont on a besoin l'hiver ? Le stockage de la chaleur du jour est envisageable directement dans les parois du bâtiment grâce à l'intégration de capteurs. La multiplication des sites de production éoliens ou solaires soulève des problèmes de saturation du réseau électrique et génère des gaspillages importants du fait de leur caractère intermittent. Parvenir à stocker le surplus d'énergie généré pendant les pics de production afin de le consommer durant les mauvaises périodes est donc un enjeu majeur. Les technologies Ni-Cd, Ni-MH et Li-ion de Saft offrent déjà des performances élevées, une longue durée de vie et une maintenance réduite, voire nulle. De son côté, Tesla propose des batteries pouvant stocker jusqu'à 10 kilowatts/heure chacune, ce qui ne suffit pas à alimenter une maison. Mais en cumulant plusieurs d'entre elles, les ménages pourront s'affranchir totalement des énergies fossiles ; dito pour les entreprises et les producteurs d'énergie, une batterie dix fois plus puissante, de 100 kWh est disponible.

De nombreuses sociétés dans le monde se sont lancées dans une course technologique avec pour objectif de trouver la "solution miracle" au problème du stockage de l'énergie. Par exemple, Alstom travaille sur la batterie MaxSine eStorage d'une capacité de 12 mégawatts, en cours de test dans le quartier solaire Nice-Grid. D'autres ont choisi de se focaliser sur le stockage mécanique, thermique ou électrochimique à base d'hydrogène liquide ou gazeux. Mais pour l'heure, le stockage de l'électricité est surtout représenté par les stations de transfert d'énergie par pompage (STEP). C'est-à-dire des barrages hydroélectriques qui sont capables, en cas de surproduction électrique, de transférer l'eau en altitude dans un ou plusieurs réservoirs.

Les matériaux à changement de phase ouvrent aussi des possibilités encore à peine exploitées. À la manière d'un glaçon plongé dans une boisson, les matériaux à changement de phase agissent sur la régulation thermique du bâtiment. Ils emmagasinent de l'énergie pour la restituer sous forme de chaleur ou de froid. Lorsqu'il fait chaud, le matériau se liquéfie en accumulant une grande quantité d'énergie et maintient la pièce à un niveau de température confortable. Lorsque la température ambiante baisse, le matériau effectue la transition inverse. Il libère la chaleur absorbée en se solidifiant. Les plaques de plâtre ou de polymère incorporant un matériau à changement de phase sont déjà sur le marché. Ces matériaux, qui changent l'approche du métier de plaquiste ou de peintre par exemple, nécessitent une technicité complémentaire et modifient la relation avec les thermiciens. Le stockage de la chaleur dans les planchers, dans le sol mais aussi des frigos commencent à apparaître tout comme l'utilisation des nappes phréatiques stagnantes se répand.

La mutualisation de l'énergie, des bourses aux énergies, les Smart-grid (réseau de distribution intelligent qui optimise la production, la distribution et la consommation) sont des solutions prometteuses qui nécessiteront non seulement un partage entre les usagers mais aussi, du côté des professionnels, une nouvelle façon d'exercer leurs métiers. Les interfaces seront très nombreuses et il sera indispensable d'assurer la compatibilité entre les systèmes et le matériel utilisé. Les réseaux seront pensés à l'échelle du quartier puis de la ville et nécessiteront une anticipation des équipes concurrentes. Les relations entre métiers et entreprises, entre techniciens et ouvriers du bâtiment, entre professionnels et usagers, entre bouquets d'intervenants et gestionnaires seront facilitées, il est vrai par l'usage du BIM mais les idées préconçues seront remises en causes et les murailles corporatistes devront se fissurer.

PARTIE II

**La montée en compétences
des acteurs de chantier**

1. Recherche de qualité globale et durable de la construction

1.1 Une mise en œuvre d'une précision accrue soutenue par les TIC

Les tours de main ne vont pas évoluer (les matériaux les plus performants existent déjà) mais la précision, fondamentale lors de la réalisation de bâtiments à haute qualité environnementale (HQE), va s'accroître. La malfaçon ou l'imprécision dans la réalisation des interfaces sont directement sanctionnées par les résultats des tests d'étanchéité à l'air et le relevé des performances énergétiques des bâtiments. Les défauts d'étanchéité et les ponts thermiques sont les ennemis rédhibitoires de l'efficacité énergétique.

La mise en œuvre profitera de la professionnalisation des acteurs de chantier et de leur prise de conscience. Les industriels bénéficieront d'une main d'œuvre rompue à l'installation de produits plus sophistiqués, plus précieux. La main d'œuvre du bâtiment s'habitue à visionner sur des tablettes des animations enseignant le bon mode opératoire : le schéma animé remplacera la notice ésotérique. À court et moyen terme, des séquences d'animation viendront illustrer les règles de mise en œuvre et les points singuliers. Les industriels, déjà engagés sur cette voie, les réaliseront comme des produits marketing et pédagogiques. Les DTU, règles techniques, les codes, les règles de sécurité, etc. devront systématiquement être modélisés et animés (ou films).

Ces modèles informatiques seront intégrés aux maquettes numériques à chaque fois que faire se peut, sans oublier les fiches d'autocontrôle. Toute modification pourra être simulée et les conséquences des variantes visualisées (sur le plan technique, impact sur le planning et le prix). Le rapport de synthèse sera rédigé automatiquement au fur et à mesure des décisions prises.

Les premières Gestion technique de la construction (GTC) ou Gestion technique du bâtiment (GTB) montrent des défaillances dans la réalisation des réseaux et des connexions : les résultats sont rarement fiables. Des pilotes de performance énergétique ou des agents de commissionnement doivent être présents (tout comme le BIM manager) dès l'APS jusqu'aux premiers résultats de la performance énergétique du bâtiment (par exemple, 1 an après la livraison du chantier). Ils ont un rôle prépondérant pour le contrôle, la vérification, l'éducation des acteurs de chantiers, des concepteurs et des usagers.



Crédit photo : goodluz, Fotolia.

Figure 16 : La main d'œuvre du bâtiment s'habitue à visionner sur des tablettes des animations enseignant le bon mode opératoire : le schéma animé remplacera la notice ésotérique.

1.2 Des métiers de moins en moins liés à la transformation de la matière

L'industrialisation des matériaux, leur composition et l'intégration de l'intelligence connectée ou non rebattent les cartes d'une industrie qui tire ses racines de la sédentarisation de l'humanité. Les matériaux sandwichs ou feuilletés, la nanotechnologie (verres peu émissifs, surfaces autonettoyantes à l'oxyde de titane etc.), les matériaux à mémoire de forme, à changement de phase (stockage de calories et restitution de frigories) modifient l'approche des acteurs de chantier et nécessitent des systèmes d'information et de formation rapides et évolutifs (il est couramment dit que près de la moitié des produits est renouvelée tous les deux ans). Le vivant tels que les végétaux utilisés en façade, en terrasse, pour purifier l'eau ou des matériaux composés de molécules de plus en plus complexes, élaborés sur-mesure, permettant d'obtenir une dimension cinétique ou dynamique sont maintenant "monnaie courante". La collaboration entre jardinier-paysagiste, maçon, tailleur de pierre, façadier, couvreur, étancheur, plombier, électricien, etc. devient courante et va s'amplifier encore.

De fait, les métiers du bâtiment s'en trouvent complètement transformés et pour bon nombre de professionnels, cette évolution est ressentie comme une forme de déqualification. Le fondement de la qualification des ouvriers du bâtiment a reposé sur un savoir-faire de façonnage de la matière. Ils recevaient la matière première pas ou légèrement modifiée sur le chantier, la transformaient et la façonnaient sur place. Ces processus nécessitent une qualification liée à un temps d'apprentissage long, à la maîtrise d'un geste pour acquérir l'habileté manuelle voulue. La tradition de ces métiers doit perdurer notamment pour le maintien du parc des bâtiments existants, qui représentent une part importante du marché du bâtiment, et plus encore pour l'entretien et la maintenance des bâtiments historiques. Dans la construction neuve, la qualification a évolué vers des métiers de techniciens avec des gestes manuels simplifiés : c'est une rupture totale avec le passé.

L'approche humaine et éthique de ces professionnels diffère elle aussi. Les Compagnons du devoir ont l'habitude de penser que le métier forme l'Homme, qu'il influence son attitude dans la vie. Il a un rôle proprement ontologique. La volonté des industriels, des architectes, des bureaux d'études et des donneurs d'ordre de se passer d'une main d'œuvre chère et qualifiée a abouti à la création d'un autre type d'ouvriers du bâtiment ou d'acteurs de chantiers nécessitant un apprentissage plus rapide que les métiers manuels traditionnels. Cette évolution des qualifications pose la question des corps d'état de moins en moins liés à la matière mais de plus en plus aux fonctions remplies par les composants mis en œuvre. Il ne s'agit donc pas d'une déqualification mais d'une évolution de la qualification. De plus aujourd'hui, l'accélération de la création de matériaux nouveaux nécessite un niveau permanent d'information.



Crédit photo : Fotolia, Kadimy.

Figure 17 : Le fondement de la qualification des ouvriers du bâtiment a reposé sur un savoir-faire de façonnage de la matière.

1.3 Qualité et certification des bonnes pratiques

Les progrès dans la qualité de la construction ne sont pas à la hauteur de ceux obtenus dans les autres secteurs économiques, le décalage avec les autres industries s'est même accentué. Les défauts apparaissant au fil du temps, le bâtiment devrait être garanti au minimum pendant la durée du prêt immobilier assorti d'un plan d'entretien adapté. Les exigences de qualité sont paradoxalement moins élevées alors qu'un bien immobilier est construit pour durer. De manière générale, le consommateur n'a que peu de moyens d'action. La plupart du temps, les défauts peuvent être corrigés, rares sont les défauts définitifs qui font porter la responsabilité sur celui qui en est à l'origine. Les responsabilités étant diluées dans la chaîne de production du bâtiment, les défauts sont bien souvent cachés. Une mise en œuvre inadaptée est généralement génératrice de défauts.

Une évolution du système d'assurances assortie d'un bonus-malus est réclamée par les meilleures entreprises. La priorité est donnée à la prévention des désordres en l'accompagnant d'une politique de qualification, de formation des acteurs et de certification du Management des processus de réalisations opérationnelles dans la construction (MPRO). La certification volontaire MPRO propose une reconnaissance du respect des bonnes pratiques. Cette certification qui s'adresse aujourd'hui à la maîtrise d'ouvrage devrait s'appliquer à l'ensemble des bureaux d'études et des mandataires de chantiers. Par ailleurs, les entreprises devraient afficher leur degré de sinistralité.

1.4 Tirer parti du savoir-faire issu des traditions locales

Les spécificités des architectures régionales qui prennent en compte la direction des vents dominants, la géographie, la végétation, les zones humides, etc. sont riches d'enseignements : les "wimbergs" (surélévation des murs pignons dépassant des toits) dans le nord de la France ne sont pas que décoratifs, les longères qui prolongent les toits jusqu'à un mètre du sol en Champagne humide ou en Normandie, jouent aussi avec les vents, le froid, l'humidité pour créer une architecture adaptée au climat (défendue par l'association Maisons paysannes de France).

Malgré la disparition progressive des savoir-faire traditionnels au fur et à mesure que le bâtiment s'industrialise, des artisans, des PME locales qui s'intéressent au patrimoine ancien (et elles sont nombreuses) perpétuent ces traditions. Ces acteurs montrent souvent plus d'intérêt à ces savoir-faire ancestraux que nombre d'architectes issus des écoles urbaines, très peu préoccupées de l'architecture régionale. Les artisans et les entrepreneurs locaux dispensent très souvent de bons conseils basés sur un bon sens autrefois attribué aux paysans et sur une bonne connaissance de la géographie locale. Leur créativité fondée sur une intuition, non pas naturelle, mais construite pierre à pierre à longueur d'expérience et d'empirisme, propose des solutions qu'il faut savoir entendre. Ils vous diront par exemple, que la végétalisation des toitures et des murs réduit l'engorgement des réseaux d'assainissement lors d'orage (grâce à la capacité d'accumulation du complexe drainant qui est composé de matières organiques et volcaniques) ; les charpentiers vous expliqueront l'intérêt d'utiliser du peuplier en charpente en dehors des poutres maîtresses qui devront être en chêne ; les maçons vous parleront de la respiration des enduits en chaux aérienne ; les menuisiers et les tailleurs de pierre détecteront le moindre détails qui leur permettront de dater les ouvrages. Le couvreur apportera son sens de l'observation des fuites et de l'action de son élément (l'eau) sur un bâti ancien ou moderne. Il sait rendre étanche tout en préservant la respiration de l'habitat. Chacun diagnostique et reconnaît à l'odeur, au son, à la vue, au toucher. Il n'est pas rare de voir un maçon, goûter pour vérifier l'acidité d'un support.

Une femme ou un homme de métier, c'est une encyclopédie d'expériences, enrichie à chaque chantier, à chaque rencontre, à chaque saison. C'est le représentant d'une culture de métier, issue de lignées successives, aussi longuement construite que l'histoire de l'habitat est ancienne (2,5 millions d'années). Ce ne sont pas de simples exécutants qui appliquent sans réfléchir des théories que l'ingénieur a découvertes ou calculées. Le maçon était là avant l'architecte ; le maçon était là avant l'ingénieur. Il sait s'adapter ; il a su le démontrer pendant toute sa longue histoire. Il saura donc s'adapter. Il faut l'interroger...

1.5 Évolution du rapport acteur de chantier/ingénieur

Nous ne pouvons pas éviter d'évoquer la relation particulière qu'entretiennent l'artisan ou l'ouvrier du bâtiment avec l'architecte ou avec l'ingénieur de bureau d'études. Tout comme pour le chef d'entreprise ou l'acteur de chantier en général, les systèmes d'information fragilisent la position de sachant de l'ingénieur. Tout un chacun est susceptible d'obtenir des informations sur les sujets qui illustrent le monde du bâtiment : l'entrepreneur ou le client Lambda sont informés avant l'ingénieur Béta, des dernières innovations dans son domaine. Et par conséquent, le client et l'artisan exigeront plus du bureau d'études techniques (BET) ; ils attendront l'optimisation des spécificités du chantier. Or, l'ingénieur se concentre généralement sur une spécialité : il est thermicien, acousticien ou expert en structure alors que l'optimisation qui lui sera demandée exigera de lui des connaissances multiples. Les associations entre les différentes spécialités existent déjà mais il faudra encore pousser plus loin. Le BIM va accompagner cette évolution des rapports entre tous les acteurs de la filière. L'ingénierie sera, de fait, intégrée et la formation des ingénieurs et des architectes évoluera vers une intégration à l'anglo-saxonne.

Autrement dit, si l'acteur de chantier voit son rapport au monde évoluer (pour ne pas dire se révolutionner) toute la filière est impactée. Le BET sera aussi très vite concurrencé au plan national et international. La délocalisation des études est déjà en marche et ce n'est que le début. La relation avec l'acteur de chantier doit donc évoluer : l'ouvrier sur le chantier est le premier vecteur marketing du BET. La condescendance que ressentaient, parfois sans raison, l'ouvrier ou l'artisan, n'est plus de mise. Les cartes se rebattent. L'équilibre relationnel est une donnée nouvelle qui va très vite faire son chemin. Le quant-à-soi va se désintégrer faute de quoi, "l'individualiste" risque vite de se retrouver seul et sans commande. Les obligations de précision des interfaces, de rendre conviviaux les systèmes et de créer des réseaux physiques et virtuels vont modifier les rapports. Les acteurs de chantier, qui se sentent souvent mis au ban du système, vont être nécessairement réintégrés à la chaîne. Chacun devra regarder l'autre différemment et communiquer. C'est donc une évolution des mentalités qui est en train de poindre (timide encore), une révolution culturelle.

1.5.1 Mutation des corps d'état et des métiers

Les corps d'état devront gagner en qualification et en technicité, revalorisant ainsi l'image des métiers du bâtiment auprès du jeune public et de leurs parents. L'ensemble du cycle de la construction est concerné : les métiers liés aux études, à la réalisation, à l'entretien et la maintenance, au recyclage, etc. L'augmentation de la technicité va contribuer à créer des emplois inscrits dans le territoire. Par ailleurs, l'entretien et la maintenance ne pourront pas être confiés aux travailleurs déplacés. "La relocalisation", qui de fait nécessitera un système de formation initiale et continue important, contribuera au développement local avec tout ce qui en découle en aménagement du territoire. C'est en cela que le développement durable et son corollaire, la transition énergétique modifie l'écosystème en créant un cercle vertueux.



Crédit photo : Lithias.

Figure 18 : Le métier de sculpteur sera pratiqué par des ingénieurs qui n'utiliseront pas gradine et ciseaux

Mais, si nous aimons à défendre les métiers liés au patrimoine, les métiers dits "manuels", il n'en reste pas moins que nous devons nous rendre à l'évidence : à terme, le métier de tailleur de pierre, par exemple, sera pratiqué par des techniciens supérieurs et des ingénieurs qui n'utiliseront pas "gradine et ciseau" mais modéliseront les formes les plus complexes pour tirer le meilleur parti de la pierre avec des machines à commande numérique.



Crédit photo : Lithias.

Figure 19 : Lithias crée entièrement ses modèles numériquement

En 2010 par exemple, l'Atelier Lithias (Saône et Loire, 71) (sculptures, statues et mobilier extérieur de luxe en pierre naturelle) a adapté les méthodes de création et de réalisation numérique utilisées dans les grandes industries pour développer une chaîne d'ingénierie numérique 3D : dessin assisté par ordinateur (DAO), conception assistée par ordinateur (CAO), outils de simulation. L'équipe a développé ensuite des logiciels de fabrication assistée par ordinateur (FAO), des machines d'usinage à commande numérique (CNC) et des moyens numériques de mesures et de contrôles. En dépit du fait que ces technologies sont apparues dans les ateliers italiens depuis près de 20 ans, la qualité de finition est ici impressionnante. Précédemment, en sculpture, les reproductions étaient possibles à partir d'un modèle en pierre ou en plâtre ; Lithias, de son côté, crée entièrement ses modèles numériquement. Dès lors, la société n'est plus composée que d'informaticiens, d'automaticiens et autres métiers de l'information numérique. Personne ne connaît plus le métier de la pierre.

Un autre métier perd chaque jour de sa compétence, celui de peintre en bâtiment. L'évolution des produits, leur facilité d'emploi ne nécessitent plus d'homme ou de femme de métier compétents sauf dans le patrimoine ancien de prestige. La même remarque s'applique au métier de plâtrier-staffeur et stucateur. Il est urgent de se mobiliser et de créer des Conservatoires des métiers manuels afin d'éviter la perte totale de techniques.

1.5.2 Émergence de métiers nouveaux : pilotes de performance énergétiques et agents de commissionnement

Le gestionnaire de chantier détient désormais une position prépondérante et son implication dès la conception des projets se traduit par une nette amélioration de la sécurité, du confort d'usage et de la durabilité des matériaux et des systèmes constructifs. Sa responsabilité est engagée et sa rémunération dépend de la performance globale du bâtiment, en particulier de sa performance énergétique. Il est appuyé en cela par un pilote de performance énergétique ou un agent de commissionnement qui veille à chaque étape de la construction depuis la conception aux moindres détails engageant la qualité énergétique de la construction.

Ces nouveaux métiers qui apparaissent dès l'étude des Contrats de performance énergétique, doivent présenter des profils très opérationnels. Ils doivent être en mesure de vérifier, contrôler, rectifier les mises en œuvre autant que les mises en route des systèmes et être capables de vérifier les connexions, être présents lors des interfaces importantes, expliquer les processus et les systèmes aux usagers afin d'obtenir les résultats escomptés lors de la conception. La démarche de haute qualité environnementale assimilée par les professionnels doit être expliquée. Ils ont une mission de contrôleurs et de pédagogues auprès des acteurs de chantiers, autant qu'auprès des concepteurs et des usagers. Car la non-qualité dans le bâtiment est rédhibitoire, le bâtiment connecté ne doit pas l'être qu'en partie, les ponts thermiques doivent être traités...

Le pilote de performance énergétique ou l'agent de commissionnement doivent aussi être en mesure de faire profiter le concepteur de leur expérience de chantier dès la conception. Ces métiers, exercés par des techniciens d'une bonne dizaine d'années d'expérience afin d'être respectés par les cols blancs comme par les cols bleus, pourraient constituer l'évolution naturelle d'hommes ou de femmes de métier de qualité qui souhaitent profiter de nouveaux débouchés.

1.5.3 Évolution des compétences : au-delà de la technique

Dans toute l'histoire de la construction, les intelligences les plus fines ont montré leurs capacités créatives et techniques. Les *magisters operi* du Moyen Âge qui élaboraient les techniques les plus audacieuses seraient étonnés de la théorisation des techniques qu'ils mettaient en œuvre empiriquement. Ils comprenaient les problématiques de descente de charges, la stabilité mécanique, la thermique, les données aérodynamiques et climatiques. Ils traitaient intuitivement les transferts hydriques et la mécanique des fluides, l'acoustique et la lumière, comprenaient les phénomènes épidémiologiques et construisaient durablement en travaillant avec des bois recyclés et de la pierre locale. Le développement durable était pour eux une évidence. Cette connaissance est encore partagée par les maîtres ouvriers des entreprises de monuments historiques, car il s'agit d'une véritable connaissance et non d'un savoir. Il s'agit d'une manière d'être, de penser et d'agir et non pas d'une compétence apprise théoriquement pour en faire une capacité à commander.

C'est aussi une connaissance que les artisans traditionnels et les petites entreprises qui travaillent sur les rénovations ont su garder pour la transmettre. C'est pour cette raison que l'apprentissage est si nécessaire aux métiers manuels. Un maçon, un charpentier ou un plâtrier traditionnel possède plus qu'une technique, ils sont imprégnés de valeurs et en particulier d'une éthique, d'une manière d'être qui n'a rien de conceptuel. C'est ainsi que vont se confronter sur des chantiers des professionnels dotés de qualifications identiques mais dont les approches de la vie et de leur métier seront souvent diamétralement opposées. Il faudra, pour les uns, monter en compétences technologiques et professionnelles issues de l'apprentissage manuel et pour les autres, former les esprits des techniciens de chantiers à une démarche déontologique prenant en compte les exigences indispensables à la technologie durable et l'obligation d'interagir avec ces premiers acteurs. Le fossé qui se creuse entre le « high-tech » et le « lowtech » devra se combler inévitablement, faute de quoi la sinistralité dans le bâtiment n'est pas prête de s'estomper.

2. Vers une organisation "collaborante" du marché

Les rénovations globales performantes ne sont que trop peu entreprises. Cette situation est due essentiellement à l'absence d'offres techniques globales, à des prix élevés et à un accès aux financements très complexe. En même temps qu'une montée des compétences et des professionnels, les artisans et PME doivent se structurer en groupement de compétences complémentaires coordonnées par un pilote. La parfaite entente entre membres du groupement permet une optimisation des prix des travaux, améliore la rentabilité, facilite la simplification technique et financière de la rénovation. Dans aucune autre industrie, on ne change d'équipe à chaque projet.

L'état d'esprit des entreprises, alimenté par le processus concurrentiel il est vrai, doit évoluer vers plus d'empathie, de collaborations, de connexions. Les réseaux d'entreprises vont se former et se développer pour réunir chaque fois que nécessaire, les complémentarités. La valeur de l'information et de la compétence quitte le noyau pour le réseau. L'intelligence connectée est en marche. Face à la technologie, le facteur humain est au cœur de l'intelligence économique. « *La société naissante s'organise en réseau plutôt qu'en pyramides de pouvoirs, en cellules indépendantes plutôt qu'en engrenages hiérarchiques, au sein d'un écosystème informationnel plutôt que par des filières industrielles linéaires* » (Joël de Rosnay, Ce que va changer la Révolution informationnelle, *Le Monde Diplomatique*, août 1996). Le philosophe Vincent Cespedes parle "d'intelligence connective" « *L'intelligence connective est mue par deux pulsions, jusqu'ici antagonistes mais trouvant une émulation prodigieuse grâce aux nouvelles technologies de communication ; le désir de liberté et le désir de communauté. L'instinct égocentrique et l'instinct grégaire* ». Les entreprises comprennent très vite l'intérêt de se reconnaître et de former des communautés de compétences, même à distance. Pour autant, les procédures d'appel d'offres doivent accompagner les nouveaux usages de communication. La rigidité structurelle de la bureaucratie (comprise comme telle) devra aussi évoluer pour répondre aux enjeux de la modernité.

2.1 Une expérience pilote : Dorémi

Le Dispositif opérationnel de rénovation énergétique des maisons individuelles (Dorémi) soutenu financièrement par la Région Rhône-Alpes, a été mené avec succès depuis le début 2012 sur le territoire de la Biovallée (trois intercommunalités dans la vallée de la Drôme, au sud-est de Valence) avec de nombreux partenaires dont la Capeb et la FFB. Cette expérience se positionne comme un outil de formation-action développé afin de dynamiser le marché de la rénovation très performante des maisons individuelles. Elle part du constat que les artisans ne sont pas organisés aujourd'hui pour proposer aux particuliers une offre de rénovation thermique à la fois claire, performante et cohérente mais aussi, attractive d'un point de vue économique. Depuis le début de cette opération :

- près de 70 artisans ont été formés et 7 groupements opérationnels ont été constitués ;
- plusieurs chantiers de rénovation sont en cours ;
- cette première expérience a permis de conforter la pertinence du dispositif dans le cadre de l'appel à projets Initiatives locales pour la rénovation énergétique.

Le témoignage de Robert Arnaud, vice-président de la Communauté de communes du Val-de-Drôme, membre délégué du comité de pilotage Biovallée éclaire sur les objectifs : « La finalité essentielle est de massifier la rénovation afin de rénover les maisons qui en ont le plus besoin et ainsi d'apporter une contribution considérable à la réduction de nos consommations d'énergie. Cette réduction nous permettrait d'une part d'atteindre les objectifs environnementaux et, d'autre part de réduire la facture énergétique des habitants de notre territoire tout en leur apportant un confort de vie ». « Des effets sur l'économie et l'emploi sont également attendus. Grâce aux travaux de rénovations envisagés, des retombées économiques importantes pourront se faire ressentir auprès des entreprises du bâtiment. On peut aussi espérer le développement d'entreprises nouvelles notamment pour la conception de nouveaux matériaux ».

Côté artisans, les retours sont également positifs comme en témoignent les propos de Philippe Bompard, artisan maçon depuis 30 ans (BBC Sarl) : « C'est la première fois que je vois des collectivités territoriales aller vers les entreprises avec une vraie nouvelle idée et des moyens ». « Lorsque j'explique à des particuliers que je fais partie d'un groupement et que nous travaillons à l'amélioration globale de la performance énergétique de leur maison, le retour est excellent ». « Le dispositif donne à chacun une expertise dont nous n'aurions pas pu disposer seul ».



Figure 20 : Réunion d'un groupement d'artisans

Crédit photo : CCVD/Biovallée.



Crédit photo : CCVD/Biovallée.

Figure 21 : Les artisans du territoire sont formés à la rénovation performante sur un chantier réel

2.1.1 Acteurs et rôles des intervenants de l'opération

- La collectivité territoriale porte le dispositif grâce à un animateur territorial dont le rôle consiste à :
 - mobiliser les partenaires de la rénovation, les artisans et les propriétaires ;
 - identifier sur le territoire un formateur Dorémi ;
 - organiser la formation des artisans ;
 - accompagner les propriétaires pour le montage financier.
- Les partenaires (organisations professionnelles, espaces Info-Énergie, Chambres des métiers et de l'artisanat, etc.) soutiennent la collectivité dans ses actions, notamment en participant au comité de pilotage.
- Les artisans du territoire sont formés à la rénovation performante sur un chantier réel. Ils s'impliquent dans un groupement de compétences avec un pilote et s'engagent à travailler avec le formateur sur l'offre technique et financière.
- Le formateur Dorémi accompagne les groupements sur les chantiers pédagogiques identifiés, afin qu'ils formulent une offre de rénovation performante à prix maîtrisés. Il soutient les groupements lors de la mise en œuvre des travaux.
- Quant aux propriétaires de maisons souhaitant accéder à une offre de rénovation performante, ils soumettent leur projet à la collectivité, qui peut le retenir comme chantier pédagogique si les critères sont validés.

2.1.2 L'essentiel du coût se concentre sur la formation des artisans

Il faut compter environ 3 000 € par artisan pour les 3 jours de formation préalable, 3 analyses de chantiers et 2 chantiers menés à leur terme, soit 1 an et demi à 2 ans de formation-action pour l'artisan. Ces coûts peuvent être, en partie, pris en charge par les organismes de financement de la formation professionnelle. Le coût des travaux est assumé par le propriétaire, avec le soutien des financements existants (pas d'aides complémentaires de la collectivité). Pour mener à bien le lancement et la mise en œuvre du dispositif, la collectivité mobilise un animateur territorial, assure sa formation et prend en charge un accompagnement externe le cas échéant.

2.2 Autre initiative : Ekwation, le cluster éco construction de la région Nord-Pas-de-Calais

De nombreuses initiatives se créent et se développent constamment à travers les Régions qui tendent à proposer une autre manière d'aborder les chantiers. Nous n'allons pas toutes les citer, sachant que le succès ne sera pas partout au rendez-vous mais le plus grand risque est de ne rien tenter pour enrayer l'asphyxie de notre biosystème et la chute de la biodiversité. Nous pouvons évoquer une autre Région, le Nord-Pas-de-Calais, particulièrement dynamique avec son programme Réhafutur, projet expérimental et innovant d'écorénovation faisant appel à des écomatériaux. L'idée est de proposer des solutions de rénovation de l'habitat minier à très hautes exigences énergétiques, environnementales, économiques et sociales à travers la réhabilitation d'une maison d'ingénieur de 1920 (transformant en bâtiment tertiaire ERP appliquant des standards très basse consommation) et la rénovation de six maisons minières types. Tout au long du chantier, un programme d'animation et de formation est prévu. « *Ce véritable laboratoire doit aussi permettre d'apporter une réponse à la question : comment massifier les rénovations tout en restant accessibles aux petites entreprises et artisans ?* » souligne Benoît Loison, président du cluster. La rénovation des 6 maisons minières va être aussi l'occasion d'expérimenter la démarche de conception/réalisation avec des groupements d'entreprises

et sa reproductibilité. « *L'accompagnement au développement de groupements d'entreprises et de l'offre globale font d'ailleurs partie des actions prioritaires de Ekvation. Et nous accompagnons aujourd'hui 10 projets de groupements* », détaille Frédéric Laroche, animateur du cluster.

2.3 De nouvelles règles pour les appels d'offres

Les appels d'offres sont une préoccupation quotidienne pour les chefs d'entreprise ; ils s'inscrivent dans une culture de défiance. Ce système est déviant car il dépend du rapport de force entre les acteurs qui varient selon les périodes. Selon que le marché est florissant ou au contraire dégradé, les prix s'élèvent, ou à l'inverse, sont anormalement bas. Dans ce processus, soit c'est l'entreprise qui gagne par rapport au donneur d'ordres, soit elle passe sous les fourches caudines de ce dernier. Il est souhaitable de s'acheminer vers un système fondé sur la confiance où donneur d'ordres, concepteur et entreprise peuvent jouer dans le même camp avec des rémunérations correctes. Malheureusement, le système des appels d'offres publics conçu en vue d'éviter les connivences n'autorise pas ces rapports de confiance. Or, ce n'est pas en changeant d'équipe à chaque chantier que des gains de productivité sont effectués. Il nous faut entreprendre un transfert organisationnel qui favorise le succès des industries les plus performantes.

Si l'on souhaite que le bâtiment évolue au même rythme que les autres industries, les règles et les attitudes doivent changer. En automobile, en aéronautique, etc. les chaînes de production sont stables. On ne peut pas changer les équipes à chaque match. La désorganisation systémique du bâtiment qui encourage les rapports occultes entre les acteurs, n'incite pas à la modification du Code des marchés publics. Cependant, depuis un quart de siècle le rapport entre les acteurs évolue vers une transparence de plus en plus affirmée. L'évolution technologique va encore accroître cette transparence qui ne pourra que bénéficier à tous les acteurs. On peut déjà voir des maîtres d'ouvrage se regrouper pour passer des marchés (contrats-cadre) coordonnés sur trois ou quatre ans pour faire travailler en continu les mêmes équipes. L'expérience Dorémi apporte la preuve de cette démarche qualifiante. Seul un système fondé sur la confiance et la reconduction des équipes est porteur de gains de productivité.

2.3.1 L'accès des PME aux Partenariats public-privé

Des Partenariats public/privé (PPP) sont apparus depuis une vingtaine d'années en Angleterre et depuis quelques années en France (juin 2004) ; ils entraînent des changements de statuts pour l'entrepreneur : il n'est pas limité à l'exécution des travaux mais devient partenaire financier, participe à la conception, à la construction et à la maintenance de l'ouvrage (à l'ensemble du cycle de vie de la construction). De fait, il est partie prenante dans l'optimisation des performances du bâtiment de la conception à l'exploitation et la maintenance. Cependant, ce type de partenariat ne s'effectue actuellement qu'avec les très grandes entreprises capables d'investir et de mobiliser le financement et les bureaux d'études. Se regrouper et créer un partenariat englobant le financement des travaux et la garantie de performance énergétique représente un enjeu de taille pour les TPE. La Banque publique d'investissement (BPI) doit être attentive à ne pas laisser de côté la majeure partie des entreprises du bâtiment et des travaux publics. Toutes les entreprises qui œuvrent dans le bâtiment doivent pouvoir proposer ce nouveau service. Un groupement issu d'entreprises adhérentes à la FFB Grand-Paris a déjà travaillé le sujet avec la banque du Bâtiment.

Les architectes sont peu friands de ce type de partenariat qui les lie à l'entreprise et qui transforme leurs obligations contractuelles : l'obligation de résultats remplace l'obligation de moyens. Cette nouvelle approche est amplifiée par la RT 2012, la performance énergétique d'un bâtiment est désormais mesurée. Le contrat de conception/réalisation se développe également, en particulier dans le logement social, et va prendre de l'ampleur sur tous les types de chantier. En tout état de cause, l'artisan est trop peu préparé à ces nouvelles dispositions. Pourtant, il devra pouvoir se regrouper avec d'autres collègues, s'engager dans des partenariats avec des maîtres d'œuvre et contracter des chantiers où ses capacités techniques seront appréciées.

Autre solution, la société en participation régie par les articles 1871 à 1873 du Code civil français (SEP) qui pourrait permettre aux artisans ou aux PME d'accéder à des chantiers plus importants mais nécessite une évolution de leur état d'esprit. La SEP a pour vocation de rassembler des personnes morales ou physiques pour réaliser un projet commun : un chantier par exemple ; elle peut être facilement dissoute à l'issue du chantier. Les Grandes entreprises font couramment appel à ce dispositif. Ce sont des outils contractuels à la disposition des artisans et les TPE qui pourraient leur permettre de répondre à des appels d'offres plus importants, voire de répondre en conception/réalisation.

3. Adapter la formation

Les filières habituelles de formation du bâtiment s'avèrent insuffisantes pour adapter le savoir-faire existant aux nouvelles exigences. Une politique volontariste d'ampleur est nécessaire.

La formation en chiffres

Renove

- Formation Renove : 33 000 personnes formées sur 1,5 million d'actifs.

Formation initiale

- Baisse du nombre d'élèves en lycées professionnels inscrits : 5,2 % entre 2005 et 2012.
- Nombre de contrats d'apprentissage : recul de 8 % en 2013, et cette baisse s'est même aggravée au cours des huit premiers mois de l'année 2014 (- 10 %).
- Emploi des apprentis : en février 2013, 65 % des apprentis avaient trouvé un emploi dans les 7 mois suivant la fin de leurs études, et 58 % d'entre eux étaient en CDI.

Enseignement supérieur

- 20 % des étudiants quittent l'enseignement supérieur sans diplôme soit environ 150 000 jeunes à l'université ;
- 25 % des étudiants n'achèvent pas la 1^{ère} année de licence, soit 60 000 jeunes et 85 % de ces jeunes ne se réorientent pas ;
- la probabilité de sortir sans diplôme du supérieur s'élève à :
 - 5 % pour les bacheliers généraux,
 - entre 12 % et 27 % pour les bacheliers technologiques (selon la série),
 - près de 40 % chez les bacheliers professionnels.
- En 2012, le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche a compté :
 - 10 100 étudiants dans les filières générales en plus ;
 - en contrepartie, il déplorait la baisse de recrutement de 4 300 étudiants en bacs technologiques et de 34 000 étudiants pour bacs professionnels ;
 - près de 28 000 titulaires du bac général sortiront sans diplôme ;
 - 43 000 des bacheliers technologiques ne passeront pas de diplôme supérieur ;
 - sur 190 000 bacheliers professionnels 56 % n'obtiendront de diplôme supérieur et rentreront directement, pour la plupart, dans la vie active.

3.1 Revaloriser les filières métiers pour préparer la transition énergétique

Depuis un demi-siècle, la qualité s'est dégradée sur les chantiers ; dans le même temps, les métiers ont connu une déconsidération dans l'opinion publique entraînant une désaffection de la formation professionnelle. L'apprentissage a été touché de plein fouet par la politique volontariste qui a souhaité faire passer le bac à 80 % des classes d'âge. Les bacs professionnels permettaient aux détenteurs d'un brevet d'études professionnels de poursuivre dans la filière. Cette possibilité a été revue à la baisse par la "volonté politique de traitement égalitaire des diplômés" et par méconnaissance de la particularité de l'apprentissage d'un métier manuel.

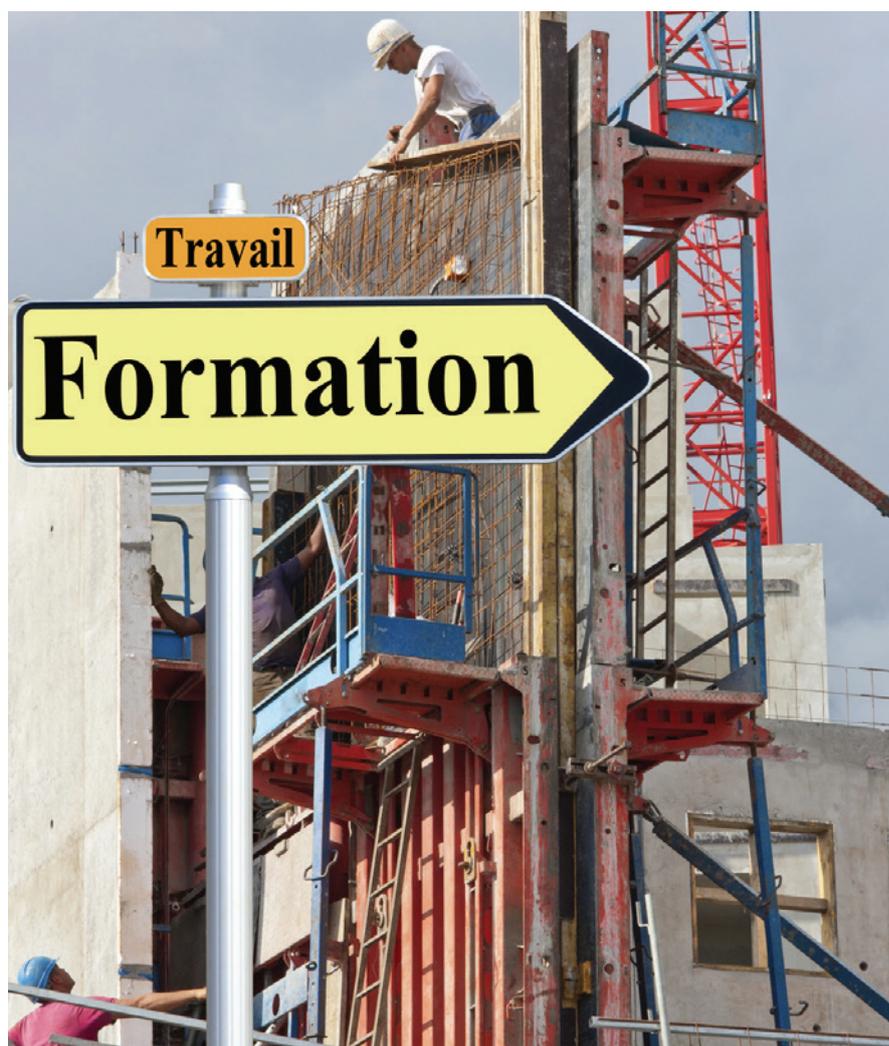
En effet, le bac professionnel se déroule désormais sur 3 ans comme les bacs généraux, alors que précédemment, ils se déroulaient en définitif sur 4 ans en additionnant le BEP sur 2 ans et le bac pro sur 2 ans. La formation pratique des jeunes bacheliers professionnels est, de fait, insuffisante et leur culture de métier, négligée. Ceci alors même que l'évolution du contexte impose de réensemencer les métiers du bâtiment, d'acteurs de bon niveau : complexité des réseaux et des systèmes du bâtiment connecté et de la U-City (Ubiquity-city), nécessité d'une précision du traitement des interfaces liées aux performances énergétiques des bâtiments, importance d'une approche globale de la gestion et de la construction, arrivée prochaine du BIM, prise de conscience environnementale et durable,...

Cependant, la difficulté est de faire comprendre aux décideurs politiques et académiques, la spécificité des métiers manuels. Ces métiers demandent beaucoup d'intelligence en même temps que des aptitudes physiques et manuelles développées et imposent un enseignement différent et spécifique. À l'opposé de l'Allemagne ou de la Suisse, la France n'a pas fait le choix des métiers manuels et a, de fait, porté un coup fatal à son industrie et à ses emplois. Le tout, en pensant bien faire. Le système de sélection basé sur l'évaluation des capacités abstraites, laisse sur le bas-côté des jeunes gens qui pourraient se réaliser dans ces métiers si une autre pédagogie leur était proposée. Il n'y a pas que l'énergie fossile qui connaît une obsolescence programmée : la formation professionnelle connaît elle aussi une obsolescence programmée ; non pas faute de moyens (quoique) mais faute de candidats motivés. Un pan entier de notre jeunesse ne dispose pas d'une formation adaptée. L'énergie de toute une frange de la population est abandonnée alors qu'elle constitue notre grande richesse. C'est une vision nouvelle du monde qui nécessite une transition culturelle.

De fait, le niveau de la formation professionnelle du bâtiment en France a subi une érosion marquée au niveau du corps enseignant, du programme des formations, du niveau des diplômes. Cette baisse de la formation s'est accentuée ces dernières années après la création des baccalauréats professionnels en trois ans qui ne correspond en rien aux besoins de la profession par l'insuffisance de la formation, à la fois manuelle et théorique. Les jeunes entrant dans ces filières sont sélectionnés par défaut à partir des formations générales, une sélection par l'échec et de moins en moins par choix. Ces filières sont considérées par l'Éducation nationale, les parents et la jeunesse comme un pis-aller et les jeunes orientés vers ces filières sont perçus selon leurs camarades comme des «cas sociaux».

3.2 La formation professionnelle continue des acteurs de chantier

Les filières habituelles de formation du bâtiment s'avèrent insuffisantes pour adapter le savoir-faire existant aux nouvelles exigences. Les fédérations regroupant les professionnels cherchent des solutions pour qualifier leurs membres et former les ouvriers. Elles prennent conscience du retard et redoutent de rester sur quai et de rater le train de la rénovation thermique, faute de pouvoir qualifier les entreprises et les salariés. La formation professionnelle continue (FPC) est en pleine mutation. Son coût, son organisation, son efficacité sont remis en cause et la réforme de la FPC est en cours. Chacun, sans justification particulière, pouvait obtenir un numéro d'agrément de formateur sans obligation ni contrôle d'aucune sorte. D'autre part, le niveau des acteurs de chantier a baissé. Or, ils représentent plus d'un million de personnes.



Crédit photo : Fotolia, Unclesam.

Figure 22 : Les filières habituelles de formation du bâtiment s'avèrent insuffisantes pour adapter le savoir-faire existant aux nouvelles exigences.

Face à cette situation, à l'évolution permanente et rapide des techniques, au changement culturel que nécessite le développement durable, une éducation adaptée doit accompagner les acteurs du bâtiment tout au long de leur vie professionnelle. La formation à distance commence à apporter, à ceux qui ne peuvent pas se rendre dans un établissement d'enseignement, des formations à distance, initiales ou continues. Ces formations ont souvent recours aux nouvelles technologies de l'information et de la communication, en particulier pour assurer un tutorat en ligne. Le rôle de ces tuteurs est à la fois technique (utiliser l'environnement en ligne), social pour l'animation notamment, managérial (participer au bon déroulement administratif) et pédagogique (rôle intellectuel lié aux apprentissages). Les meilleurs intervenants peuvent désormais dispenser un enseignement partout à la fois, grâce à Internet :

- les Moocs (Massive open online course : cours en ligne ouvert à tous) ;
- les Moodles (Modular object-oriented dynamic learning environment : Environnement orienté objet d'apprentissage dynamique modulaire). Il s'agit d'une plateforme d'apprentissage en ligne (Learning management system ou LMS) sous licence libre qui sert à créer des communautés s'instruisant autour de contenus et d'activités pédagogiques ;
- le Blended learning (formation en partie en salle et en partie à distance).

Nombreuses sont les possibilités qui nous sont désormais offertes. Des formations se distilleront de l'étranger, tout comme la formation française n'aura plus de frontières. Les organismes de FPC doivent pouvoir délivrer des diplômes, des certificats, des labels qui sanctionneront la formation à distance. La qualité et le renom des organismes sont primordiaux (écoles d'ingénieurs, grandes écoles, Compagnons du devoir, écoles privées de renom, etc.). Les entreprises réclament des labels qui les qualifient et les identifient aux yeux de leurs clients et des acteurs de la filière. Le label Reconnu garant de l'environnement (RGE) constitue une première étape.

La certification et les qualifications gérées par Qualibat sont appréciées mais les artisans attendent d'autres formes de reconnaissances, plus lisibles par leurs clients à l'instar du label Éco-artisan (qualification 8611, Efficacité énergétique Éco-artisan). Ils attendent des labels de type HQE aujourd'hui réservés aux constructions certifiées par Certivéa, Cerqual ou Cequami. Les certificats délivrés par les centres scientifiques, les diplômes d'écoles ou d'organismes reconnus doivent compléter le panel déjà disponible. Les formations à distance offrent donc des possibilités de reconnaissance supplémentaires.

3.3 Nécessité d'une politique volontariste d'ampleur

Le souci du chef d'entreprise de se former et de former son personnel de chantier est un dilemme : pour l'entreprise, un jour de formation en salle est un jour de non-production. Ses capacités financières ne le lui permettent pas le plus souvent. La formation Renove, qui n'est qu'une sensibilisation (indispensable soit !), n'est dispensée qu'à un faible pourcentage (33 000 en janvier 2015 sur 1,5 million d'actifs dont 1 265 000 salariés, 19 000 intérimaires et 265 000 artisans et indépendants) alors qu'elle permet aux entreprises d'accéder au label RGE et à leurs clients d'obtenir l'Éco-PTZ (prêt à taux zéro). Ces dispositions incitatives ne suffisent pas à mobiliser les PME. Or, le travail de fond, la formation qui va permettre la transition énergétique et industrielle nécessite une politique volontariste d'ampleur.

Le déploiement du numérique dans le bâtiment nécessite un gros effort de formation continue des professionnels car, en dehors d'un petit nombre d'acteurs convaincus, la grande majorité des professionnels en activité n'ont pas été formés et n'ont pas eu l'occasion d'utiliser des outils comme la maquette numérique, encore moins le BIM dans leurs métiers. Ce sont des centaines

de milliers d'acteurs qu'il faut former à la pratique de ces nouveaux outils : architectes, ingénieurs, techniciens, entrepreneurs, artisans,...

Les formules de formation continue au numérique sont apparues avec, par exemple, le mastère spécialisé BIM de l'ENPC ou l'ESTP qui s'adressent essentiellement aux ingénieurs et aux architectes ou encore, l'offre couplée du Gepa (formation continue des architectes) et du CSTB. Domolandes, la plateforme régionale de développement durable des Landes a créé une plateforme virtuelle destinée aux PME du bâtiment (inaugurée le 5 décembre 2014). Quant à "BI", la borne numérique de BigMat, elle est destinée aux artisans et aux PME. Ces formations nécessitent en complément, une présence physique.

Pour les professionnels en exercice, la piste des formations en ligne ouvertes à tous est à explorer. C'est un moyen de former les professionnels en masse, à leur rythme et en évitant les déplacements. Le mastère spécialisé MS BIM, habilité par la Conférence des grandes écoles auquel participent plusieurs ENSA (Toulouse, Marseille, Paris-Val-de-Seine), s'apprête à diffuser certains de ses cours en ligne. BigMat souhaite recourir en partie au e-learning pour former les artisans à la pratique du numérique. D'autres formations de ce type doivent englober l'ensemble de l'écosystème : agences d'architecture, bureaux d'études, maîtres d'ouvrage, économistes, entreprises, gestionnaires de patrimoine, industriels, etc.

3.3.1 Acculturer artisans et PME pour prendre le tournant du numérique

Les industriels, fournisseurs et distributeurs s'organisent pour pallier la carence de la FPC. Les formations courtes (1 journée ou 2 au maximum) suffisent à satisfaire les besoins (de base) des professionnels. Les produits et les techniques nouveaux sont, le plus souvent, enseignés par les distributeurs de matériaux. Des démonstrateurs (ou applicateurs) sont sollicités par les entreprises pour réaliser concrètement sur les chantiers, face aux ouvriers (avec application immédiate par les ouvriers), la mise en œuvre de ces produits ou systèmes. C'est ce type de formation qui convient le mieux, au sens pratique et concret du personnel de chantier et des artisans.

C'est cette approche qui doit être reproduite pour répondre à la nécessité de transition énergétique et durable. Le souci est donc aujourd'hui, non pas de former manuellement les acteurs de chantier, qui sont pris en charge par les industriels et les distributeurs, mais bien de les acculturer, de leur donner les clés de la transition énergétique et industrielle, de leur faciliter l'accès aux informations concernant les principes constructifs, les normes, les labels et les certifications. La préoccupation est aussi de leur transmettre les nouveaux principes de management, tenant compte des interfaces avec les autres corps de métier. Enfin, de les préparer à la révolution du BIM.

Par ailleurs, l'accès aux informations demeure complexe. Or, tous les artisans sauf exception possèdent une connexion Internet. Et comme nous l'avons mentionné, la plupart des ouvriers est munie d'un Smartphone personnel ou professionnel. Le sujet est donc d'initier les acteurs de chantier à la recherche des informations. Dans un premier temps, les aider à configurer leurs ordinateurs ou leurs Smartphones les incitera à modifier leur approche professionnelle.

Les artisans, les PME et les ouvriers du bâtiment doivent s'approprier les outils qui sont et seront mis à leur disposition faute de quoi, ils passeront à côté de l'ère de la révolution numérique et seront relégués dans une position inférieure augmentant leurs frustrations. Les « animateurs territoriaux » en mesure de visiter les entreprises artisanales et les PME, auront dès lors, un rôle de premier plan dans le passage à l'industrie numérique.

3.3.2 Plateforme virtuelle de formation à distance : le changement de paradigme

Les défis de la performance énergétique dans le bâtiment offrent un gisement d'emplois qualifiés et non délocalisables qui poussent à investir dans le développement de « l'intelligence du geste ». En cohérence avec les dispositifs existants de formation professionnelle, des partenariats entre les territoires (villes, départements, cantons, communautés de communes, régions) et les acteurs de la formation sont à bâtir afin de développer un réseau de « plateaux techniques de formation au geste » et d'accompagnement à la mise en œuvre. Les professionnels du bâtiment doivent s'adapter aux exigences des normes environnementales et à celles de la transition énergétiques ; ils doivent aussi, nous l'avons vu, appréhender autrement les interactions (interfaces) entre les acteurs de l'industrie du bâtiment. Un écosystème se forme actuellement à tous les niveaux, dans toutes les strates.

De nombreux mastères spécialisés agréés par la Conférence des grandes écoles (pour ne parler que de ceux-là) tournent par exemple, autour du développement durable et de la transition énergétique du bâtiment. Ces cours dispensés en formation continue, destinés généralement à des ingénieurs ou des architectes qui ont quelques années d'expérience, se déroulent en 450 h au minimum. Or, il est indispensable de mettre en exergue un paradoxe afin de bien poser le problème de la démarche pour la qualification sur les chantiers : les artisans et les PME sont considérés compétents après 3 jours de formation Renove soit 24 h. Nous attirons l'attention sur ce point, car il nous semble important de saisir la différence de traitement entre des adultes d'un niveau bac + 5 et les artisans qui ne sont pas sélectionnés en fonction de leur niveau d'étude. Par ailleurs, rappelons qu'il n'est toujours pas nécessaire aux artisans et PME du bâtiment de détenir un diplôme attestant d'une formation professionnelle (brevet professionnel ou de maîtrise) pour être autorisés à créer son entreprise.

3.3.3 Mutation de la matière première aux compétences

Les acteurs de chantiers doivent s'inscrire dans un projet de formation "tout au long de la vie" afin d'accompagner la mutation de leur métier. C'est en termes de compétences qu'il faut donc aborder la formation des artisans et des ouvriers du bâtiment. Traditionnellement, les corps de métiers sont définis par la matière première qu'ils travaillent et c'est encore la logique qui préside aujourd'hui, la plupart du temps, à la définition des programmes de formation continue ou initiale. Cette logique convient encore parfaitement aux métiers de la restauration des monuments historiques, par exemple, ou de la rénovation du bâti ancien (quoi que)...

Les compétences d'un maçon qui réalise des enduits *a fresco* et de celui qui évolue sur un chantier de préfabrication ne sont pas comparables. Leur approche diffère, leurs compétences ne sont pas les mêmes. Ils portent tous les deux la même dénomination, sans pour autant connaître les mêmes techniques. En fait, ce sont deux métiers différents. Nous pourrions ainsi effectuer les mêmes comparaisons dans tous les métiers : le menuisier qui rénove un escalier dans le château de Versailles et le poseur de baies vitrées, possèdent tous les deux la même dénomination sur leur contrat de travail. Il n'est pas question, là, de poser des échelles de valeurs mais de bien comprendre la manière d'aborder la formation. Les Compagnons du devoir ont déjà créé pour leur part, "Aquisav", une plateforme virtuelle qui prend en compte ces combinaisons de compétences pour la formation de leurs jeunes.

Il me semble que le personnel qui évolue sur les chantiers "neufs" sera de moins en moins manuel et de plus en plus technique. Ceci compte tenu de l'industrialisation des procédés qui se développent, de l'hybridation des systèmes, de la technicité des process, de la technologie de communication qui arrive à grands pas sur ce type de chantier. Il n'y aura plus véritablement de maçons, de charpentiers, de menuisiers, de couvreurs sur les chantiers de constructions neuves mais des assembleurs, des ensembliers, des poseurs capables d'associer des matériaux différents et de connecter des systèmes. Des techniciens supérieurs intégrés à un écosystème au centre duquel Internet et la connectique détient et détiendra encore plus un rôle majeur et central.



Crédit photo : Fotolia, Pictures News.

Figure 23 : Notre patrimoine est devenu un atout économique. Restauration d'une église.

À l'opposé et dans le même temps, se développe un courant écologique qui redécouvre les matériaux locaux, les savoir-faire locaux et traditionnels. L'écoconstruction est citée comme étant apparue à la fin des années 1960, ce qui montre bien la rupture culturelle qui s'est produite : les maçons ou les charpentiers de campagne tout comme les paysans n'ont jamais cessé de faire de l'écoconstruction... Le mouvement qui s'est réengagé après un quart de siècle de reconstruction rapide a pris timidement conscience qu'il devenait urgent de réduire notre dépendance aux énergies fossiles. Aujourd'hui, globalement (dans notre pays) notre conscience s'est affirmée : les techniques anciennes sont redécouvertes. Notre patrimoine est devenu un atout économique et les Français ont pris goût, s'ils l'avaient un jour perdu, à la rénovation du patrimoine ancien. L'association des Maisons paysannes de France comme toutes les associations qui interviennent dans les centres villes historiques ont réalisé un travail pédagogique et politique considérable. Aussi redécouvre-t-on l'intérêt des murs épais et leur capacité de régulation hygrométrique, thermique ou phonique, des murs en terre, en paille, en chanvre, en bois désignés par un néologisme : le biosourcé... Cependant, il n'y a pas d'écoconstruction sans intelligence et sans conscience professionnelle. La qualité de la pose, les interfaces, le traitement des ponts thermiques doivent être au niveau de la performance des produits.

Les règles de l'art vont au-delà du Grenelle de l'environnement, il s'agit d'une manière de construire, de vivre et de penser. Les artisans, les acteurs de chantiers qui évoluent sur la partie la plus importante du bâtiment, c'est-à-dire la rénovation et la réhabilitation doivent être animés par "l'amour du bel ouvrage". C'est en cela que le développement sera socialement et socialement durable en même temps que seront maîtrisées consciencieusement les techniques. C'est en cela, qu'en relevant leur niveau technique, nos artisans et nos ouvriers du bâtiment qui évoluent en rénovation, verront se profiler un avenir enthousiasmant. De ce point de vue, les métiers manuels seront les premiers bénéficiaires du développement durable. Mais il reste beaucoup à apprendre et à redécouvrir des techniques aujourd'hui perdues. Ces techniques devront être disponibles sur une plateforme virtuelle comme toutes les autres techniques.

Pour conclure, nous distinguons quatre catégories de compétences liées à quatre types de chantiers habituellement rencontrés. À ces quatre catégories de compétences, il faudrait d'ores et déjà ajouter l'exploitation et la maintenance qui nous semble-t-il, font appel essentiellement à des compétences techniques plutôt que manuelles. Si les termes employés peuvent être discutés, il paraît cependant intéressant de s'arrêter sur la démarche. Les quatre catégories sont donc les suivantes :

- la construction neuve (mise en œuvre de plus en plus par des techniciens plutôt que des manuels) ;
- la réhabilitation (qui couvre la mise à niveau technique et la rénovation énergétique des bâtiments d'après-guerre et qui fait appel à de nombreux techniciens et quelques manuels pour les travaux de finitions et de second œuvre) ;
- la rénovation concerne de notre point de vue le patrimoine bâti ancien qui fleurit dans tous les villages de France, dans toutes les villes historiques et nécessite une haute qualification manuelle sans pour autant négliger la rénovation énergétique et technique ;
- et enfin, la restauration des monuments historiques classés ou inscrits qui fait appel aux meilleurs manuels.

De notre point de vue, être un manuel c'est s'approprier le patrimoine vivant et le choyer. La matrice qui pourrait être développée ressemblerait au tableau ci-après. Prenons l'exemple du métier de maçon.

La montée en compétences des acteurs de chantier

Tableau 6 : Matrice des compétences métier en fonction du secteur d'intervention

| | | <h1>Maçon</h1> | | | | |
|-------------------------|---|--------------------|----------------|--------------|---------------------|--------------------------|
| | | Construction neuve | Réhabilitation | Restauration | Monument Historique | Entretien et maintenance |
| Dessin technique | Connaître la définition des dessins de coffrage | X | X | X | X | X |
| | Connaître et effectuer les représentations particulières aux dessins de coffrage | X | X | X | X | X |
| | Connaître les règles de représentation et leurs symboles graphiques des dessins d'armature | X | X | X | | X |
| | Effectuer une coupe schématique repérée sur un plan de coffrage | X | X | X | X | X |
| | Lire, décoder et comprendre un plan de coffrage simple pour une maison individuelle | X | | | | |
| | Lire, décoder et comprendre un plan de réseau simple en assainissement collectif sous dalle et en extérieur | X | | | | X |
| | Lire, décoder et comprendre un plan de poutraison (plan de pose de plancher à corps creux) | X | X | X | | X |
| | Lire, décoder et comprendre un plan d'armature de poteau ou de poutre | X | X | X | X | X |
| | Lire, décoder et comprendre un plan d'armature de balcon | X | X | | | |
| | Réaliser une coupe de détail d'exécution d'un dallage sur terre-plein | X | X | X | X | X |
| | Réaliser une coupe de détail d'exécution de l'armature, d'une poutre ou d'un poteau | X | X | | | |
| | Réaliser une coupe de détail d'exécution d'un plancher préfabriqué suivant différents cas | X | | | | |
| | Réaliser une coupe de détail d'exécution d'une baie de l'allège au linteau suivant différents cas | X | X | X | X | X |
| | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Finition | Réaliser une chape rapportée au sol destinée à rester nue avec une finition talochée ou lissée | X | X | X | X | |
| | Réaliser la pose de dalles de gravillons lavés y compris le tirage de la chape au préalable de la pose des dalles | X | | | | |
| | Réaliser des dressements au mortier au pourtour des baies afin de permettre la pose des menuiseries | X | X | | | |
| | Réaliser des pièces d'appuis saillantes avec des moules bois ou métalliques | | X | X | X | |
| | Réaliser des pièces de seuils avec nez arrondi et finition lissée ou bouchardée | | X | X | X | |
| | Réaliser une pièce de chaperon en pyramide avec une finition lissée | | X | X | X | |
| | Réaliser des pièces d'appui de fenêtre en briques ou éléments adaptés | X | X | X | | |
| | Exécuter de petits ouvrages (appuis, seuils, béquets, goutte d'eau, reingot?) | X | | X | | X |
| | Poser les diverses grilles de ventilation sur une façade | X | X | | | |
| | Réaliser les couronnements de mur en béton lissé | X | X | X | | X |
| | Poser des éléments de décoration type claustra | X | | | | |
| | Mettre en place des carottes dans les trous de banches | X | | | | |
| | Ragréer les parements | X | | | | X |
| | Reprendre les cueillies, les pieds de murs, les balèvres, les joints de coffrage | X | | | | |
| | Sceller et calfeutrer une charpente, une menuiserie, un élément de plomberie, etc. | X | X | | | X |
| | Réaliser des chapes incorporées | X | X | X | | |
| | Traiter les joints de préfabriqués (prédalles?) | X | | | | |
| | Nettoyer les huisseries incorporées | X | | | | X |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

L'utilisation de cette matrice permettrait d'accéder à une série de compétences indispensables à la qualité des ouvrages mais aussi à la réalisation personnelle des gens de métier. Ces compétences doivent pouvoir être acquises très rapidement et souvent sur leur lieu de travail. En effet, la plupart du temps, la problématique n'est pas d'acquérir un tour de main qui ne peut s'acquérir que par transmission, de "connaissant à apprenant", face à face, par répétitions, corrections et imprégnation. Mais elle est de comprendre les différentes étapes, la méthode qui permettra de réaliser le travail selon les règles de l'art, consciencieusement, les étapes à ne pas rater.

Avec des règles de l'art complètement traduites en dessins, plans de détails, animations et films, nous passons de la civilisation de l'imprimerie et du livre, à celle d'Internet et de l'animation. Les sources d'information actuelles sont dans leur forme, leur support et leur contenu, largement inadaptées à ce profil d'utilisateur. Cette situation est particulièrement préjudiciable lorsqu'il s'agit de construire selon des dispositions nouvelles, non couvertes par le domaine traditionnel. Les frontières entre les métiers s'amenuisent, de plus en plus d'interactions et d'actions transversales prennent leur place sur les chantiers (le qui fait quoi doit être redéfini : celui qui fait est celui qui a la compétence).

4. Proposition d'une plateforme de formation continue à distance

Il nous semble donc important de déployer une plateforme virtuelle de formation à distance basées sur les compétences des métiers du bâtiment durable. La démarche consiste à :

- identifier et découper en compétences l'acte de construire, réhabiliter, rénover, restaurer, entretenir et maintenir ;
- hiérarchiser ces compétences et les rattacher à des métiers, des emplois et des secteurs d'activités ;
- créer un contenu pédagogique parfaitement adapté aux utilisateurs, privilégiant des supports image et vidéo ;
- bâtir un processus de navigation convivial, à partir de contenus qui soient contextuels, (permettant aux acteurs d'accéder simplement à l'information depuis le chantier). Le transmetteur et l'apprenant pourraient ainsi interagir en temps réel.

Dans un deuxième temps, cette plateforme pourrait être en partie ouverte. Le sachant quel qu'il soit doit être en mesure de transmettre son savoir à celui qui est en recherche d'informations ou de formations, à l'image de Wikipédia. L'artisan, le chef de chantier, le chef d'équipe, etc. (toutes personnes ayant des connaissances et/ou un savoir-faire à transmettre) assurent un rôle d'enseignant. On peut suggérer la création d'une chaîne de connexion de sachants : les "Tutos du bâtiment" par exemple.

Les mises en pratique sont immédiatement appliquées sur le chantier, au sein de l'entreprise ; la théorie serait disponible en ligne sur la plateforme utilisant des modèles différents selon la compétence à acquérir (vidéo, contenus interactifs, e-learning, Mooc, blended learning, etc.). En décembre 2014, dans la continuité du rapport Rénovation énergétique et filière bâtiment conduit par Sabine Basili et Ingrid Nappi-Choulet, l'Ademe et le Plan bâtiment durable (PBD) ont initié une étude participative sur les "MOOC" (apprentissage par l'utilisation du numérique et des réseaux sociaux). L'objectif de l'étude est de soutenir la dynamique, en encourageant l'émergence de MOOC sur des sujets considérés comme essentiels pour la filière et en facilitant l'émergence d'une plateforme numérique, permettant de regrouper ces MOOC sur le bâtiment durable. Une communauté dédiée a été créée sur le réseau Construction21 et les productions sont progressivement mises en ligne. Lors du premier "MOOCamp" dédié au bâtiment durable du 3 mars 2015, quatre projets ont été sélectionnés et ont fait l'objet d'un travail collaboratif : le BIM pour tous (intitulé "bim go"), introduction au label RGE (qui s'est transformé en "mon projet de rénovation" pour les particuliers), projet de rénovation BBC, utilisateurs écoresponsables.



Crédit photo : Fotolia, apoops.

Figure 24 : La formation théorique pourrait être disponible en ligne sur la plateforme utilisant des modèles différents selon la compétence à acquérir.

Il est essentiel que le contenu et la forme de cette plateforme soient parfaitement adaptés aux utilisateurs de terrain, selon les principes suivants :

- privilégier l'aspect didactique et ergonomique de l'interface, utilisable sous forme d'applications pour Smartphones et tablettes ;
- côté contenu, plus qu'un outil de suivi, la plateforme se doit d'être un outil de formation comprenant :
 - une fiche-profil permettant d'optimiser le suivi de l'apprenant,
 - un moteur de recherche permettant d'obtenir la liste des compétences à valider pour atteindre son objectif.

- des compétences en lien avec les métiers, les secteurs d'activité, les emplois, les diplômes et les spécificités souhaitées (chaque compétence comporte un descriptif, un positionnement, une évaluation, une validation et une documentation) ;
- toutes les compétences sont hiérarchisées selon leur niveau et les prérequis nécessaires à l'acquisition de ces dernières ;
- chaque utilisateur en fonction de son niveau, de ses connaissances, de ses compétences et de son savoir-faire accédera au niveau d'information et de formation correspondant.

Pour se déployer largement, le concept doit tout d'abord, reposer sur des technologies courantes (en premier lieu Smartphones ou tablettes) ; mais à plus long terme, des technologies de réalité augmentée (lunettes connectées, hologrammes, etc.) pourraient être mises à profit sous réserve d'être d'usage courant.

4.1 Formateurs régionaux : une Cellule de coordination des plateaux techniques de formation aux gestes

Cette plateforme virtuelle serait gérée par une cellule de coordination des plateaux techniques territoriaux. Dès lors la cellule de coordination devient un support qui assurerait la remise à niveau permanente des transmetteurs et le suivi à distance. Dans ce processus, des alertes sont envoyées selon le profil de chaque utilisateur. Le suivi serait assuré sous forme d'abonnement. Cette cellule est indispensable afin de former et de répondre aux interrogations des formateurs régionaux, de les informer des évolutions et des innovations. Elle doit être un centre de ressources, d'assistance technique et pédagogique à l'instar des assistances téléphoniques mises à disposition par les fournisseurs d'accès Internet.

4.2 Plateaux techniques territoriaux de formation aux gestes : préparer la révolution technologique

À l'image des Centres de gestion agréée (CGA, 610 organismes regroupant 1,2 million de professionnels), des Plateaux techniques de formation aux gestes pourraient être déployés sur tout le territoire. Aujourd'hui, si les artisans et PME ont besoin d'assistance en matière de gestion et de prévention dans le domaine fiscal, ils ont besoin plus encore d'une assistance dans le cadre de la révolution technologique et systémique qui bouleverse leurs repères, influence leur productivité et leur rentabilité en même temps que leur taux de sinistralité. Car au-delà des formations en salle, c'est sur le terrain que le défi sera relevé.

L'expérience pilote de la Drôme (Dorémi) soutenue par la Région Rhône-Alpes apporte une solution riche d'enseignements, en particulier quant à la définition de la mission des animateurs territoriaux capables d'intervenir dans les entreprises (techniciens recrutés ou coordonnés par la plateforme). Ces animateurs-formateurs jouent un rôle d'auditeurs en mesure d'effectuer l'état des lieux, de diagnostiquer et d'établir un programme d'amélioration des entreprises. Parfaitement formés et coordonnés, ils doivent être conscients de leurs manques et capables d'aller chercher des ressources complémentaires.

Les intervenants de ces Plateaux techniques agréés (PTA) doivent être en mesure de faire appel à une cellule de coordination et de fournir à la demande, des informations, des conférences vidéo, des outils mesurant la performance énergétique. Ils doivent être initiés aux logiciels simplifiés de calcul, aux abaques en 3D, etc. Ces PTA doivent répondre à un appel de candidatures sur un cahier des charges décrivant les conditions exigées :

- le type de locaux et les équipements ;
- les références des formateurs ;
- les programmes des formations ;
- les engagements sur la responsabilité sociale et sociétale du candidat, (ISO 26 000) ;
- les connaissances sur le management de la performance énergétique, (ISO 50 001 ou encore ISO 14 001), etc.

Les organismes qui sont sensés enseigner les bonnes pratiques doivent, au minimum, avoir entrepris une démarche environnementale.

4.3 Le module Renove

En plus de s'appuyer sur la Plateforme de formation à distance, la première marche du dispositif doit commencer par le module Renove-FEE Bat. La formation aux économies d'énergies des entreprises et artisans du bâtiment a été mise en place afin que ces acteurs soient en mesure de proposer à leurs clients des analyses énergétiques globales et des solutions intégrées d'amélioration énergétique. Renove constitue l'un des modules de l'offre de formation de ce dispositif. Son objectif est d'initier le personnel de chantier à la maîtrise énergétique d'un bâtiment dans le contexte du Plan de rénovation énergétique de l'habitat, de connaître les technologies clés, de savoir expliquer le projet de rénovation énergétique dans une approche globale.

Les Ateliers des Compagnons du devoir et de la Fédération compagnonnique des métiers du bâtiment, les centres de l'Association nationale pour la formation professionnelle des adultes (AFPA), les Centre de formation des apprentis (CFA), Praxibat (les plateformes de l'Ademe), etc., sont déjà en capacité d'assurer des formations sur le terrain. La valise pédagogique à fournir, doit contenir tous les outils techniques qui permettent de contrôler la performance énergétique d'un bâtiment, son étanchéité à l'air, qui mettent en évidence les points sensibles, en particulier les ponts thermiques, insistent sur les interfaces entre les différents corps d'état, etc. D'ailleurs, cette formation est désormais transmise par les réseaux de distribution de matériaux. Rien ne s'oppose donc plus à sa généralisation rapide.

Cependant, les formations courtes Renove sont des initiations. Elles doivent être complétées par une présence des formateurs en entreprise. Tous les artisans et les ouvriers sont équipés de tablettes ou de Smartphones. Ils doivent être initiés à l'utilisation de l'information et accompagnés dans la consultation des sites, de la plateforme virtuelle de formation à distance, de Batipédia, de la lecture des animations, de l'emploi des logiciels et des applications. Les formateurs des plateformes techniques devront amener les entreprises à changer leurs habitudes, à s'acculturer, à effectuer cette transition culturelle.



Crédit photo : Lithias.

Figure 25 : Des plateaux techniques de formation aux gestes pourraient être déployés sur tout le territoire

5. Quelle place pour l'apprentissage ?

L'apprentissage présente des blocages qu'il conviendrait de lever. Nos voisins européens ont des approches diamétralement opposées aux nôtres en matière d'apprentissage.

5.1 Apprentissage : un levier de compétitivité sous-estimé

Du côté des jeunes, l'apprentissage leur permet d'acquérir des compétences très proches des besoins des entreprises, ce qui facilite leur insertion professionnelle. En février 2013, 65 % des apprentis avaient trouvé un emploi dans les sept mois suivants la fin de leurs études, et 58 % d'entre eux étaient en CDI. Compte tenu de ces résultats positifs sur l'emploi des jeunes, le développement de l'apprentissage constitue depuis de nombreuses années un enjeu prioritaire pour les pouvoirs publics. « *Pourtant, le dispositif est aujourd'hui enrayé : les signatures de contrats d'apprentissage ont reculé de 8 % en 2013, et cette baisse s'est même aggravée au cours des huit premiers mois de l'année 2014 (- 10 %)* ». (La voie pro pour les nuls ? Thibaud Bidet-Mayer, Louisa Toubal, La fabrique de l'industrie, *La gazette de la société et des techniques*, n° 80 janvier 2015).

Si l'apprentissage souffre de l'image dégradée du bâtiment, le dispositif lui-même reste trop peu valorisé en France. Au-delà des campagnes de promotion de l'apprentissage auprès du grand public, les structures en charge de l'orientation, qui dépendent de l'Éducation nationale, doivent davantage promouvoir ces filières de formation. Cela ne sera possible que si l'on revient sur cet objectif de la loi Jospin, suivant lequel 80 % de chaque classe d'âge doit accéder au baccalauréat. Sans aller jusqu'à une remise à plat complète du système, il devient urgent de lever certains blocages. L'Éducation nationale est aujourd'hui souvent conduite à placer les élèves dans "ses" formations en lycées professionnels, introduisant ainsi une certaine forme de concurrence avec les centres de formation en apprentissage (CFA). Ces deux filières de formation n'ont pourtant pas les mêmes objectifs en termes d'acquisition de savoir-faire et de compétences.

5.2 Inadaptation du système de formation professionnelle : comparaison avec l'Allemagne et la Suisse

En Suisse et en Allemagne, l'enseignement professionnel est fortement valorisé dans la société, apprécié des jeunes et des employeurs. Dans ces pays, près des deux tiers des élèves d'une classe d'âge choisissent cette voie à l'issue de leur scolarité obligatoire. En France, ce type de formation est vu en général comme une voie de garage, vers laquelle les jeunes sont orientés par défaut. Faire de la filière professionnelle une voie d'excellence est une nécessité pour répondre aux centaines de milliers d'offres d'emplois non pourvues dans l'industrie. C'est aussi un moyen d'accompagner les industriels dans les mutations auxquels ils font face. (La voie pro pour les nuls ?, Thibaud Bidet-Mayer, Louisa Toubal ; La fabrique de l'industrie, *La gazette de la société et des techniques*, n° 80, janvier 2015).

5.3 Construire un système en adéquation avec les besoins de l'économie à l'image de la Suisse

Le modèle de formation suisse est unanimement reconnu pour son efficacité. Une des clés de sa réussite tient à la large participation du monde économique dans son pilotage. À l'instar de l'Allemagne, le système éducatif est principalement proposé dans un format dual, combinant des études à temps partiel dans une école professionnelle et des apprentissages en entreprise. Près des deux tiers des jeunes Suisses choisissent l'apprentissage à l'issue de la scolarité obligatoire (15 ans).

C'est aux employeurs qu'il appartient de définir le contenu de la formation et des qualifications requises en vue de l'obtention du certificat. Par conséquent, les 250 formations proposées tiennent compte des besoins du marché du travail. Le système dual favorise l'employabilité des jeunes, car il existe en Suisse un véritable marché des places d'apprentissage, au sein duquel le nombre de places ouvertes est fixé par les entreprises en fonction de leurs besoins. Le système comporte bien d'autres avantages : étant orienté vers la pratique, il permet à des élèves moins scolaires de développer d'autres types de compétences. Il permet également aux entreprises d'embaucher des jeunes tout en économisant sur les coûts liés à l'insertion dans le monde du travail. La formation duale permet à la fois d'assurer la disponibilité d'une main-d'œuvre qualifiée et de lutter contre la pénurie de spécialistes observée dans la plupart des pays voisins.

La formation en alternance existe aussi en France, me direz-vous ! En Suisse et Allemagne, entrer dans un métier n'est pas un pis-aller. La plupart des chefs d'entreprise sont passés par l'apprentissage qu'ils contrôlent afin que la formation théorique réponde à l'évolution des métiers. Un apprentissage non pas académique comme il se développe en France depuis une décennie (on peut désormais faire un apprentissage de banquier ou d'ingénieur informatique par exemple) mais un apprentissage de métier manuel ; ce qui n'empêche personne de reprendre le cursus académique ensuite. La plupart des ingénieurs allemands sont passés tout d'abord par l'apprentissage d'un métier avant de faire leur formation d'ingénieur. L'ingénieur et l'ouvrier parle donc le même langage ; des jeunes brillants peuvent choisir de poursuivre un cycle long, mais il n'est pas rare pour eux de choisir de se réaliser dans l'atelier ou le chantier. C'est le véritable secret de la deutsche qualität. Une approche diamétralement opposée difficile à comprendre et à admettre pour un Français formaté par un système fondé sur la sélection par l'échec.

Enfin, il faut noter que la formation professionnelle et la formation académique ne sont pas en concurrence mais se complètent, ce qui offre aux apprentis des perspectives de carrière attrayantes et non déterminées exclusivement par leur diplôme initial. De nombreux dirigeants de grandes entreprises suisses sont d'ailleurs connus pour avoir débuté leur carrière par l'apprentissage : Monika Walser, aujourd'hui PDG du groupe Freitag, est par exemple entrée sur le marché du travail après une formation en couture, Sergio Emotti, PDG de la banque UBS, a pour sa part débuté sa carrière à 15 ans avec l'équivalent d'un bac professionnel passé en alternance. Ces trajectoires expliquent que 75 % des jeunes Suisses considèrent que l'apprentissage permet de garder toutes les options ouvertes en termes d'évolution de carrière. Certes, le système de formation suisse s'est construit dans un contexte historique et culturel bien particulier rendant toute transposition difficile, mais la France peut en tirer certains enseignements. « *L'expérience suisse montre en particulier l'importance du dialogue social et de la collaboration entre le système éducatif et la sphère économique pour adapter les formations aux besoins des industriels, mais surtout valoriser ces filières auprès du grand public et des jeunes* ». (La voie pro pour les nuls ?, Thibaud Bidet-Mayer, Louisa Toubal, La fabrique de l'industrie, La gazette de la société et des techniques, n° 80 janvier 2015.

5.4 La Révolution 4.0

L'expression « Troisième révolution industrielle », popularisée par Jeremy Rifkin désigne une nouvelle révolution industrielle et économique qui se distinguerait des secteurs d'activité classiques de la production et aurait démarré au milieu du XX^e siècle avec le développement des nouvelles technologies de l'information et de la communication. C'est l'introduction des technologies mécaniques utilisant la vapeur d'eau qui a permis, via l'imprimerie et les transports (train, courrier) un bond de l'information et de la communication et l'émergence d'outils et de principes qui ont permis la Première révolution industrielle. Les journaux, magazines et livres ont facilité l'alphabétisation de masse pour la première fois dans l'histoire.

Dans la première décennie du XX^e siècle, se dessine une convergence entre moteur à combustion interne et réseaux électriques (permettant la commutations et communication électriques, dont téléphonique). Cette convergence de deux innovations techniques donne lieu à la Seconde révolution industrielle. La Troisième révolution industrielle naît, selon Rifkin, d'une convergence des technologies de la communication (Internet/satellites notamment) et des énergies renouvelables, propres et sûres.

Le concept allemand ajoute l'idée de l'automatisation qui s'est produite dans les usines dans la deuxième moitié du XX^e siècle. La quatrième Révolution industrielle ou 4.0 développe, pour l'industrie allemande une démarche de l'usine intelligente, caractérisée par une interconnexion des machines et des systèmes au sein des sites de production mais aussi entre eux et l'extérieur (clients, partenaires, autres sites de production). Le concept a été mis en évidence pour la première fois lors la foire de Hanovre (salon de la technologie industrielle) de 2011. En 2013, un rapport décrivant le concept a été présenté par un groupe de travail transdisciplinaire à la foire de Hanovre.

Le rapport final du groupe de travail Industrie 4.0, distingue de son côté deux grandes tendances ayant un impact important sur les tâches et les compétences :

- une insertion du processus de production classique très segmenté dans une organisation différente, enrichie en termes de fonctions, de décision, de coordination, de contrôle et de services attachés ;
- un besoin d'organisation des interactions entre les machines réelles et virtuelles, du pilotage des installations et de la gestion de la production.

L'industrie automobile est aujourd'hui la plus avancée dans ce processus de transformation. Un sous-traitant comme la société Festo, membre du groupe de travail Industrie 4.0, imagine déjà des collaborateurs déambulant dans l'usine avec des appareils mobiles constamment abreuvés en informations individualisées... permettant par exemple de surveiller en temps réel la consommation en énergie d'une machine et leur permettant d'intervenir immédiatement en cas d'irrégularités.

Mais cette transformation sera progressive, comme le souligne le Professeur Wolfgang Wahlster : « *la plupart des usines existantes seront modifiées petit à petit, les anciens systèmes de pilotage de la production étant remplacés par plusieurs systèmes cyber-physiques pour atteindre une plus grande flexibilité et capacité d'adaptation dans la production de séries plus petites.* »

5.4.1 Quelles compétences attendues et pour quoi faire ?

Le travailleur 4.0 devra résoudre des problèmes de disponibilité, de sécurité et de qualité de l'information dans une usine 4.0 dont les installations virtuelles et réelles seront d'une grande complexité. Cette capacité de résolution de problèmes demandera d'abord une montée en gamme des compétences, plus de connaissances et de qualifications dans des domaines comme l'ingénierie des systèmes et l'infrastructure IT (infrastructure informatique), les logiciels et la sécurité des données et des flux. Mais au-delà du "plus de connaissance", l'enjeu principal de la formation dans le cadre de l'Industrie 4.0 réside dans le développement de profils interdisciplinaires voire hybrides.

L'usine connectée impliquera des hiérarchies plus plates et une montée en puissance du travail collaboratif où la qualité relationnelle entre les collaborateurs 4.0 deviendra cruciale. Les "compétences sociales" seront essentielles, voire une forme de leadership pour la gestion de projets. Comme le reconnaît le rapport final du groupe de travail Industrie 4.0 : « *La capacité à détecter des domaines d'application dans des branches différentes, et à mobiliser des partenaires de développement dans un contexte global deviendra prioritaire par rapport à la figure du spécialiste concentré sur son domaine technologique* ».

Le développement de compétences interactionnelles favorise autant la qualité des interactions humaines que la capacité à décider vite et bien en prenant en compte une représentation globale du système sur lequel le collaborateur 4.0 intervient. Le collaborateur 4.0 est un acteur qui a su avant tout développer des qualités interactionnelles avec les autres collaborateurs, mais aussi avec le système virtuel qui l'entoure. C'est exactement cette démarche, mais appliquée à l'industrie du bâtiment, qui prévaut aux propositions qui suivent.

5.4.2 Adapter la formation 4.0 au bâtiment

Enseignements sur-mesure, outils numériques, prix compétitifs, les potentialités offertes par les nouvelles approches pédagogiques risquent de modifier en profondeur la manière de se former. Nous n'avons pas tous les mêmes besoins pour développer une même compétence. Nous n'avons pas les mêmes connaissances sur un sujet, et nous n'avons pas la même façon d'apprendre. Dès lors, proposer en matière de formation, comme c'est le cas aujourd'hui, le même programme à chaque personne, dans le même temps, avec la même pédagogie et sans vraiment mesurer si c'est efficace est un gâchis à la fois pour ceux qui financent comme pour ceux qui suivent des formations. Aujourd'hui, deux évidences s'imposent :

- la première, c'est que 90 % des compétences que nous avons acquises ne l'ont pas été dans une salle de formation mais sur notre poste de travail, dans le cadre d'échanges formels ou informels avec nos

collègues, avec nos managers et avec nos clients. La première question à se poser pour les entreprises est donc bien de savoir comment muscler notre formation sur le tas (le "training on the job") et professionnaliser l'approche des tuteurs, des référents métiers, des évaluateurs ou des managers-formateurs. Et pour aller plus loin encore, toutes les entreprises devraient aujourd'hui se poser la question de savoir comment capter et diffuser dans un format exploitable et peu coûteux leurs savoirs et leurs savoir-faire clés qui sont au cœur de leur richesse ;

- la seconde, c'est que l'arrivée du numérique va tout changer car son apport démultiplie les capacités de personnalisation des formations qui sont proposées. L'utilisation d'algorithmes complexes dans l'e-learning nouvelle génération et le développement de l'intelligence artificielle permettent aujourd'hui de faire du sur-mesure de masse à des prix très compétitifs. Il est désormais possible de déterminer pour chacun le parcours de formation le plus adapté à ses besoins dans le fond et dans la forme. Demain, on ne parlera plus de formations mais de dispositifs ou de parcours. Lorsque nous voudrions acquérir une compétence, nous pourrions grâce à des outils numériques d'évaluation (pilotés par des hommes, ou pas) avoir sur notre Smartphone ou sur notre tablette une cartographie de tous les savoirs, les savoir être et les savoir-faire que nous maîtrisons ou que nous devons développer.

L'application nous proposera automatiquement un parcours de formation dans les formats qui nous seront adaptés : en salle avec un formateur, en e-learning évolutif, dans une classe virtuelle ou dans le cadre d'un coaching sur notre poste de travail. Nous ne perdrons plus de temps à refaire du déjà fait : nous n'apprendrons que ce dont nous avons vraiment besoin, de la façon dont nous aimons apprendre et quand nous voulons l'apprendre. L'application adaptera notre parcours en temps réel à notre besoin jusqu'à ce que nous soyons à 100 % de maîtrise. Tout le monde pourra ainsi tout apprendre avec succès et à son rythme. Nous allons entrer dans la formation 4.0 : du sur-mesure pour tous à des prix très compétitifs.

Dans un monde qui évolue aussi vite, apprendre est devenu fondamental. Nous avons tous, entreprises, organismes de formation, fédérations, responsables politiques, enseignants, etc. une responsabilité et un effort à faire pour donner l'envie d'apprendre à tous ceux qui ont besoin de développer leurs compétences professionnelles, souvent pour garder ou pour obtenir un emploi. Y compris à tous ceux, et ils sont nombreux, qui partent de plus loin et qui ont aujourd'hui simplement du mal à lire ou à écrire. Ils représentent presque 10 % des salariés en France.

Grâce au développement des formations 4.0, eux-aussi auront une deuxième chance de progresser, d'avancer et de développer leurs compétences à moindre coût. La réforme de la formation professionnelle proposée en France est un premier pas dans la bonne direction. Elle ne prend cependant pas encore la mesure de la révolution qui s'annonce. La formation 4.0 va structurellement modifier nos organisations (y compris l'école) et le marché de l'emploi par les potentialités qu'elle nous offre.

5.5 Formation et "Industrie 4.0" : comment l'Allemagne s'adapte aux mutations industrielles

Selon le cabinet Kohler C&C, « *L'Allemagne a confirmé récemment un projet industriel très ambitieux appelé Industrie 4.0, sur la base du constat selon lequel la révolution digitale n'a pas encore pleinement affecté le monde de la production industrielle. Ce projet vise ni plus ni moins à dessiner les contours d'une quatrième révolution industrielle portée par la vision d'une mise en réseau de tous les éléments du processus de production : l'usine ultra-connectée du futur, baptisée integrated industry ou digital factory. Les Allemands ont très tôt reconnu que la mise en œuvre opérationnelle d'Industrie 4.0 aurait des impacts majeurs tant sur le contenu du travail que sur l'organisation de l'entreprise, les qualifications demandées et leur évolution au fil du temps. Le monde ultra-connecté de l'industrie 4.0 questionne bien évidemment le système de formation professionnelle initiale et continue, reconnu comme un des avantages compétitifs de l'industrie allemande et comme un pilier de sa capacité d'adaptation.* » L'Allemagne transforme d'ores et déjà son système de formation pour répondre aux besoins en compétences pointues qu'implique l'usine du futur. Il est vrai qu'à court terme, l'usine connectée et la préfabrication ne sont pas absentes, elles conduiront à exécuter des tâches plus qualifiées et complexes dépassant le cadre des formations que les salariés auront reçu jusqu'alors. Ils devront être capables de porter les innovations, de faire preuve d'esprit d'initiative, de faire face à l'imprévu. Cela suppose de revoir les méthodes de formation en assurant un accompagnement individualisé et en misant sur le digital. Le défi est de taille car si l'évolution concerne aujourd'hui les ingénieurs hautement qualifiés, il faut s'attendre à ce que ces transformations se diffusent demain aux professionnels de terrain et après-demain à tout un chacun.

6. Mutations industrielles et évolution des compétences

Les mutations industrielles induisent *de facto* des besoins nouveaux en compétences et supposent une adaptation de l'offre de formation. La voie professionnelle est au cœur des préoccupations, car elle propose des formations concrètes en lien avec l'activité des entreprises. Adapter le système de formation aux changements en cours est essentiel pour soutenir la compétitivité du tissu industriel. Confrontées au cours des dernières décennies à l'ouverture des échanges internationaux et à l'émergence des technologies de l'information et de la communication, les entreprises ont dû adapter leur structure (externalisations, recentrage sur le cœur de métier, etc.) et leur organisation du travail. Nous sommes en effet passés d'une division "taylorienne" du travail à une division "cognitive". À l'inverse de l'organisation taylorienne ou fordiste où la qualité d'un ouvrier se réduisait à sa seule "force de travail" sur une chaîne de montage, le "travailleur cognitif" d'aujourd'hui doit développer les compétences qui lui sont nécessaires pour résoudre des problèmes de manière autonome, travailler en collaboration, en réseau, etc.

Françoise Diard, responsable de l'Observatoire des métiers de la métallurgie, note : « *l'industrie a aujourd'hui besoin à la fois de personnes avec des bases technologiques bien maîtrisées, mais aussi capables d'avoir une ouverture pour échanger avec les directions d'achats, commerciales, etc. Typiquement par exemple, dans l'aéronautique, le profil de chargé d'affaires n'existait pas il y a quinze ans. Aujourd'hui, ce poste nécessite des compétences dans différents domaines comme réaliser des analyses techniques poussées, faire des devis financiers, négocier des contrats,*

disposer d'une culture internationale forte. » L'ensemble de ces évolutions est à prendre en compte dans la définition des contenus de formation des filières professionnelles, y compris dans le bâtiment.

6.1 Quels défis pour quels besoins en compétences ?

Les départs en retraite massifs auxquels sont confrontées les entreprises représentent un défi de taille. Cette tendance va perdurer pendant les années à venir. Le départ en retraite d'un salarié en charge de procédés spécifiques peut mettre en péril l'activité d'une entreprise si elle n'assure pas le renouvellement des compétences. La prise en compte des enjeux liés au développement durable modifie également le visage de l'industrie, en particulier celui du bâtiment et conduit à réaliser des efforts de formation pour adapter les compétences des salariés. De nouvelles activités se développent, telles que le tri et le recyclage des déchets, les énergies renouvelables, etc., qui font émerger de nouveaux métiers. Au-delà de ces nouvelles activités, de nombreux métiers seront amenés à évoluer et nécessiteront un élargissement des compétences des salariés. Pour les postes de conception, ils doivent acquérir des connaissances sur l'impact environnemental de l'utilisation des matières premières, afin de se mettre en conformité avec les nouvelles normes et envisager les conséquences qu'auront la production et l'utilisation du produit sur l'environnement et les parties prenantes.

Plus globalement, comme le souligne le rapport Gallois, face à la concurrence exercée par les pays à bas coûts de main-d'œuvre, la compétitivité se joue non seulement sur les prix, mais aussi sur la diversification des produits et des marchés. L'innovation et la qualité deviennent des éléments essentiels. La nécessaire montée en gamme de l'industrie française doit être soutenue par une élévation des compétences des salariés, à tous les niveaux de qualification. Cette dernière devient essentielle face au défi technologique.

En effet, la diffusion des technologies liées au numérique, l'intégration croissante des méthodes lean (tant dans le champ de la production que dans ceux de l'ingénierie, de la conception, de la logistique, du commerce, du management, etc.), le développement des imprimantes 3D, de la "cobotique" (c'est-à-dire de la robotique collaborative) impliquent de nouvelles façons de produire et une adaptation de l'entreprise et du personnel. L'Allemagne en a pris très tôt conscience, comme le démontre son programme Industrie 4.0. Ce dernier vise à soutenir la création de sites de production intelligents et autonomes grâce à l'utilisation d'Internet et des réseaux communicants avancés. Parce que la conduite de l'usine 4.0 sera différente de ce que l'on connaît aujourd'hui, l'Allemagne cherche d'ores et déjà à y préparer ses entreprises et leur personnel. L'expérience outre-Rhin doit être riche d'enseignements pour la France.

6.2 Valoriser la voie professionnelle : une responsabilité collective

La capacité des entreprises à relever ces défis dépendra pour partie de la manière dont le système de formation parviendra à s'adapter à leurs nouveaux besoins. Une condition *sine qua non* est de s'assurer de l'attrait de ces filières. L'enjeu est de taille et ne pourra être relevé qu'en engageant la mobilisation de l'ensemble des parties prenantes. Les premiers concernés sont les parents, les enseignants et les prescripteurs. Les représentations négatives de ce type de formation entraînent une certaine désaffection : selon l'Éducation nationale, le nombre d'élèves en lycées professionnels inscrits dans une spécialité menant à l'industrie a baissé de 5,2 % entre 2005 et 2012. Le rôle des enseignants est souvent mis en avant. S'il existe encore des professeurs de lycées professionnels recrutés parmi les actifs de l'industrie, la majorité d'entre eux sont issus de l'enseignement

supérieur et n'ont, au mieux, connu l'entreprise qu'à travers des stages. À ce titre, il convient de renforcer les connaissances des enseignants sur les métiers industriels et l'environnement économique des entreprises. La problématique est la même du côté des conseillers d'orientation psychologues (Cop), qui doivent davantage être informés des atouts que présentent les filières professionnelles et technologiques de formation.

Aujourd'hui, les initiatives visant à renforcer les liens entre l'école et l'entreprise ne manquent pas, de nombreux acteurs s'investissant dans la mise en place de dispositifs à destination des jeunes, des prescripteurs et des industriels eux-mêmes. Par exemple, la fondation "Croissance responsable" propose des stages en entreprise de trois jours aux enseignants de collège et de lycée, ainsi qu'aux conseillers d'orientation. Ce dispositif intitulé "Prof en entreprise" offre la possibilité de mieux comprendre le fonctionnement interne d'une entreprise.

L'attractivité de la voie professionnelle repose par ailleurs sur la qualité des missions confiées à un jeune par le milieu professionnel dans le cadre d'un stage ou de périodes d'alternance, qui doivent lui permettre de mettre en application ce qu'il a appris à l'école. Sur ce point précis, la responsabilité des entreprises doit être engagée pour considérer les élèves et les apprentis non pas comme "une variable d'appoint ponctuel pour la production" mais comme un investissement de long terme. Cela suppose de mettre en place un accompagnement et un suivi personnalisé tant à l'école que dans l'entreprise et soulève donc plusieurs interrogations sur le statut du tuteur ou du maître d'apprentissage.

Les chefs d'entreprise doivent aussi veiller à proposer des carrières attractives quel que soit le diplôme initial. Il est préférable de faire monter en compétences les salariés en place par la formation interne plutôt que de privilégier la "cueillette externe". Une meilleure offre de formation continue et une reconnaissance plus grande des acquis de l'expérience contribueraient à créer un appel d'air en cours de carrière et ainsi à rendre attractive l'orientation initiale vers des métiers de production. L'amélioration de l'image de ces filières auprès des jeunes collégiens passe enfin par la valorisation des nombreux parcours réussis d'anciens élèves de la voie professionnelle.

7. Proposer des innovations pédagogiques

Par ailleurs, si ces filières de formation ont du mal à recruter des jeunes, on constate également que les entreprises sont de plus en plus frileuses pour embaucher des apprentis. En plus des freins financiers et réglementaires dénoncés par les entreprises, celles-ci remettent en cause le contenu même des formations dispensées. La formation professionnelle initiale doit proposer des innovations pédagogiques comme la pédagogie inversée. Dans la classe inversée, l'élève visionne (préalablement et à la maison) des vidéos, des balados (moyen de diffusion de fichiers audio, vidéo ou autres) sur Internet (ou podcasts, balados au Canada) ou effectue des lectures proposées par l'enseignant (ou partagées par d'autres enseignants). En classe, l'élève tente alors d'appliquer les connaissances à la résolution de problèmes et à des travaux pratiques. Le rôle de l'enseignant est alors d'accompagner l'élève dans l'élaboration de tâches complexes. Ce temps dégagé en classe peut être utilisé pour d'autres activités fondées sur l'apprentissage, notamment la pédagogie différenciée et l'apprentissage par projet.

Les lycées professionnels, les CFA, à tous les niveaux de formation doivent revoir l'organisation de leurs enseignements de manière à adapter les formations à la méthode de travail en entreprise. En particulier, il faut développer une pédagogie dans une logique de projet, c'est-à-dire sur un mode plus transversal de travail en équipe, nécessitant de mobiliser à

la fois des compétences générales et techniques, de faire preuve d'autonomie et d'esprit d'initiative. Alors que les métiers du bâtiment nécessitent de plus en plus, des interactions constantes, il est aberrant de voir encore des classes organisées avec des étanchéités totales, observant ainsi une organisation séquentielle alors que le BIM nécessite une logique combinatoire.

Enfin, une culture de la certification doit conduire à rendre obligatoire, pour tous les apprentis en bac et en BTS, le passage du Test of english for international communication (TOEIC), une certification informatique (PCIE) et une autre relative à la sécurité (secouriste du travail, habilitation électrique, caces, harnais, échafaudages, etc.), au français (certification Voltaire) et à l'entrepreneuriat (permis de conduire de l'entrepreneur européen), etc...

7.1 Un plan Marshall de la formation initiale

De nouveaux savoirs doivent être enseignés ; un plan Marshall de la formation initiale professionnelle doit donc être décidé et entrepris si nous voulons réellement atteindre les objectifs fixés par le plan de rénovation énergétique de l'habitat. Or aujourd'hui, 20 % des étudiants quittent l'enseignement supérieur sans diplôme soit environ 150 000 jeunes. À l'université, 25 % des étudiants n'achèvent pas la 1^{ère} année de licence, soit 60 000 jeunes et 85 % de ces jeunes ne se réorientent pas. Ainsi, selon l'Insee, « la probabilité de sortir sans diplôme du supérieur s'élève à 5 % pour les bacheliers généraux ; elle est comprise entre 12 % et 27 % pour les bacheliers technologiques (selon la série), et atteint près de 40 % chez les bacheliers professionnels ».

Par ailleurs, en 2012, le ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche a compté 10 100 étudiants dans les filières générales en plus ; en contrepartie, il déplorait la baisse de recrutement de 4 300 étudiants en bacs technologiques et de 34 000 étudiants pour bacs professionnels. Près de 28 000 titulaires du bac général sortiront sans diplôme, 43 000 bacheliers technologiques ne passeront pas de diplôme supérieur. Sur 190 000 bacheliers professionnels 56 % n'obtiendront pas de diplôme supérieur et rentreront directement, pour la plupart, dans la vie active. Le Gouvernement s'est fixé un objectif très ambitieux dans la loi "pour la refondation de l'école de la République" : diviser par deux le nombre de décrocheurs d'ici à la fin du quinquennat. Dès 2013, l'objectif est de "raccrocher" 20 000 jeunes au travers des réseaux Formation-qualification-emploi présents sur le territoire (source Afep). Nous sommes loin des besoins à satisfaire si tant est que ce réseau soit réellement performant.



Crédit photo : Fotolia, morganimaton.

Figure 26 : La montée en compétence des acteurs de chantier nous semble la condition sine qua non du développement durable et de la transition énergétique.

7.2 Un appareil de formation déjugué par les professionnels

Les professionnels évaluent le besoin de renouvellement en jeunes qualifiés et très qualifiés à 5 309 en Ile-de-France pour l'arrivée potentielle de 4 458 jeunes diplômés dans la vie active (Observatoire de l'emploi et de la formation en Ile-de-France). Selon les derniers chiffres affichés par l'Observatoire prospectif des métiers et des qualifications du bâtiment, nous pouvons retenir les chiffres suivants :

- effectifs du bâtiment : 1 462 000 salariés, soit un salarié sur 10 (70 % d'ouvriers ; 21 % de techniciens; 9 % de cadres) ;
- croissance de l'emploi féminin : + 11 % par an depuis 10 ans ;
- chiffre d'affaires : 123 Md€ (bâtiments) et 38,8 Md€ (travaux publics) ;
- nombre d'entreprises artisanales : 637 000 ;
- nombre de salariés ouvriers du bâtiment : 694 000.

Au risque de se diriger vers ce que nous qualifierons "d'impasse systémique", une véritable révolution des pratiques et des savoir-faire des acteurs de la construction doit être menée en l'urgence. L'État ne dispose pas de filières transverses pour répondre à ce besoin qui est à la croisée du monde de l'entreprise et des techniques, des savoir-faire manuels et de la connaissance, de l'université, de l'apprentissage et de la formation continue. Notre proposition est donc de créer des plateformes de formation professionnelle initiale.

Plusieurs mesures peuvent concourir à débloquer la situation. Il s'agit de :

- faciliter des éléments de formation commune, de désenclaver les métiers manuels et de faire se rencontrer les futurs acteurs de l'acte de construire (ingénieurs, architectes, artisans des métiers du bâtiment, gestionnaires de biens, etc.) ;
- ouvrir l'accès de l'enseignement supérieur aux hommes et femmes de métiers manuels du bâtiment, aux futurs artisans et compagnons ;
- faire bénéficier les jeunes décrocheurs bacheliers d'une véritable politique d'investissement de long terme et d'un métier qui s'inscrit dans l'avenir et leur offrir une orientation, voire une seconde chance ;
- faire bénéficier les ingénieurs et les architectes de l'expérience de chantier ou d'atelier afin de parfaire leur connaissance des matériaux et de la culture des métiers.

8. Vers des Instituts universitaires des métiers

À l'instar de l'Institut des métiers du patrimoine, créé il y a 30 ans à Troyes par l'IUT, l'ordre des architectes, les Organismes professionnels et les Compagnons du devoir, nous recommandons la mise en place d'IUM (Instituts universitaires des métiers). Depuis plus de 40 ans, les Instituts universitaires de technologies ont favorisé le rapprochement entre le monde académique et les entreprises et ont fournis plusieurs générations de techniciens supérieurs bien qu'aujourd'hui près des trois-quarts continuent leurs études. En ce sens, l'idée initiale des IUT a raté sa cible. Or les techniciens supérieurs vont être de plus en plus recherchés pour répondre aux nouvelles exigences technologiques du bâtiment (à l'instar des autres industries). Dans les métiers les plus technologiques, où les composants sont industrialisés voire miniaturisés, les techniciens supérieurs répondront aux attentes.

Quant aux métiers à dominante manuelle, ils nécessitent un apprentissage long. L'Institut universitaire des métiers permettrait, non seulement de rapprocher le monde académique de l'artisanat ce qui apporterait aux titulaires de diplômes (Diplôme universitaire des métiers (DUM) par exemple) un savoir-faire facilitant leur insertion professionnelle mais aussi répondrait à l'industrie du bâtiment et à une frange de la jeunesse en panne "d'ascenseur social".

8.1 Développer des Instituts universitaires des métiers du bâtiment et du développement durable

Pour répondre à l'appel des ministres de l'Éducation nationale et de l'Enseignement supérieur et de la Recherche qui souhaitent qu'un relai soit pris pour les décrocheurs et les titulaires d'un bac technologique ou professionnel, l'Union nationale des présidents d'IUT (UNPIUT), auquel nous appartenons en tant que président de l'IUT de Marne-la-Vallée, a proposé de créer un Brevet de technicien universitaire (BTU) en 3 ans au sein d'IUT en parallèle du DUT. Cette proposition a été rejetée en masse par l'ADIUT (Assemblée des directeurs d'IUT). Leur réticence est compréhensible. L'IUT a une mission particulière ; il faut répondre à la demande en créant une nouvelle institution au sein de l'Université comme à la fin des années 1960, lors de la création des IUT eux-mêmes.

Nous proposons donc de créer des IUMBD. Appuyés par les plateformes Bâtiment durable et les IUT. Ces Instituts universitaires des métiers du bâtiment et du développement durable (IUMBD) formeraient les étudiants en 2 ans dont 5 mois de stage en entreprise, 600 heures de cours universitaires et 1 600 heures en matières professionnelles. Les métiers concernés seraient spécialisés dans le traitement de l'enveloppe du bâtiment (maçons, peintres, couvreurs, menuisiers métalliques ou bois, façadiers). Ces instituts incluraient les métiers qui ont un impact sur la performance énergétique des bâtiments : les plombiers chauffagistes, plâtriers, plaquistes.

Ces Instituts des métiers pourraient participer à la création de licences professionnelles dans ces domaines et développer des passerelles avec les autres formations du secteur (ingénieurs, architectes, économistes, etc.). La formation théorique pourrait être confiée aux enseignants d'IUT et aux enseignants de l'université. Les ingénieurs du CSTB ou des Centres techniques implantés sur le territoire, les ingénieurs issus des BET, les architectes pourraient intervenir pour la formation technologique. La formation pratique pourrait être confiée aux Compagnons du devoir, aux CFA, aux Meilleurs ouvriers de France, etc.

Un premier IUMBD pourrait être créé au sein de la Communauté universitaire et d'établissements-Paris-Est (COMUE, Cluster Développement durable, cité Descartes) où tous les acteurs sont déjà présents et engagés dans des réseaux collaboratifs (une Maison de compagnons dotée de plateforme de formation pratique est prévue dès 2017) notamment au sein de la cité Descartes.

8.2 Diplôme universitaire Compagnon du développement durable : première initiative

Le CSTB et l'université Paris-Est-Marne-la-Vallée (UPEM) accompagnés par la FFB 77, les Compagnons du devoir, du CFA Ile-de-France, etc. ont créé le premier Diplôme universitaire Compagnon du développement durable en 2013 (DU CBD). Ce DU forme les prémices d'une formation qui doit permettre le réensemencement de la filière bâtiment. Le projet consiste à adapter les métiers ancestraux (maçon, couvreur, charpentier, menuisier, métallier,...) aux normes liées au développement durable. Ce diplôme est accessible en candidature sur dossier, aux titulaires d'un bac professionnel ou d'un brevet professionnel dans une spécialité du bâtiment.

Sous contrat de professionnalisation, ces jeunes se forment pendant une année à raison de 693 heures à l'IUT pour 1 100 heures en entreprise. Ce système permet de donner aux étudiants le bagage universitaire essentiel pour comprendre le langage des bureaux d'études, des architectes et des maîtres d'ouvrage. Ils vont acquérir au fil de leur cursus des compétences complémentaires aussi bien sur les techniques que sur les pratiques des différents métiers du bâtiment. L'expérience professionnelle acquise par le biais de l'alternance offre une meilleure employabilité en fin de parcours. La pédagogie appliquée au DU est innovante à plusieurs titres :

- d'une part, les étudiants ne travaillent pas sur des maquettes mais sur des constructions réelles. C'est une immersion totale dans la réalité de terrain ;
- d'autre part, le travail d'équipe, la culture de l'échange et de la communication entre les différents corps de métiers (interfaces) leur permettra de devenir des référents en matière de développement durable.

L'étanchéité à l'air des bâtiments, les points singuliers de la construction, les ponts thermiques, la qualité de l'air intérieur, les isolants, les diagnostics sont les sujets incontournables de cette formation. Au-delà de l'approche technique et réglementaire, s'appuyant sur des bases de données documentaires parmi lesquels celle du CSTB, de l'AQC et les publications RAGE, la formation permet l'apprentissage du dialogue entre les différents acteurs de la construction (ouvriers du bâtiment, ingénieurs, architectes diagnostiqueurs).

Les titulaires de cette formation seront les futurs pilotes de la performance énergétique, opérationnels sur les chantiers à haute qualité environnementale. Grâce au référentiel de compétences validé par Qualibat, les entreprises dans lesquelles ces salariés évoluent, sont dans la capacité d'obtenir la mention RGE (Reconnu Garant de l'Environnement).

8.2.1 Premier bilan

Sur 11 jeunes (maçons, électriciens, chauffagistes, menuisiers, carreleur) :

- 2 ont échoué au diplôme (dont 1 qui a poursuivi des études hors filière, le DU lui ayant servi de passerelle) ;
- 3 poursuivent des études dans l'enseignement supérieur (1 BTS, 2 licences) ;
- 1 a créé son entreprise (labélisée RGE) ;
- 1 responsable maintenance de site, Parc-des-expositions de Villepinte ;
- 4 sont salariés d'entreprises (2 dans l'entreprise avec laquelle ils ont suivi le DU ;
- 2 dans de nouvelles entreprises) ;
- 1 travailleur intérimaire ;
- 1 est en recherche active.

9. Orientations à développer dans ces enseignements

- Favoriser l'ouverture d'esprit de chaque corps de métier aux enjeux globaux des performances de tous types de la construction (énergétique, environnementale mais aussi sociétale) et très concrètement, le lien existant entre son métier, la façon de l'exercer et ces enjeux globaux.
- Responsabiliser les acteurs, non seulement au travers de l'autocontrôle à exercer sur leur travail au regard du niveau de qualité à atteindre mais aussi vis-à-vis des incidences de leur travail sur les autres intervenants et sur la qualité globale.
- De manière générale, adosser la formation universitaire sur la structuration de la RT 2012 et 2020. Elle doit se dérouler autour de la qualité de l'enveloppe, de l'éclairage naturel, du choix des systèmes de chauffage, de ventilation, de refroidissement et de l'apport des énergies renouvelables. En amont des enseignements généraux, les principales sciences physiques du bâtiment seront dispensées sur les enjeux et en aval (ou en appui), des matières transversales comme les règles techniques, la maquette numérique et la simulation, l'économie, etc.

La transition énergétique impose un changement de paradigme magistral qui remet tous les acteurs sociaux dans l'action, l'emploi, la responsabilité. Ce changement permet, dans une certaine mesure, de renouer le dialogue interrompu à la fin du 19^e siècle, entre les cols bleus et les cols blancs. Il offre une chance fondamentale pour les générations futures si nous prenons toutes les dispositions en termes de recherche et développement mais aussi de formation à tous les niveaux. L'objectif de 80 % de bacheliers sera une réussite s'il aboutit à relever le niveau des métiers, de tous les métiers. Aujourd'hui, l'effet pervers de cet objectif a été d'assécher le réservoir de jeunes autrefois destinés aux métiers dits "manuels" tout en laissant sur le bas-côté des jeunes détenteurs du baccalauréat mais qui ne trouvent pas leur voie dans les études longues. La création de l'IUMBDD doit permettre de donner un nouveau souffle aux métiers, de créer des filières de réussites pour des jeunes en proie aux doutes ou à l'échec et de faciliter le virage qui se profile avec la volonté politique affichée d'un développement soutenable de l'habitat.

10. Conclusion

L'arrivée en masse des Technologies de l'information et de la communication (TIC) dans nos vies quotidiennes et professionnelles impactent de manière irréversible l'organisation des industries les plus traditionnelles telles que le bâtiment. Les acteurs de chantiers, artisans ou ouvriers du bâtiment sont d'ores et déjà équipés de tablettes numériques ou de Smartphones qui les relient directement à des moteurs de recherche et aux applications proposées par les industriels et les distributeurs de matériaux. Pour autant, les transferts de technologies des industries les plus avancées dans les domaines des TIC et de l'organisation de la production, vont s'amplifier pour accompagner à la fois la transition énergétique et le développement durable dans le bâtiment. Des outils qui vont créer des mutations importantes et inéluctablement impacter les emplois, modifier des approches et le contenu de certaines professions, créer de nouveaux métiers, modifier l'organisation et les rapports entre tous les acteurs de la filière.

Nous attirons l'attention sur deux sujets fondamentaux qui doivent être pris en compte si nous voulons être en mesure de proposer des solutions pragmatiques afin que les acteurs de chantier soient en capacité de participer à la Révolution industrielle du bâtiment :

- la non-qualité sur les chantiers est un mal endogène qui impacte la confiance entre acteurs mais aussi celle des clients, avec de lourdes conséquences économiques ;
- les métiers du bâtiment s'expriment de façons très différentes selon qu'ils s'exercent sur un chantier de rénovation, de monuments historiques ou de neuf ou encore, d'entretien-maintenance. Le vocable qui désigne le métier ne recouvre pas, loin s'en faut, les mêmes compétences. L'innovation, en termes à la fois d'outils de chantier et de formation, doit prendre en compte ces particularités pour répondre au marché de la transition énergétique du bâtiment et de son développement durable. Deux grandes catégories de compétences dans les métiers du bâtiment se dégagent :
- d'une part, la rénovation du patrimoine bâti qui a besoin d'une approche plus manuelle ;
- d'autre part, le neuf et l'entretien-maintenance qui nécessitent des techniciens de plus en plus aguerris aux technologies nouvelles. Des approches qui concernent 637 000 artisans et 694 000 ouvriers du bâtiment sur le neuf ou le stock ;
- les grandes entreprises monopolisent la majeure partie des chantiers neufs et les grands chantiers de rénovation. Des chantiers qui voient apparaître le BIM (Building information modeling) qui, plus qu'un progrès technique, est un atout managérial ; une nouvelle forme d'organisation qui va impacter très vite tous les types de chantiers, y compris les plus petits dans une période que nous pouvons évaluer, sans beaucoup nous tromper, à l'échelle d'une génération. Quant aux outils technologiques, les propositions sont quotidiennes, les transferts industriels sont en route, la recherche est prolifique, les startups fourmillent et créent,...

Pour autant, nous avons noté qu'au 1^{er} janvier 2014, le parc de logements s'élevait à 33,9 millions de logements en France métropolitaine (source Insee). Il progresse tendanciellement, sur un rythme d'environ 1 % par an. L'enjeu de la transition énergétique des constructions se situe donc clairement au niveau du stock, de la rénovation. Les artisans, les PME et la plus grande partie des ouvriers du bâtiment sont donc concernés par la rénovation énergétique, qui nécessite une importante montée en compétences en même temps que des outils technologiques, des veilles d'informations à l'innovation, la formation continue telles que Renove mais pas simplement ;

- les formations à distances "tout au long de la vie" et de nouvelles formes d'organisation doivent permettre d'abaisser le coût de revient de la construction pour répondre aux besoins des accédants à la propriété, mais aussi pour accroître la capacité financière des entreprises ; des capacités indispensables pour accompagner l'investissement en formation et en TIC, mais aussi pour attirer une nouvelle génération d'artisans, d'entrepreneurs ou d'ouvriers qualifiés. En tout état de cause, la montée en compétences des acteurs de chantier nous semble la condition *sine qua non* du développement durable et de la transition énergétique en France pour répondre aux objectifs de la politique énergétique de notre pays à l'horizon 2025-2030.
- Enfin, un véritable plan Marshall de la formation initiale doit drainer une jeunesse qui a abandonné les métiers du bâtiment ; les nouveaux outils technologiques de la transition énergétiques et du développement durable auront, nous le souhaitons, un effet attractif.

C'est donc, en regard de ces critères à la fois technologiques et humains, que nous nous sommes permis de faire quelques propositions de formation et d'outils d'information ; développées dans des fiches-projets à la fin de l'étude, qui pourraient, du moins nous l'espérons, intéresser pouvoirs publics ou privés.

L'industrie du bâtiment, à l'image du reste de la société est et sera très connectée pour bâtir des habitats performants, des smart-cities, des grids, des nets ou des réseaux. Nous ne parlons pas simplement de l'intelligence artificielle, mais par sa médiation, celle de tous les acteurs de la filière en commençant par celle des acteurs de chantier qui sauront désormais conjuguer leur intelligence au pluriel, une intelligence nécessairement "connective".

11. Synthèse de la thèse

L'étude a consisté dans un premier temps à dresser l'état des lieux du BTP à ce jour. Les témoignages d'artisans, de chefs d'entreprises de PME, d'ouvriers du bâtiment, d'ingénieurs de bureaux d'études techniques ou du CSTB, d'architectes et de maîtres d'ouvrage ont permis de faire ressortir des points convergents ou des faiblesses qui caractérisent la majeure partie des chantiers. À la suite de quoi, nous avons proposé des solutions issues d'autres industries (transfert managérial ou technologique), d'initiatives locales (expérimentation à étendre), l'adaptation de technologies d'information, ou encore des propositions qui sont le fruit de plus de quarante années d'expérience dans le bâtiment.

Tableau 7 : Tableau des actions

| État des lieux | Actions temps 1 | Actions temps 2 |
|--|---|--|
| Désorganisation | Lean construction | BIM (est avant tout un procès de management) |
| Gaspillage | Lean/5S/Chantier propre | 0 papier |
| Défiance entre les acteurs | Labellisation/Certification | Autocontrôle et management préventif BIM ; organisation générale collaborante |
| Défiances des clients | Certification des compétences des ouvriers et artisans ; carnet de santé du bâtiment | Facilité la compréhension du rendu final par le client grâce à la maquette numérique |
| Non-qualité sur les chantiers | Fiches d'autocontrôle électroniques, ERP de la première prise de contact au DIUO en passant par les demandes administratives ; affichage du taux de sinistralité de l'entreprise | Traduction des normes, règles, codes et calculs en animations 3D ou films lisibles in situ grâce au QR code ; intégration dans le BIM |
| Manque de formation à la RT2012/2020 | Module Renove ; films de 2 à 5 mn sur les ponts thermiques et les points névralgiques de la construction | Créer des formations à distance en blended de modules supplémentaires simples et courts aboutissant à une certification complémentaire reconnue jusqu'au niveau ingénieur |
| Manque d'information des artisans et ouvriers du bâtiment | Veille innovation, développer un moteur de recherche du bâtiment : Batipédia ; créer un carnet de santé du bâtiment | Incrémentation du moteur de recherche (veille innovation, technique, formation, etc.) dans la maquette numérique ; carte d'identité du patrimoine bâti |
| Manque de formation | Créer une plateforme de formation à distance basée sur une analyse des compétences par métier en fonction de la typologie de chantier (neuf, rénovation, maintenance, etc.) ; certification des formations ; mettre en place des animateurs territoriaux, une cellule de coordination des plateaux techniques ; création d'un conservatoire des métiers | Formation des artisans et PME au BIM par une pédagogie basée sur une maquette pédagogique réelle (chantier réel) |
| Désaffection de la filière | Changer l'image : arrivée des TIC | EPI et matériel de chantiers digitalisés, matériaux innovants, amélioration des conditions de travail, élévation du niveau de recrutement et des salaires des ouvriers qualifiés |
| Inadaptation de la formation initiale | Innovation pédagogiques : formation collaborante dans les instituts, université, lycées, etc. entre les départements, les spécialités ; créer des IUM et développer des DUCBD | Créer une maquette numérique pédagogique (BIM) par établissement et créer un concours national |
| Manque de rentabilité des entreprises et coût élevé de la construction et de la rénovation | Lean construction et chantiers propres ; ERP ; simplification de la gestion administrative des entreprises ; groupement des compétences, contrats cadre et évolution des appels d'offres | Le BIM va permettre d'anticiper et de régler les problèmes d'interfaces entre les métiers : diminutions des erreurs, malfaçons, gaspillages, etc. |

Par ailleurs, nous proposons 5 fiches-projet :

- un moteur de recherche, Batipédia ;
- une plateforme de formation à distance ;
- les carnets de détails électroniques (carnets de chantier) ;
- la carte d'identité électronique du patrimoine bâti ;
- la création d'un Institut universitaire des métiers du bâtiment durable.

PARTIE III
Fiches-projets

Fiche-projet n° 1

Plateforme 4.0 de formation à distance et de gestion des compétences dédiée aux métiers de la construction durable (e-learning, Mooc, blended learning,...)

La transition énergétique et la transition numérique conduiront à exécuter des tâches plus qualifiées et complexes dépassant le cadre des formations que les salariés ont reçu jusqu'alors. Ils devront être capables de porter les innovations, de faire preuve d'esprit d'initiative, de faire face à l'imprévu. Cela suppose de revoir les méthodes de formation en assurant un accompagnement individualisé et en misant sur le digital. Les mutations industrielles induisent *de facto* des besoins nouveaux en compétences et supposent une adaptation de l'offre de formation. La voie professionnelle est au cœur des préoccupations, car elle propose des formations concrètes en lien avec l'activité des entreprises. Adapter le système de formation aux changements en cours est essentiel pour soutenir la compétitivité du tissu industriel. Confrontées au cours des dernières décennies à l'ouverture des échanges internationaux et à l'émergence des technologies de l'information et de la communication, les entreprises ont dû adapter leur structure (externalisations, recentrage sur le cœur de métier, etc.) et leur organisation du travail. Batipédia peut devenir le support de cours à distance gratuits.

1. Enjeux du projet

1.1 Constat

La mise en œuvre des matériaux et composants sur le chantier conditionne en grande partie le niveau de performance des bâtiments, indépendamment de la qualité de la conception. Or cette part du processus de construction est assurée par des acteurs de terrain (artisans, ouvriers, chefs d'équipe, chefs de chantier,...) dont l'accès à la connaissance et à l'information est plus difficile que pour les acteurs de la conception et de la prescription. Les sources d'informations actuelles sont dans leur forme, leur support et leur contenu, largement inadaptées à ce profil d'utilisateur. Cette situation est particulièrement préjudiciable lorsqu'il s'agit de construire selon des dispositions nouvelles, non couvertes par le domaine traditionnel.

De plus, les frontières entre les métiers s'amenuisent. De plus en plus d'interactions et d'actions transversales s'exercent sur les chantiers (le "qui fait quoi" doit être redéfini : celui qui fait est celui qui a la compétence)

En France, nous avons une culture des métiers. La mondialisation nous pousse à penser non plus "métier" mais en termes de "somme de compétences". Par exemple, un menuisier en France réalise des meubles, des portes, des fenêtres et des agencements intérieurs. Au Canada, un menuisier réalise des coffrages en bois pour couler du béton sur le chantier de gros œuvre. Le métier de ces deux professionnels porte le même nom sans pour autant mettre en œuvre les mêmes compétences. La réponse à la question "qui réalise cette tâche?" est "celui qui a les compétences" !

1.2 Solution proposée : une approche par compétences

Le projet consiste à déployer une plateforme de formation sur le thème des compétences des métiers du bâtiment durable qui s'insère dans un projet d'ensemble reposant sur les principes suivants :

- identification et découpage en compétences des métiers du bâtiment ;
- hiérarchisation de ces compétences et rattachement à des métiers, des emplois et des secteurs d'activités ;
- un contenu pédagogique parfaitement adapté à ce profil d'utilisateur, privilégiant des supports image et vidéo ;
- un principe de recherche de contenu qui soit contextuelle, permettant aux acteurs d'accéder simplement à l'information depuis le chantier.

2. Présentation du concept

Le transmetteur et l'apprenant interagissent en permanence. Ils ont tous les deux accès à la plate-forme. Le tuteur, l'artisan, le chef de chantier, le chef d'équipe, etc. (toutes personnes détentrices de connaissances et/ou d'un savoir-faire à transmettre) assurent un rôle d'enseignant.

Les mises en pratique sont effectuées au sein de l'entreprise, la théorie sera délivrée en ligne sur la plateforme en faisant appel à des modèles différents selon la compétence à acquérir (vidéo, contenus interactifs, e-learning, MOOC, blended Learning,...).

Le centre de formation devient un support pour remise à niveau permanente des transmetteurs, pour les apports demandant du présentiel ou toutes autres spécificités ne pouvant être assurées à l'entreprise.

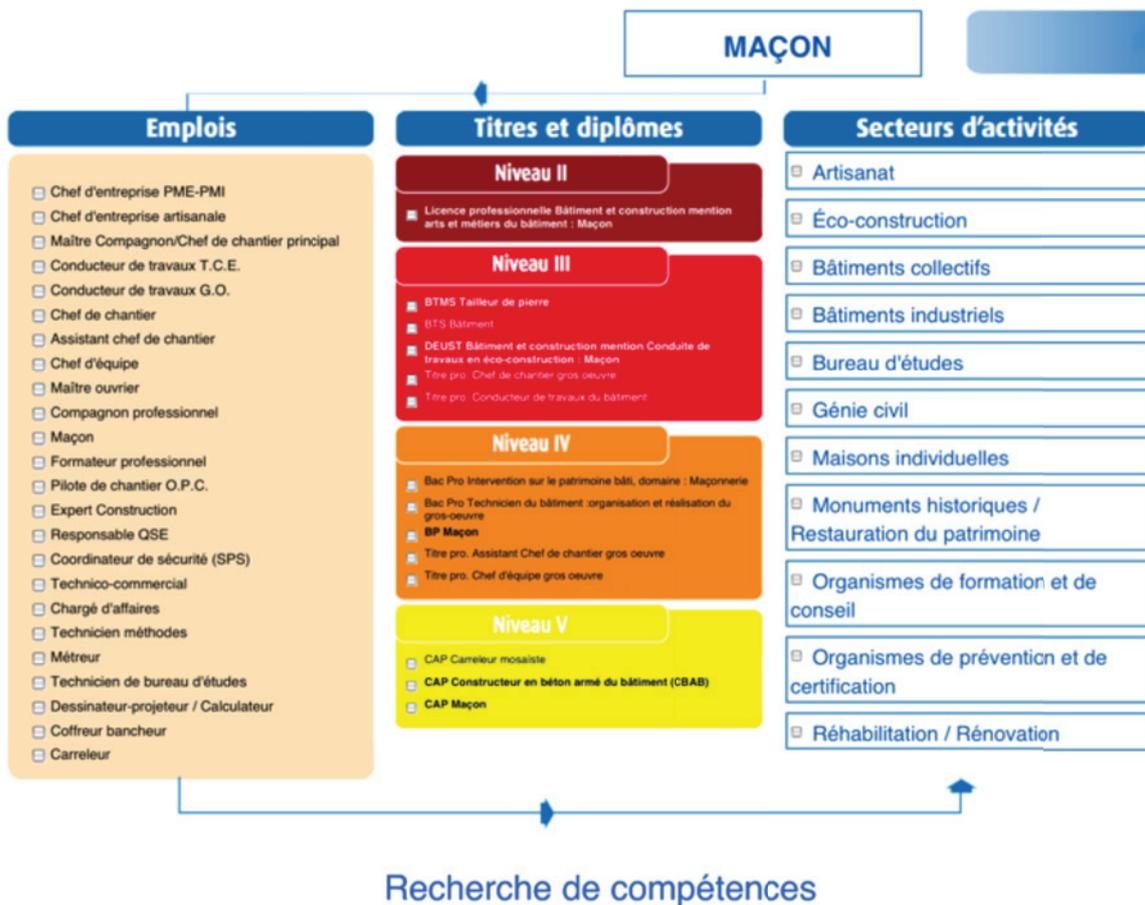
Des alertes sont envoyées selon le profil de chaque utilisateur. La formation fait l'objet d'un suivi sous forme d'abonnement.



2.1 Contenu

Il s'agit d'un contenu numérique, accessible par Internet. Il est essentiel que le contenu et la forme soient parfaitement adaptés aux utilisateurs de terrain, selon les principes suivants :

- sur la forme : privilégier l'aspect didactique et ergonomique de l'interface, utilisable sous forme d'application pour Smartphones et tablettes ;
- sur le contenu : plus qu'un outil de suivi, la plateforme se doit d'être un outil de formation comprenant :
 - une fiche profil permettant d'optimiser le suivi de l'apprenant,
 - un moteur de recherche permettant d'obtenir la liste des compétences à valider pour atteindre son objectif,
 - des compétences en lien avec les métiers, les secteurs d'activité, les emplois, les diplômes et les spécificités souhaitées (pour chaque compétence, on retrouvera : un descriptif de cette compétence, un positionnement, une évaluation, une validation et une documentation). Toutes les compétences sont hiérarchisées selon leur niveau et les prérequis nécessaires à leur acquisition ;
 - sur le fond : chaque utilisateur en fonction de son niveau, de ses connaissances, de ses compétences et de son savoir-faire accèdera au niveau d'information et de formation correspondant.

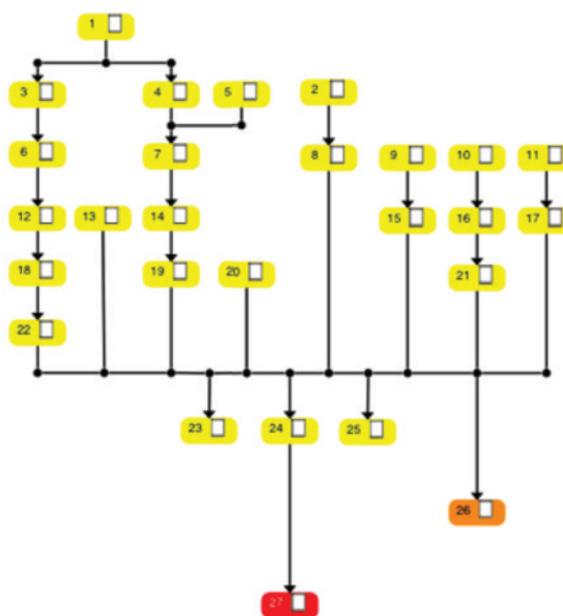


Maçon

Domaine : Connaissance des matériaux

COMPÉTENCES HIÉRARCHISÉES

| | |
|----|---|
| 1 | Connaître l'évolution du béton à travers l'histoire |
| 2 | Différencier les types de bois massifs et composés |
| 3 | Connaître les différents granulats |
| 4 | Connaître les différents types de produits en terre cuite |
| 5 | Connaître les éléments manufacturés en béton préfabriqué |
| 6 | Connaître les liants |
| 7 | Connaître les différents types de blocs pour la maçonnerie traditionnelle |
| 8 | Connaître les débits et les assemblages du bois |
| 9 | Différencier les types de revêtement de sol dur |
| 10 | Différencier les types d'enduits et de plâtre par leurs dénominations normalisées |
| 11 | Identifier et comparer les différents isolants |
| 12 | Préparer un mortier |
| 13 | Reconnaître les différents types de métaux |
| 14 | Connaître les différents types de blocs pour la maçonnerie à joints minces |
| 15 | Identifier les différents types de revêtements de sol souple |
| 16 | Différencier les types de plaques de plâtres par leur dénomination normalisée |
| 17 | Expliquer la fabrication des isolants organiques |
| 18 | Connaître les adjuvants des mortiers et bétons |
| 19 | Connaître les différents types de gaines techniques |
| 20 | Connaître les différents types de matériaux biosourcés |
| 21 | Expliquer la fabrication des carreaux de plâtre |
| 22 | Connaître les colles, mortiers-colle et dérivés |
| 23 | Identifier et classer les matériaux par famille |
| 24 | Lire et interpréter la fiche technique d'un produit |
| 25 | Connaître le classement au feu des matériaux |
| 26 | Connaître les produits d'isolation et d'étanchéité |
| 27 | Exploiter la fiche technique d'une pierre |



2.2 Principes de la recherche contextuelle

Le caractère contextuel de la recherche de contenu est un élément clé du concept, car une préparation hors chantier n'est plus nécessaire. Le repérage du composant permet d'accéder au contenu pédagogique associé selon deux niveaux :

- générique : le contenu en lien avec tous les composants de même famille ;
- spécifique : le contenu propre à ce produit.

La solution technologique de repérage du composant à définir devra répondre au mieux aux contraintes suivantes :

- rapidité de l'opération de repérage ;
- éviter la saisie de texte ;
- déployable par les industriels facilement.

La persistance après la pose de ce moyen de repérage constituerait une option intéressante pour élargir la plate-forme à l'exploitation/maintenance.

■ Principe de visualisation

Pour être largement déployable, le concept doit reposer sur des technologies courantes (en premier lieu Smartphone ou tablette). À plus long terme, des technologies de réalité augmentée (lunettes connectées, hologrammes,...) pourraient être mises à profit sous réserve d'être d'usage courant.

■ Liens possibles avec d'autres plateformes

Des liens avec d'autres plateformes, existantes ou en projet, peuvent être d'ores et déjà identifiés. La cohérence voire l'interopérabilité pourraient être assurées avec ces plateformes. Citons les sujets suivants (liste indicative) :

- solutions techniques spécifiques aux bâtiments durables (base : RAGE) ;
- formation et agrément RGE ;
- armoire de plans et pièces écrites du chantier ;
- BIM (maquette numérique du bâtiment, du composant) ;
- Carte vitale du bâtiment :
 - Avis Techniques (base : CSTB) ;
 - Batipédia.

3. Mise en œuvre du projet

Il s'agit d'un projet de grande ampleur nécessitant une étroite collaboration avec les représentants des acteurs en place, en particulier la Capeb, la FFB et les syndicats professionnels représentant les industriels concernés.

À moyen terme, le plan de mise en œuvre pourrait être décomposé selon les sujets suivants :

- architecture globale du dispositif ;
- modèle économique (permettant un accès gratuit, *a minima* pour les contenus de niveaux inférieurs) ;
- principes d'ergonomie (à établir en collaboration avec un groupe d'utilisateurs pilotes) ;
- production de la base de contenu didactique (définition de la typologie, des cahiers des charges de format, initialisation par une première vague de contenu générique) ;
- solutions de recherche contextuelle du contenu didactique ;
- ingénierie informatique (développement des applicatifs serveur et client multisupport) ;
- appropriation par les acteurs (communication, information et formation, assistance).

3.1 Préparation

À l'échéance d'un an, il est proposé de réaliser une étude de faisabilité technico-économique du concept. L'objectif est de définir le cahier des charges et le plan d'action détaillé. Cette étude de faisabilité serait réalisée par le CSTB conjointement avec la Capeb et la FFB. Elle inclurait une première étape de concertation avec les représentants des acteurs de la construction impactés par le projet. Dans cette étude, une première approche de l'ensemble des sujets cités ci-avant serait effectuée.

Livrables : avant-projet de la plateforme plan d'action détaillé, planifié et chiffré pour la mise en œuvre.

Délai de réalisation de l'étude de faisabilité : 18 mois.



Fiche-projet n° 2

BATIPÉDIA, le moteur de recherche du bâtiment

Le déficit de communication contribue à alimenter la problématique de non-qualité sur les chantiers. Les acteurs de la filière bâtiment se trouvent confrontés à la difficulté de se tenir informés, se former, comprendre et de prendre en compte les règles et les normes. La création d'un moteur de recherche de la construction à l'instar de Google est fondamentale afin d'identifier et de trouver l'information. Un "Google de la construction" permettrait de répondre à toutes les questions posées en matière de bâtir. Batipédia, élaboré par le CSTB et lancé fin 2014, a été particulièrement bien reçu par les professionnels du bâtiment. Il doit être complété par de nombreux documents électroniques qui faciliteront encore plus le travail des entreprises et qui répondront aux questions des artisans et des ouvriers du bâtiment. La veille innovation mise en œuvre sur Batipédia doit être développée. Batipédia pourrait devenir le support de cours à distance gratuits, des forums d'échange, une encyclopédie participative libre dotée de modérateurs, etc.

1. Projet

À partir du portail technique et réglementaire Batipédia, l'enjeu est de réunir, consolider, développer l'ensemble des outils et connaissances susceptibles d'aider chaque professionnel à mieux concevoir et mettre en œuvre. Il s'agit de :

- identifier et accéder au référentiel technique et réglementaire ;
- disposer d'outils pédagogiques avec plusieurs niveaux de lecture adaptés à chaque métier ;
- consolider et mettre en perspective les travaux des différents institutionnels et organisations professionnelles ;
- accéder à des modules, tutos de formation associant textes et supports vidéos ;
- offrir des outils pratiques pour le choix des matériaux et le dimensionnement des ouvrages les plus courants.

Un pack "Pro" réalisé à partir des éléments ci-dessus sera disponible pour chaque métier/corps d'état.

2. Rassembler, inventorier, organiser des ressources pédagogiques éparpillées existantes

Les institutionnels et les organisations professionnelles disposent de nombreuses ressources pédagogiques qui, du fait de l'hétérogénéité des supports, sont difficilement accessibles aux professionnels. Le projet consiste à inventorier et organiser les publications, les fiches pratiques, les modèles de documents, les outils de calculs, les vidéos explicatives et proposer un pack cohérent pour chaque intervenant comprenant :

- le référentiel pour traiter un litige et bien concevoir un ouvrage ;
- les guides CSTB et guides Rage pour mieux comprendre les exigences ;
- des outils de choix et de dimensionnement pour les concepteurs et entrepreneurs (choix des tuiles selon pente/zone, hauteur du garde-corps, dimensionnement des fondations, d'un système de VMC, etc.) ;
- des formulaires préétablis pour la bonne gestion du chantier (autorisation, sécurité sur le chantier, etc.) ;
- des calepins et fiches pratiques pour les compagnons : des tutoriels et parcours de formation.

Les ministères, FFB, la Capeb, l'AQC, l'OPPBTP, Qualibat, Promotelec, les industriels, etc. disposent de nombreuses ressources attractives.

2.1 Actions

- Inventorier les ressources existantes.
- Obtenir les droits de diffusion.
- Organiser les ressources et les publier sous la forme de pack "métiers".

2.2 Estimation des temps nécessaires

- Inventorier les ressources : 90 jours (1 ETP).
- Obtenir les droits de diffusion : 30 jours (1 ETP).
- Organisation, publication, xmlisation : 60 jours (1 ETP).

3. Développer tutos et outils de e-learning

L'apprentissage et l'appropriation des techniques et nouvelles exigences peuvent être facilités par la mise en place de tutoriels/mooc. Les guides CSTB et ceux du plan Rage constitueraient la matière de base pour la conception d'outils d'apprentissages associant vidéos, textes, détails de construction.

3.1 Actions

- Définition des sujets à traiter.
- Rédaction du concept et des scénarii.
- Choix et achat d'une plateforme de développement.
- Recherche de partenaires/chantiers de référence.
- Réalisation de la séquence vidéo.
- Développement et intégration des éléments multimédia.
- Évaluation des connaissances.

4. Développer des outils d'aide au choix et au dimensionnement

Pour éviter les erreurs, faciliter le choix des produits et leur dimensionnement, il est envisagé d'analyser l'ensemble ou une partie du référentiel pour passer d'une information traitée sous la forme d'une suite de calculs écrits et tableaux en utilitaires pratiques.

- Choix d'un type de produit en fonction des spécificités du projet (exemple : choix des tuiles).
- Méthodes de calculs simplifiées développées sous Excel ou logiciel libre de droits de type SMATH Studio.
- Formulaire préétablis associés à des commentaires pour la gestion du chantier.

4.1 Actions

- Définition du périmètre et analyse du référentiel avec les professionnels.
- Choix de la plateforme de développement.
- Recherche d'experts.
- Développement des outils/rédaction de formulaires types.
- Édition et publication des outils.

Ces outils s'inscrivent dans le "pack pro" en complément du référentiel technique, des guides et vidéos pédagogiques.

Fiche-projet n° 3

Plateforme de ressources didactiques contextuelles dédiée à la construction durable

Les carnets de détails électroniques (carnets de chantier)

La qualité de la mise en œuvre des matériaux et composants sur le chantier conditionne en grande partie le niveau de performance des bâtiments. Or cette part du processus de construction est assurée par des acteurs de terrain (artisans, ouvriers, chefs d'équipe, chefs de chantier, etc.) dont l'accès à la connaissance et à l'information est plus difficile que pour les acteurs de la conception et de la prescription. Les sources d'information actuelles sont dans leur forme, leur support et leur contenu, largement inadaptées à ce profil d'utilisateur. Cette situation est particulièrement préjudiciable lorsqu'il s'agit de construire selon des dispositions nouvelles, non couvertes par le domaine traditionnel. Tout comme un Google de la construction, Batipedia doit permettre de répondre à toutes les questions que l'on se pose en matière de bâtir et être complété par des films, des animations qui composeraient des carnets de détails accessibles par tous les acteurs de la construction, y compris par les auto-constructeurs. Un QR Code imprimés sur le revers ou la tranche d'un matériau pourrait systématiquement permettre l'accès à la banque de données des règles de l'art complètement traduites en dessins, plans de détails, animations et films de mise en œuvre des matériaux.

1. Projet : constat

La mise en œuvre des matériaux et composants sur le chantier conditionne en grande partie le niveau de performance des bâtiments, indépendamment de la qualité de la conception. Or cette part du processus de construction est assurée par des acteurs de terrain (artisans, ouvriers, chefs d'équipe, chefs de chantier,...) dont l'accès à la connaissance et à l'information est plus difficile que pour les acteurs de la conception et de la prescription. Les sources d'informations actuelles sont dans leur forme, leur support et leur contenu, largement inadaptées à ce profil d'utilisateur. Cette situation est particulièrement préjudiciable lorsqu'il s'agit de construire selon des dispositions nouvelles, non couvertes par le domaine traditionnel.

1.1 Réponse proposée

Le projet consiste à déployer une plateforme d'information et de formation sur le thème du bâtiment durable reposant sur les deux principes suivants :

- un contenu pédagogique parfaitement adapté à ce profil d'utilisateur, privilégiant des supports image et vidéo ;
- un principe de recherche de contenu qui soit contextuelle, permettant aux acteurs d'accéder simplement à l'information depuis le chantier.

2. Présentation du concept

Sur le chantier, l'utilisateur doit effectuer la pose d'un composant ou d'un système constructif. Il peut à tout moment consulter les ressources pédagogiques associées. Pour ce faire, il suit la démarche suivante :

1. à l'aide d'un support multimédia (à définir : Smartphone, tablette,...), il repère l'identité du composant figurant sur le composant lui-même ou son packaging (système de repérage à définir : code barre, QR code, puce,...) ;
2. il accède ainsi à un contenu pédagogique ciblé et le consulte sur son support multimédia.

2.1 Principes du contenu pédagogique

Il s'agit d'un contenu pédagogique multimédia, numérique, accessible par Internet. Il est essentiel que son contenu et sa forme soient parfaitement adaptés aux utilisateurs de terrain, selon les principes suivants :

- sur la forme : privilégier la communication par l'image et le son (photos, dessins, diaporamas, vidéos courtes). Un conseil d'expert personnalisé de type support technique peut également être envisagé ;
- sur le contenu : il est important de privilégier les informations prioritaires dans un contexte de chantier. En première approche et à titre d'illustration, ce contenu pourrait comprendre :
 - les différents modes de pose : sélection du mode parmi les modes possibles, puis didacticiel de pose,
 - interfaces avec les composants adjacents, notamment sous la forme de carnets de détails types,
 - plan du composant (éclaté, nomenclature,...),
 - points de contrôle/réception (exigences de pose),
 - éventuellement : points de maintenance (vérification, entretien),
 - sur la profondeur : proposer différents niveaux d'information (échelle à définir : par exemple 3 niveaux (élémentaire, détaillé, avancé) avec différentes proportions d'image vs textes et informations didactiques vs théoriques selon le niveau. Ce principe permet une meilleure adéquation aux besoins ainsi qu'une progression dans le temps.

2.2 Principes de la recherche contextuelle

Le caractère contextuel de la recherche de contenu est un élément clé du concept, car une préparation hors chantier n'est plus nécessaire. Le repérage du composant permet d'accéder au contenu pédagogique associé selon deux niveaux :

- générique : le contenu en lien avec tous les composants de même famille ;
- spécifique : le contenu propre à ce produit ;

- La solution technologique de repérage du composant (à définir) devra répondre au mieux aux contraintes suivantes :
 - rapidité de l'opération de repérage,
 - éviter la saisie de texte,
 - déployable par les industriels facilement.

La persistance après la pose de ce moyen de repérage constituerait une option intéressante pour élargir la plateforme à l'exploitation-maintenance.

2.3 Principes de visualisation

Pour être largement déployable, le concept doit reposer sur des technologies courantes (en premier lieu Smartphone ou tablette).

À plus long terme, des technologies de réalité augmentée (lunettes connectées, hologrammes,...) pourraient être mises à profit sous réserve d'être d'usage courant.

2.4 Liens possibles avec d'autres plateformes

Des liens avec d'autres plateformes, existantes ou en projet, peuvent être d'ores et déjà identifiés. La cohérence voire l'interopérabilité pourraient être assurées avec ces plateformes. Citons les sujets suivants (liste indicative) :

- solutions techniques spécifiques aux bâtiments durables (base : RAGE) ;
- formation et agrément RGE ;
- armoire de plans et pièces écrites du chantier ;
- BIM (maquette numérique du bâtiment, du composant) ;
- Carte vitale du bâtiment ;
- Avis Techniques (base : CSTB).

3. Mise en œuvre du projet

Il s'agit d'un projet de grande ampleur nécessitant une étroite collaboration avec les représentants des acteurs en place, en particulier la Capeb, la FFB, et les syndicats professionnels représentant les industriels concernés.

À moyen terme, le plan de mise en œuvre pourrait être décomposé selon les sujets suivants :

- architecture globale du dispositif ;
- modèle économique (permettant un accès gratuit, *a minima* pour les contenus de niveaux inférieurs) ;
- principes d'ergonomie (à établir en collaboration avec un groupe d'utilisateurs pilotes) ;
- production de la base de contenu didactique (définition de la typologie, des cahiers des charges de format, initialisation par une première vague de contenus génériques) ;
- solutions de recherche contextuelle du contenu didactique ;
- ingénierie informatique (développement des applicatifs serveurs et clients multisupports) ;
- appropriation par les acteurs (communication, information et formation, assistance).

À l'échéance d'un an, il est proposé de réaliser une étude de faisabilité technico-économique du concept ayant pour objectif d'en définir le cahier des charges et le plan d'action détaillé. Cette étude de faisabilité serait réalisée par le CSTB conjointement avec la Capeb et la FFB. Elle inclurait une première étape de concertation avec les représentants des acteurs de la construction impactés par le projet. Dans cette étude, une première approche de l'ensemble des sujets cités ci-avant serait effectuée.

Livrables : avant-projet de la plateforme, plan d'action (détaillé, planifié et chiffré) pour la mise en œuvre.

Délai de réalisation de l'étude de faisabilité : 18 mois.

Fiche-projet n° 4

Plateforme de ressources didactiques contextuelles dédiée à la construction durable

Carte d'identité électronique du patrimoine bâti

Le patrimoine bâti représente 34 millions de logements dont 7,4 millions d'avant 1975 devront être rénovés. La carte d'identité des bâtiments neufs va être instaurée à court et moyen terme. Une carte d'identité des bâtiments anciens formant le patrimoine historique, culturel et touristique de notre pays est aussi à constituer afin de répondre aux attentes des artisans qui, en grande partie sont confrontés aux questions des clients, des associations de sauvegarde du patrimoine bâti, des architectes des bâtiments de France. L'idée consiste à créer sur Batipédia, une plateforme d'information sur le patrimoine bâti, consultable grâce à une application Smartphone ou tablette.

1. Projet : enjeux

Les particuliers font peu appel aux architectes ou à l'assistance à la maîtrise d'ouvrage pour suivre leurs travaux de rénovation énergétiques qu'ils confient aux acteurs de terrain (artisans, ouvriers, chefs d'équipe, chefs de chantier,...) pour lesquels l'accès à la connaissance et à l'information est plus difficile que pour les acteurs de la conception et de la prescription. Les sources d'informations actuelles sont dans leur forme, leur support et leur contenu, largement inadaptées au profil des acteurs de chantier.

1.1 Réponse proposée

L'idée consiste à créer une plateforme d'informations sur le patrimoine bâti et consultable grâce à une application Smartphone ou tablette afin de :

- identifier un bâtiment par reconnaissance visuelle ;
- permettre de dégager un accès rapide à l'historique de construction du bâtiment et des matériaux qui le compose ;
- permettre sa géolocalisation qui permettra par le biais d'Internet d'accéder à l'ensemble du corpus historique, administratif, économique et réglementaire pour dégager les grandes lignes des contraintes et opportunités du projet ;
- accéder à une fiche privée ou publique qui renseignera sur les travaux déjà réalisés et sur le diagnostic santé du bâtiment, s'il est disponible.
- permettre aux acteurs d'accéder simplement à l'information depuis le chantier ;
- relier cette application à un réseau open source de logiciels de maquettes numériques abordables pour les artisans et chefs d'entreprise bâtiment.

2. Structures associées au projet

Sont associés au projet les développeurs informatiques, les professionnels du bâtiment, ingénieurs, architectes, personnes de la société civile, syndicats de copropriété, agents immobiliers, urbanistes, organismes publics, Ademe, AQC, Fédérations professionnelles du bâtiment.

Le but étant de confronter les avis de chacun pour voir émerger une application dont la vocation est d'être au service de la commande et du projet avec des moyens conjugués orientés vers une démarche de développement durable. Cet outil doit être suivi et actualisé.

3. Mise en œuvre du projet

À moyen terme, le plan de mise en œuvre pourrait être décomposé selon les sujets suivants :

- architecture globale du dispositif ;
- modèle économique (permettant un accès gratuit, *a minima* pour les contenus de niveaux inférieurs) ;
- principes d'ergonomie (à établir en collaboration avec un groupe d'utilisateurs pilotes) ;
- production de la base de contenu didactique (définition de la typologie, des cahiers des charges de format, initialisation par une première vague de contenus génériques) ;
- solutions de recherche contextuelle du contenu didactique ;
- ingénierie informatique (développement des applicatifs serveurs et clients multisupports) ;
- appropriation par les acteurs (communication, information et formation, assistance).

3.1 Préparation

À l'échéance d'un an, il est proposé de réaliser une étude de faisabilité technico-économique du concept ayant pour objectif d'en définir le cahier des charges et le plan d'action détaillé. Cette étude de faisabilité serait réalisée par le CSTB conjointement avec la Capeb et la FFB. Elle inclurait une première étape de concertation avec les représentants des acteurs de la construction impactés par le projet. Au cours de cette étude, une première approche de l'ensemble des sujets cités ci-avant serait effectuée.

Livrables : avant-projet de l'application; plan d'action détaillé, planifié et chiffré pour la mise en œuvre.

Délai de réalisation de l'étude de faisabilité : 18 mois.

Ce projet de grande ampleur sera mené sur 3 ans.

Fiche-projet n° 5

Projet de création de l'IUMBD

Institut universitaire des métiers du bâtiment durable

Depuis plus de 40 ans, les Instituts universitaires de technologies ont favorisé le rapprochement entre le monde académique et les entreprises et ont fourni plusieurs générations de techniciens supérieurs bien qu'aujourd'hui près des trois-quarts continuent leurs études. Les techniciens supérieurs vont être de plus en plus recherchés pour répondre aux nouvelles exigences technologiques du bâtiment. Dans les métiers les plus technologiques, où les composants sont industrialisés voire miniaturisés, les techniciens supérieurs répondront aux attentes. Quant aux métiers à dominante manuelle, un Institut universitaire des métiers permettrait, non seulement de rapprocher le monde académique de l'artisanat ce qui apporterait aux titulaires de diplômes (Diplôme universitaire des métiers (DUM) par exemple) un savoir-faire facilitant leur insertion professionnelle mais aussi répondrait à l'industrie du bâtiment et à une frange de la jeunesse en panne "d'ascenseur social". À l'instar de l'Institut des métiers du patrimoine, créé il y a 30 ans à Troyes par l'IUT, l'Ordre des architectes, les organismes professionnels et les Compagnons du devoir, nous recommandons la mise en place d'IUM (Instituts universitaires des métiers).

1. Enjeux du projet

1.1 Constat

« La France doit devenir le pays de l'excellence environnementale. Le premier outil de la transition écologique est la mutation de l'habitat, des quartiers, des villes, des territoires... En France, nous avons des idées. Ayons aussi des mains pour les mettre en œuvre ! »

Aujourd'hui, les bâtiments consomment 40 % de l'énergie française et sont responsables de plus de 20 % des émissions de gaz à effet de serre (GES). L'objectif affiché par le gouvernement est la réduction d'émission de GES à hauteur de 23 % en 2020, 40 % en 2030 et 60 % en 2040. Au-delà de l'enjeu environnemental, le logement est avant tout un bien de première nécessité. Or aujourd'hui trop de Français peinent à se loger correctement à un prix accessible. Combiner l'ambition sociale et l'ambition environnementale, c'est l'objet du Plan de rénovation énergétique de l'habitat dans lequel le gouvernement fixe pour objectif de parvenir à 1 million de logements de haute performance énergétique par an à l'horizon 2017 dans le neuf et dans l'ancien. Compte tenu du poids du BTP dans l'économie nationale ce Plan de rénovation énergétique de l'habitat est aussi un véritable levier de reprise économique verte. Cependant, les conditions de succès de ce plan méritent d'être regardées de près. Paradoxalement, beaucoup des moyennes, petites et très petites entreprises ne survivront pas à la transition écologique. Cette inadaptation est due à un écart majeur entre nos capacités de production et les nouveaux besoins :

- aujourd'hui, le saut qualitatif de performance attendue dans l'habitat nécessite l'apprentissage d'un langage technique important tout en exigeant un niveau manuel (mise en œuvre) de très haute qualité

(excellence). Cette mise en œuvre, en particulier en rénovation, ne peut pas être lourdement remplacée par la mécanisation contrairement aux autres industries. Chaque maître d'ouvrage (en particulier les ménages) a des besoins spécifiques. Chaque bâtiment reste unique. Pour tous travaux dans le bâtiment, la qualité de la main d'œuvre est fondamentale ;

- aujourd'hui, la capacité de production est à construire : Drainées par une politique volontariste de hausse du niveau d'éducation générale (80 % de bacheliers), les formations enseignant les compétences manuelles ont vu leur réservoir de jeunes en formation initiale s'assécher progressivement.

La lente déqualification du secteur du bâtiment n'est pas inexorable. Au contraire, l'avenir nécessite une double compétence : académique et professionnelle. La filière du bâtiment doit pouvoir bénéficier de l'apport de tout jeune bien formé. L'enseignement supérieur doit s'ouvrir aux métiers du bâtiment.

1.2 Réponse proposée : l'Institut universitaire des métiers du bâtiment durable

L'ambition du plan de rénovation énergétique de l'habitat nécessite de décloisonner nos outils de production et de formation. La mise en place d'Instituts universitaires des métiers (IUM) qui, à l'instar des IUT ont favorisé le rapprochement entre le monde académique et les entreprises, permettraient de rapprocher le monde académique de celui de l'artisanat. À travers ce projet, nous souhaitons :

- ouvrir l'accès de l'enseignement supérieur aux métiers manuels du bâtiment, aux futurs artisans et compagnons. Créer des Instituts universitaires des métiers ;
- permettre aux jeunes de participer concrètement au plan de rénovation thermique : allier théorie et pratique.

Ces Instituts formeraient les étudiants à une double compétence. Cette formation originale alliant la formation professionnelle avec son CAP et BAC PRO, à une formation universitaire sanctionnée un diplôme universitaire (DU), comme par exemple : le DU Diplôme universitaire Compagnons en bâtiment durable (CBD). Mis en place il y a deux ans, il s'effectue sur 1 an en alternance et comprend 500 heures de cours universitaires, dont 60 % de pratique et 1700 heures en entreprise.

Les métiers concernés seraient tournés vers l'enveloppe du bâtiment (maçons, peintres, couvreurs, menuisiers métalliques ou bois, façadiers) ; ils pourraient aussi former les plombiers chauffagistes, plâtriers, plaquistes qui ont une influence sur la performance énergétique des bâtiments. Ils pourraient également participer à la création de licences professionnelles dans ces domaines et développer des passerelles avec les autres formations du secteur (ingénieurs, architectes, économistes,...). La formation théorique pourrait être confiée aux enseignants de l'université et des grandes écoles. La formation pratique pourrait être confiée aux Compagnons du devoir, aux CFA, aux Meilleurs ouvriers de France...

1.3 L'inscription dans des Campus du bâtiment durable en région

L'enjeu d'adaptation nécessite de pouvoir s'appuyer sur les pôles de compétences en région qui ont déjà commencé à s'organiser, par exemple sous la forme de Plateformes régionales du bâtiment durable, rassemblant les organismes impliqués dans la recherche et la formation dans le domaine de la construction durable. Ce réseau de plateformes a vocation à se structurer et s'enrichir mutuellement. Au sein de chaque plateforme, chaque centre de formation d'un acteur de la construction doit prendre connaissance du rôle des autres métiers impliqués. Les étudiants doivent avoir l'opportunité de se côtoyer pour mieux travailler ensemble.

Notions à retraduire et à développer dans les enseignements :

- l'ouverture d'esprit de chaque corps de métier aux enjeux globaux des performances de tous types de la construction (énergétiques, environnementaux mais aussi bien sur économiques et sociétaux) et très concrètement le lien existant entre son métier, la façon de le faire, avec ces enjeux globaux.
- la responsabilisation traduite par l'autocontrôle de chacun sur son travail au regard du niveau à atteindre dans son domaine, mais aussi des incidences vis-à-vis du travail des autres intervenants.

2. Structuration du projet

2.1 Équipe

Une équipe constituée d'un directeur, d'une équipe administrative (de 2 personnes dans un premier temps) fonctionnant avec un réseau de formateurs et d'experts.

2.2 Porteurs du projet

CSTB

2.3 Structures associées au projet

Ministère de la Culture, de l'Enseignement supérieur, L'Institut universitaire des métiers du patrimoine (IUMP), les centres de formation professionnelle (CCCA, Compagnons,...), l'Institut supérieur des métiers, les MOF.

3. Problématique (synthèse)

Au-delà de ces nouveaux concepts, en pratique, un premier IUMBD pourrait être créé au sein de la Communauté universitaire d'enseignement (COMUE) de Marne-la-Vallée (cluster Descartes) où tous les acteurs sont déjà présents et engagés dans des réseaux collaboratifs autour du thème de la ville durable. L'expérimentation est en marche.

La transition énergétique impose une transition sociale qui remette tous les acteurs dans l'action, l'emploi, la responsabilité. Elle permet, dans une certaine mesure, de renouer le dialogue interrompu à la fin du 19^e siècle, entre les cols bleus et les cols blancs. Elle est une chance fondamentale pour les générations futures, si nous prenons toutes les dispositions en termes de recherche et développement, mais aussi de formation à tous les niveaux. La création des IUMBD doit permettre de donner un nouveau souffle aux métiers-clés pour répondre aux enjeux du développement durable. Les IUMBD créeront des filières de réussites pour des jeunes qui aspirent à prendre part au développement durable de l'habitat. Notre habitat est le révélateur de notre civilisation. Notre habitat de demain sera le révélateur du futur de notre civilisation.

4. Mise en œuvre du projet

Le modèle économique pour ce projet n'a pas encore été élaboré, cependant l'IUMBD pourrait être une plateforme Bâtiment Energie Grenelle.

Réalisation :

Le statut et le choix de la structure fonctionnelle reste à déterminer.

Bibliographie

Ouvrages

Rifkin Jeremy, Une nouvelle conscience pour un monde en crise, vers une civilisation de l'empathie, Essai traduit de l'américain par Françoise et Paul Chemla, éditions Actes Sud, septembre 2012, 893 p.

Salomon Thierry, Jedlicka Marc, Marignac Yves, Association Négawatt, Manifeste Négawatt, réussir la transition énergétique, éditions Actes Sud, Domaine du possible, janvier 2012, 369 p.

Heros Mireille, Regards sur le bâtiment, le futur en construction, Entretiens avec Alain Maugard, éditions Le Moniteur, décembre 2006, 180 p.

Maugard Alain, Cuisinier Jean-Pierre, Regard sur la ville durable. Vers de nouveaux modes de vie, éditions CSTB, février 2010, 277 p.

Bouygues, Construire avant de construire, La révolution de la maquette numérique, éditions de Bouygues Construction, mars 2014, 47 p.

Celnik Olivier, Lebegue Éric, Nagy Guersendre, BIM et maquette numérique pour l'architecture, le bâtiment et la construction, éditions Eyrolles et CSTB Editions, juin 2014, 619 p.

Buttenwieser Isabelle, Panorama des techniques du bâtiment, 1947-1997, éditions CSTB, juillet 1997, 335 p.

Collectif CSTB, Solutions innovantes pour la réhabilitation des maisons individuelles, éditions CSTB et Fondation bâtiment énergie, juin 2013, 201 p.

Collectif CSTB et Socotec, Développement durable, construire, rénover, exploiter, Tome 1, février 2012, 440 p.

Capeb, Quels artisans en 2025 ?, *Les cahiers de tendances*, n° 1, janvier 2012.

AFPA, Alternatives économiques, Les métiers du bâtiment à l'heure du développement durable, octobre 2011.

Technofi, Diffusion des nouvelles technologies de l'énergie dans le bâtiment, Pipame, DGCS, juin 2009.

Portraits statistiques des métiers 1982-2011, domaine B-Bâtiment, travaux publics, direction de l'animation de la recherche, des études et des statistiques (Dares), 2013.

Bessiere Sabine, Omalek Laure, Viney Xavier, Klein Tristan, Lainé Frédéric, Bonnet Anita, ZANDA Jean-Louis, Focus 3, les métiers du bâtiment et des travaux publics, Les métiers en 2009, *Dares Analyses*, n° 069, octobre 2010.

Amira Selma, Ast Doroyhée, Des risques professionnels contrastés selon les métiers, *Dares Analyses*, n° 39, mai 2014.

Gineste Sandrine, Reboul Jean-Louis, Luciani Jean, CEP Construction, Rapport final, Bernard Brunhes Consultants, décembre 2006.

Gay Catherine, Montarello fanny, Développement durable, gestion de l'énergie, Évolutions et conséquences sur l'offre de formation, *CPC études*, 2010/01, ministère de l'Éducation nationale, janvier 2010.

Kalck Paul, Une vision prospective des métiers développée par les professionnels du bâtiment, *Bref*, n° 254, Centre d'études et de recherches sur les qualifications (Céreq), juillet 2008.

Rapport du groupe Prospective des métiers et qualifications, Les métiers en 2022, France Stratégie, Direction de l'animation de la recherche, des études et des statistiques (Dares), avril 2015.

Sites Web consultés

Plaquette dispositifs Dorémi, Institut-négawatt.com,

http://www.institut-negawatt.com/fichiers/doremi/141205_Plaquette_DOReMI.pdf

Co-evolutionproject.org, Tirel Marc, La puissance inquiétante de l'école mutuelle,

<http://co-evolutionproject.org/wp-content/uploads/2011/12/n2-commencements-marc-tirel-puissance-ecole-mutuelle.pdf>

Knowtex.com. Audrey Bardon, 20 sites qui vous donnent envie d'apprendre, 17 septembre 2012,

<http://www.knowtex.com/blog/20-sites-qui-vous-donnent-envie-apprendre/>

Youtube.com. Du paradigme de l'éducation, Lepri Jean-Pierre,

<https://www.youtube.com/watch?v=e1LRrVYb8IE#t=128>

Gerflint.fr. La méthode d'Edgar Morin, pistes de lectures, *Synergie Monde*, n° 4, 2008,

<http://gerflint.fr/Base/Monde4/cortes.pdf>

College-de-France.fr. Tarascon Jean-Marie, Le stockage de l'énergie dans le cadre du développement durable, 2 mars 2015,

<http://www.college-de-france.fr/site/entretiens/Le-stockage-de-lenergie-dans-le-cadre-du-developpement-durable-3-.htm>

College-de-France.fr. Tarascon Jean-Marie, Chimie et transition énergétique, 3 mars 2015,

<http://www.college-de-france.fr/site/entretiens/Chimie-et-transition-energetique.htm>

College-de-France.fr. Vers de nouveaux matériaux hybrides toujours plus performants, Clément Sanchez, 16 mars 2015,

<http://www.college-de-france.fr/site/entretiens/Vers-de-nouveaux-materiaux-hybrides-toujours-plus-performants.htm>

College-de-France.fr. Des matériaux hybrides autoréparables inspirés de la nature, Clément Sanchez, 16 mars 2015,

<http://www.college-de-france.fr/site/entretiens/Des-materiaux-hybrides-autoreparables-inspires-de-la-nature-3-.htm>

Eco-energie-montreal.com. Une révolution imminente dans le stockage d'électricité à grande échelle va verdir les voitures électriques, jean-claude cousineau, 24 mars 2015,

<http://eco-energie-montreal.com/post/stockage-energie-solaire-voitures-electriques/>

developpement-durable.gouv.fr. Zoom métiers dans l'économie verte, 6 janvier 2015,

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Zoom-sur-les-metiers-du-batiment.html#.VRnVlpwvxA.mailto>

Liberation.fr. Mon lave-linge et moi, c'est pour la vie ! Coralie Schaub, 25 mars 2015,

http://www.liberation.fr/terre/2015/03/25/mon-lave-linge-et-moi-c-est-pour-la-vie_1228260

Youtube.com. Rencontre publique avec Bernard Stiegler et Michel Bauwens, Centre Pompidou, mardi 16 septembre 2014,

<https://www.youtube.com/watch?v=zAKdM8g2F1Y>

lemoniteur.fr. Onze innovations qui concilient efficacité énergétique et baisse des coûts de construction, 5 février 2015,

<http://www.lemoniteur.fr/article/onze-innovations-qui-concilient-efficacite-energetique-et-baisse-des-couts-de-construction-27419361>

Lemoniteur.fr. Concours pour Bio Innovation, Moniteur n° 5813, le 24 avril 2015

<http://services.lemoniteur.fr/mot-cle/815>

Lemoniteur.fr. Gros œuvre les rupteurs de ponts thermiques, n° 5813, le 24 avril 2015

<http://services.lemoniteur.fr/mot-cle/738>

Acpresse.fr. Quatre propositions de l'AIMCC pour l'avenir du bâtiment, n° 5 février 2015,

<http://www.acpresse.fr/quatre-propositions-de-laimcc-pour-lavenir-du-batiment/>

Boispe.fr. Actualités, Centre de formation et innovation Bois PE, Michel Sarre (Puy Mory Bois), Les tests de glissance pour l'Aquapolis ont mis tout le monde d'accord !

http://www.boispe.fr/Michel-Sarre-Puy-Mory-Bois-les-tests-de-glissance-pour-l-Aquapolis-ont-mis-tout-le-monde-d-accord-_a206.html

Construction21.org. Développement durable : une appli pour vivre l'éco-quartier, Agathe Ducellier,

<http://www.construction21.org/france/articles/fr/developpement-durable--une-appli-pour-vivre-lecoquartier.html#.VSV9ZpdTw0s.linkedin>

Batiactu.com. Référence du 1^{er} Avril 2015. Une maison en bois assemblée sans clou, ni visse... ni colle, Augustin Flepp

<http://www.batiactu.com/edito/une-maison-bois-assemblee-sans-clou-ni-visni-colle-40854.php>

Page Facebook de DC Consultants Troyes, 20 Avril 2015, https://www.facebook.com/permalink.php?story_fbid=1571006563166805&id=1562660814001380&substory_index=0

Emploi.gouv.fr. 6 décembre 2012, Les portraits statistiques de métiers 1982-2011, avril 2013,

<http://travail-emploi.gouv.fr/etudes-recherches-statistiques-de,76/etudes-et-recherches,77/publications-dares,98/synthese-stat-synthese-eval,2212/02-les-portraits-statistiques-de,15616.html>

Gouv.fr. Synthèse prospective formation emploi, La construction, Bernard Brunhes Consultants, Synthèse n° 47, 2008

www.emploi.gouv.fr/files/files/synthese_prospec_construction.pdf.

Métier-BTP.fr, L'observatoire des métiers du BTP, page d'accueil,

www.metiers-btp/Pages/accueil.aspx.

PARTIE IV
Annexes

Annexe 1

La non-qualité et la sinistralité dans le bâtiment

1. Le coût de la non-qualité dans le bâtiment par la fondation SMABTP

La création en 1994 de la fondation d'entreprise Excellence SMA se situe dans le prolongement de cette action. Son objectif est de promouvoir la qualité sous toutes ses formes, notamment dans le domaine de la construction, auprès des professionnels mais aussi des jeunes en formation. Concrètement, cela passe par :

- la sensibilisation du plus grand nombre de professionnels du BTP au coût de la non-qualité ;
- l'encouragement à généraliser les comportements de prévention des sinistres.

Dans le domaine du BTP, la non-qualité coûte cher :

- avant et pendant la construction : perte de temps, reprises d'ouvrages, dépenses liées à des problèmes d'organisation interne des entreprises, de matériaux non conformes, d'organisation des chantiers,...
- une fois l'ouvrage achevé : la sinistralité "décennale", composante de la non-qualité, représente 200 000 sinistres déclarés par an aux assureurs et plus d'un milliard d'euros versés en règlements.

Si la mutualisation des risques organisée par les assureurs permet à chaque assuré de faire face à la plupart des charges engendrées par ses sinistres, le coût de la non-qualité est supporté *in fine* par la collectivité des assurés. En outre, certains coûts restent à la charge des acteurs de la construction.

2. Calculer la non-qualité dans le bâtiment par Guy Couturier

En 1991, Le Mouvement français pour la qualité a mis en évidence que les coûts de non-qualité représenteraient en France de l'ordre de 15 % du chiffre d'affaires des entreprises.

2.1 Calculer la non-qualité

Le coût de non-qualité n'est pas calculé de la même manière dans toutes les entreprises. Il existe un certain flou entre la notion de Coût de la non-qualité (CNQ) et de Coût d'obtention de la qualité (COQ). Les coûts de non-qualité prennent en compte :

- coûts de prévention : coût de formation du personnel, coût des actions de maintenance permettant d'assurer la stabilité du processus de fabrication, coût des actions d'amélioration ;
- coûts de détection : coût des dispositifs de contrôles (leur entretien et leur gestion) ;
- coûts de défaillance interne : manque à gagner dû à la production des non-conformités (coût des retouches, des rebuts, des activités humaines supplémentaires, des consommations de produits supplémentaires ;

- coûts de défaillance externe : coût des retards de livraison, coût de gestion litiges avec le client, coûts logistiques d'acheminement ou de stockage du produit de remplacement ;
- coûts du préjudice commercial : coût de dégradation de l'image de l'entreprise, coût de la perte de clients.

Coûts de non-qualité = coût de prévention + coût de détection + coût de défaillance interne + coût de défaillance externe + coût du préjudice commercial.

2.2 Réduire les coûts de la non-qualité

Les coûts de non-qualité peuvent être diminués par la mise en place de contrôles, puis d'actions de prévention. Pour les réduire davantage, il faut mettre en place un système d'assurance de la qualité avec l'usage de divers outils et techniques de réduction des erreurs humaines.

En 1984, selon le rapport de Gérard Bapt, la non-qualité représente 10 % à 30 % de la valeur ajoutée des entreprises (soit 2 500 euros par an et par salarié). En 1987, selon Édouard Balladur, la non-qualité a représenté 50 milliards d'euros, plus d'un quart du budget national, 20 à 30 % du chiffre d'affaires des entreprises ou des budgets d'organisation.

Une autre estimation du coût de la non-qualité (CQN) en France a été donnée :

- 25 milliards d'euros dans l'industrie du bâtiment ;
- 45 milliards d'euros pour l'ensemble de l'activité industrielle.

Ramené à un salarié, ce CQN est de 2 166,6 euros/an. Le ratio moyen par rapport au chiffre d'affaires est de 20 à 25 %. En Grande-Bretagne, il est de 180, soit 500 livres/ouvrier/an, aux USA de 500 à 1 000 dollars/ouvrier/an (ratio 10 à 15 %), au Japon, le ratio est de 5 à 8 %.

3. Rencontre organisée par la Dreal Lorraine : lutter contre la sinistralité dans le bâtiment

3.1 Comment réduire la sinistralité ?

Au-delà de l'enjeu technique qu'il constitue, le thème de la sinistralité s'impose par les enjeux économiques, sociaux et environnementaux qu'il représente en France et en Lorraine. Le coût de la non-qualité représente 10 % du chiffre d'affaires de la construction neuve dont 7,5 % de malfaçons reprises en cours de chantier et 2,5 % pris en charge par l'assurance construction. Pour la Lorraine, le coût des désordres entre 1996 et 2006 représente 23 millions d'euros. La réduction de la sinistralité est donc un objectif majeur des organisations professionnelles de la construction et de l'assurance réunies au sein de l'Agence qualité construction (AQC), association loi 1901. Elle regroupe toutes les organisations professionnelles de la construction autour d'une même mission : prévenir les désordres dans le bâtiment et améliorer la qualité de la construction.

Au travers de son outil d'observation Sycodes (Système de collecte des désordres), l'AQC dispose de renseignements sur l'évolution de la sinistralité. Les données y sont régionalisées afin de mieux identifier les pathologies de chaque territoire. La Dreal Lorraine a invité tous les acteurs de la construction à une réunion d'information et d'échanges autour d'une table ronde afin de présenter cet observatoire et apporter un éclairage

sur les pathologies régionales aux professionnels de la construction. Ont participé à cette table ronde :

- Matthieu Fournier, chargé de mission de la qualité de la construction à la direction générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature du ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer) ;
- Godlive Bonfanti, responsable de l'Observatoire de la qualité de la construction à l'Agence qualité construction, accompagnée de Gilles Fourniez, expert construction de la région Lorraine et président de la Compagnie française des experts construction ;
- Pierre Trouillard, président régional de l'Union des maisons françaises de Lorraine ;
- Jean-Marie Heisser-Vernet, expert auprès la cour d'appel de Nancy, architecte DPLG ;
- François Brun, ingénieur ETP, gérant de Est-Control ;
- Denis Jacquél, président de l'Union régionale Capeb Lorraine ;
- Jacques Laporte, président FFB Lorraine ;
- Patrice Kieffel, directeur technique Vente et Développement, Logiest ;
- Michèle Plataret-Knochel, directrice des Réglements, Groupe Camacte-Cam BTP ;
- Fabrice Conin : Cete Est, Laboratoire de Strasbourg.

3.2 Points abordés

Afin de faire baisser la sinistralité des bâtiments, différents points ont été abordés lors des échanges :

- la certification et la recherche de la qualité ;
- la mise en place de labels (éco-artisan) ;
- les formations (feebat) et la valorisation des apprentis ;
- la mise en place d'un système d'assurance bonus-malus ;
- l'obligation de la fourniture d'une étude de sol par le vendeur lors de la vente d'un terrain à bâtir ;

Par ailleurs, les lois Grenelle 1 et 2 constituent un véritable défi à relever par les professionnels de la construction avec des objectifs ambitieux à atteindre comme la généralisation des Bâtiments basse consommation (BBC) dès 2011 pour le secteur non résidentiel et les programmes Anru, et dès 2013 pour le secteur résidentiel.

Annexe 2

Témoignages de chefs d'entreprise PME ou d'artisans

1. Philippe Adam, artisan carreleur (6 personnes, Marne, 51)

La réalisation d'un chantier est orchestrée par une succession d'étapes identifiées et communes à toutes les opérations, qu'elle que soit la destination d'un bâtiment ou d'un projet. Ces étapes sont répertoriées dans un cahier des charges qui en synthétise les principaux temps, à savoir : objet des travaux, localisation, choix des revêtements, planning de mise en œuvre. Ce dernier critère est un des points majeurs du bon achèvement d'une opération.

1.1 Appels d'offres, fonctionnement d'un chantier

Les enseignements tirés de la réalisation de nombre d'opérations devraient porter leurs fruits et inciter les auteurs d'un projet à mettre tout en œuvre pour appréhender au mieux sa concrétisation. Il n'en est cependant pas toujours ainsi. Qu'il s'agisse d'une volonté de faire preuve d'originalité ou d'un manque de maîtrise du sujet, le premier écueil d'une opération apparaît au moment du choix des matériaux. L'entreprise répond sur un CCTP avec des indications définies par la maîtrise d'œuvre, stipulant telle marque ou qualité équivalente. Pour autant, bien souvent, les CCTP ne sont pas à jour : les séries demandées n'existent plus, les usines ont fermé, etc.

D'un point de vue technique, des audacieux se rencontrent. Ils peuvent décrire un poste et son contraire, comme par exemple « fourniture et pose collée sur chape à bain de mortier ». Or, il s'agit soit d'une pose collée relevant du DTU 52.2, soit d'une pose scellée DTU 52.1, un exemple d'incohérence parmi d'autres... Côté entreprise, le but est d'optimiser les choix de façon à améliorer ses marges d'achat, voire de mise en œuvre selon le carreau retenu (format, rectifié ou non, etc.). L'entreprise entre ainsi dans de multiples négociations : avec la maîtrise d'œuvre (la fameuse "moulinette", en clair « *je peux vous faire votre chantier avec le montant que vous m'indiquez, mais avec d'autres produits équivalents* ») et avec le fournisseur, une fois le matériau choisi. Une grosse partie du gain de l'entreprise se détermine en effet au stade de la préparation d'une opération et le choix des matériaux y est pour beaucoup.

À ce stade de négociation, tous les lots ont en mains les plans de l'opération. Or, toutes ces tractations vont générer des changements de côtes, de valeurs, des incompatibilités entre les matériaux mis en œuvre par différents lots, ce qui peut avoir des répercussions négatives sur les ouvrages : incohérences au mieux, mises en évidence lors de ces nouveaux choix, au pire lors de la mise en œuvre... Aujourd'hui encore, dès le premier rendez-vous de chantier comme pendant toute la durée de ce dernier, l'architecte est susceptible de modifier le projet. Le bureau de contrôle est donc contraint d'émettre de nouveaux avis, le bureau d'études de nouveaux plans. L'enchaînement des tâches prend un retard considérable. Les différents corps d'état sont amenés à intervenir sur site de façon simultanée, au détriment de la qualité des réalisations et de la protection des ouvrages. Une cascade de contraintes et de dépenses directement liées à des changements qui pourraient être évités, et non à des aléas potentiels de chantier... Il ne faut pas perdre de vue que bien souvent les opérations de bâtiment doivent être livrées pour les congés d'été ou d'hiver. Or un temps

précieux est perdu à refaire plusieurs fois les mêmes travaux, à régler des problèmes techniques engendrés ou subis. Sans parler des conséquences financières...

Après plusieurs recalages de planning, on n'a plus le temps. « *Maintenant, il faut y aller, il faut mettre les moyens, il faut renforcer vos effectifs* » est la phrase par excellence des décideurs, eu égard aux délais d'intervention comprimés par l'ordonnancement, pilotage et coordination. Les entreprises se précipitent pour réaliser leurs ouvrages, menacées de pénalités de retard... Cette précipitation, non maîtrisée, entraîne toutes sortes de malfaçons. L'ouvrage est repris en disposant d'encore moins de temps, sans parler de la sécurité du chantier qui, revendiquée haut et fort en début d'opération, semble avoir disparue au profit d'une fourmilière d'entreprises qui interviennent en même temps dans une ou plusieurs zones du chantier, au détriment de toutes les règles de sécurité. Il n'est pas rare de mettre en œuvre en même temps le carrelage, le chauffage et le plafond en passant par l'électricien qui pose ses gaines... Un planning déjà serré en début de chantier a laissé place à un planning irréalisable. Pour une même tâche, un planning incompressible peut se voir réduit de moitié, alors que techniquement les contraintes de mise en œuvre n'ont changé en rien... Et que dire du manque de respect des prestations respectives à chaque entreprise par les autres corps d'état...

1.2 Appels d'offres, propositions

Il existe deux objectifs majeurs et communs à la maîtrise d'œuvre, à la maîtrise d'ouvrage et l'entreprise : réaliser un ouvrage de qualité pour assurer sa pérennité, et ce dans une enveloppe financière maîtrisée. Au vu du constat dressé ci-dessus, il pourrait être envisagé de mettre en place un appel d'offres matériaux, en amont de l'appel d'offres de mise en œuvre, qui aurait pour objet de déterminer le choix des matériaux uniquement. L'appel d'offres matériaux serait publié à destination des fournisseurs seuls, deux mois avant l'appel d'offres mise en œuvre qui mentionnerait ainsi, et de façon figée, les produits retenus à destination des entreprises soumettant une offre. Cette période de deux mois permettrait de finaliser les plans de l'opération et de les faire valider par les bureaux de contrôle, sans qu'il soit possible d'y revenir ensuite (sauf cas de force majeure lors du déroulement de chantier bien sûr). À noter que ce système éviterait également tout type de négociation entre les acteurs décideurs en marge des négociations contractuelles...

L'appel d'offres matériaux constituerait en plus un moyen équitable pour tous les fournisseurs intéressés de proposer leur candidature. Ils pourraient ainsi mettre en avant leurs produits et en particulier, leurs avancées techniques en relation avec les nouvelles contraintes environnementales, à savoir : mesures énergétiques, développement durable. En effet, l'entreprise n'a pas toujours les éléments ni la connaissance suffisante du produit pour valoriser ces critères dans son offre, alors qu'ils deviennent des arguments majeurs dans le choix des produits. La mise en valeur des points forts du fabricant pourrait conduire vers la reconnaissance d'un savoir-faire sous forme d'un agrément.

En termes financiers, il convient également de souligner la recrudescence des vols sur le chantier qui, autrefois marginaux, sont désormais devenus habituels. L'exception aujourd'hui serait plutôt l'absence de vol sur site... Il peut s'agir de vols commis par des acteurs internes au chantier ou externes, ces derniers se livrant souvent en plus à des dégradations volontaires... Ce facteur nouveau doit être pris en compte et faire l'objet de mesures anticipatives. En effet, au-delà du préjudice financier, matériel et des temps de reprise, la qualité du bâtiment peut également s'en trouver altérée. Par exemple, tel corps d'état ne posera pas les pièces de finition en raison du risque de vol, ce qui peut être contraire au respect des règles de l'art et engendrer des désordres dans le bâtiment, dès sa conception.

Les litiges postérieurs éventuels, comme les frais de reprises, engendreront aussi des dépenses qui auraient pu être évitées.

2. Julien Panico, entrepreneur de génie civil, maçonnerie (9 personnes, Somme, 80)

En préambule, la qualité d'un ouvrage, d'un chantier ne se résume pas à l'analyse d'un produit fini bien emballé. La qualité commence dès la conception du projet par un ensemble de professionnels soucieux du résultat mais aussi de la vie de l'ouvrage, de son coût de réalisation, sa maintenance, ses besoins énergétiques, de l'insertion dans le paysage, de la prise en compte du besoin des utilisateurs, du maître d'ouvrage,... La qualité est la parfaite émulsion entre professionnalisme et technicité, tensioactifs garants des bonnes pratiques.

2.1 Déroulement d'un chantier

2.1.1 Avant-projet

Pour tout projet bâtiment ou infrastructure, il y a une racine, une esquisse, l'avant-projet. Lui-même décomposé en deux étapes : l'avant-projet sommaire (APS) suivi de l'avant-projet définitif (APD). De ces étapes primordiales découlent une série d'étapes : étude d'exécution, conformité et visa. Ces étapes primordiales pour le sujet qui nous occupe, accoucheront d'un Cahier des clauses administratives particulières (CCAP) et du sacro-saint Cahier des clauses techniques particulières (CCTP), sans lequel le projet s'arrête, et de la décomposition du prix global forfaitaire (DPGF) qui aura certainement servi à valoriser le projet avant les consultations. Toutes ces étapes étant exécutées en vase clos le plus souvent par la maîtrise d'œuvre en concertation avec la maîtrise d'ouvrage et avis du bureau de contrôle. Beaucoup de problèmes (qualité des matériaux demandés, surévaluation quantitative, mauvaise appréciation des besoins, budget irréaliste) rencontrés lors de la réalisation ou sur le produit fini apparaissent dès le niveau de conception (CCTP incohérent avec le projet ou les normes en vigueur, protection incendie inadaptée, liste non exhaustive de cas rencontrés). Tout ceci produit des surcoûts de réalisation dans le meilleur des cas, dans le pire des désordres dès la mise en service de l'ouvrage.

Là ça se corse ! le planning de travaux étant souvent défini dès l'APD, nous voilà confronté à la lenteur administrative, PLU, monuments de France, mairies, (emprises sur le domaine public...), protection EDF ou GDF. À cette étape commence la première partie de ce que l'on appelle dans notre région ; le jeu de la toulotte (dont je tairais les règles et la définition). Généralement, le délai imparti à cette étape étant souvent extrêmement sous-estimé et le délai de fin de travaux, lui, reste toujours identique, les pénalités de retard commencent dès cette étape, sans le savoir. Par expérience, la résolution des problèmes rencontrés à ce niveau et l'impact sur le reste du chantier dépend parfois uniquement de la "qualité" de votre répertoire téléphonique, là encore ces étapes annexes peuvent être à l'origine de surcoût, ou de problèmes qualitatifs pour le produit fini.

2.1.2 Consultation et déroulement du chantier

Dès l'ouverture du dossier ce qui frappe souvent c'est l'amateurisme de certaines maîtrises d'œuvre. Le copier-coller semble être devenu la norme : produits demandés disparus des catalogues depuis plus de cinq ans, certains CCTP n'ont pas encore intégré la RT 2005 (cas rencontré en 2015), porte coupe-feu à la norme suisse, description des ouvrages d'étanchéité des murs enterrés ne respectant pas le DTU 20.1, exigences des monuments de France ne respectant pas les DTU sur les parements extérieurs, ... Une fois cette lecture fastidieuse terminée, deux options se présentent. La première, répondre selon CCTP, prier pour se faire valider les travaux supplémentaires. La deuxième, signaler les incohérences à la maîtrise d'œuvre et/ou maîtrise d'ouvrage, au risque de s'attirer les foudres et de se faire recalier à l'ouverture des plis (la maîtrise d'œuvre ayant souvent l'analyse des offres et la notation des mémoires techniques, dans ses attributions, "tranquillité ou technicité, ça se passe ici").

J'ai choisi la première option, je suis le moins disant, j'ai la commande. Les problèmes rencontrés à la consultation apparaissent dès la première réunion avec les premières tensions : chiffrage des travaux supplémentaires, validé si le budget dispose d'élasticité. Sinon, le projet sera revu, là encore source de retards ou pire le projet est amputé de ce qui pouvait parfois représenter sa qualité architecturale, par exemple. À ce stade, le planning reste inchangé, la co-activité promet d'être intense avec le risque de voir apparaître les premières malfaçons, une sécurité proche des standards des années 50. Le réalisme reprend le dessus, le planning recadré, le retard est là avec ses conséquences financières. L'OPC remet la pression, œillère et lunettes de soleil sont de rigueur sur le chantier, on évite de regarder les détails, nos collègues de l'espace Schengen font leur apparition (ne parlerons pas des conditions de travail). Un seul objectif : date de livraison, au détriment du reste.

2.1.3 Analyse et propositions

La majorité des problèmes rencontrés dans la vie d'un ouvrage a souvent pour origine des défauts maîtrisables dès l'APS et l'APD, que ce soit en termes de qualité, de coût, de gaspillage ou de conditions de travail. Pour ma part, le 80/20 s'identifie à cette étape, en introduisant une entreprise de terrain (une sorte d'arbitre, peut être réfléchir à une habilitation) dès l'avant-projet, qui aurait pour mission d'analyser l'APD et le CCTP (une assistance technique, financière), avec un vrai pouvoir décisionnel et pas seulement consultatif. Les projets obtenus seraient optimisés (qualité/coût). Ce principe se retrouve déjà avec l'Assistance départementale pour les territoires de l'Oise (ADTO), notre idée est assez proche à l'exception qu'il s'agirait d'une entreprise privée de terrain aguerrit au marché public et ses contraintes.

La deuxième piste d'amélioration interviendrait peut être à l'étape de l'ouverture des plis. Le mémoire technique prenant une place de plus en plus importante dans la notation, on se retrouve en concurrence avec des entreprises qui applique "la technique de la confiture moins on en a plus on l'étale". Là encore des entreprises se voient confier des marchés sans avoir l'expérience requise (exemple concret : un collègue répond sur un chantier d'ITE, il est en concurrence face à moi, il a le marché, son mémoire est le meilleur je le reconnais, mais le hic est là : habituellement je lui réalise en sous-traitance ce type de chantier, il n'a pas la technicité et vient me demander conseil, il a des problèmes à la réception ! Il a quand même réussi à glisser des travaux supplémentaires pendant la prestation). Pourquoi ne pas remplacer ou compléter le mémoire par un audit assez court, téléphonique ou en rencontrant l'entrepreneur, pour vérifier les qualités intrinsèques de son mémoire ? Cette démarche aurait le mérite de permettre un réel échange et peut être aussi pour lui, de remonter des incohérences sur le dossier ou des suggestions.

Pour répondre à une des solutions évoquées par mon collègue carreleur, je suis contre l'appel d'offres matériaux. Cela existe déjà dans certains marchés privés, le résultat est un prix d'achat/revente imposé où le grand gagnant est le fabricant. J'ai vu des cas où il y a 0 % de marge sur les fournitures et le prix d'achat. Les matériaux en question peuvent avoir subi une plus-value conséquente entre la consultation et la sortie de l'appel d'offres ce qui ne répond pas à la problématique de l'économie de la construction.

3. **Éric Bétrancourt, entrepreneur d'électricité (35 personnes, Seine-Saint-Denis, 93)**

Dans l'absolu, un chantier ne peut se dérouler correctement que si tout est clair avant le début des travaux. Cela peut paraître une évidence mais la réalité est généralement toute autre car cela sous-entendrait le respect de plusieurs points.

a) Avant les travaux, le maître d'ouvrage :

- définit précisément ses demandes ;
- a les moyens de ses ambitions ;
- possède tous les DOE exécutés sur le bâtiment (afin d'éviter toutes surprises lors des déposes ou synthèse) ;
- a expliqué ses besoins à son bureau d'études.

Avant les travaux, le bureau d'études :

- a retranscrit toutes les demandes de son client ;
- lui a apporté toute ses lumières techniques (visant à améliorer le projet) ;
- les consultations sont lancées auprès de sociétés qualifiées dans leur métier, assurées et ayant déjà réalisé des opérations similaires.

Avant les travaux, les entreprises :

- sont choisies en fonction de leur réponse technique et budgétaire (et non financière seulement) ;
- s'engagent à fournir leur étude d'exécution avant l'exécution.

Avant les travaux, les bureaux de contrôle, bureaux d'études et maître d'ouvrage s'engagent à donner un avis favorable avant exécution :

- une synthèse en 3D est effectuée avant exécution ;
- le BIM (Building information modeling) devrait être plus souvent employé ;
- les plateformes collaboratives sont systématiquement mises en place afin que chaque entreprise connaisse les modifications en temps réel ;
- une réunion préparatoire est effectuée avec toutes les entreprises pour l'organisation du planning (non imposé par l'architecte mais proposé par les entreprises tout en respectant le planning général) ; c'est ce qu'on appelle le lean management ;
- un pilote efficace vérifie les limites de prestations entre les entreprises et la correspondance entre deux DTU voisins.

b) Pendant les travaux :

- tous les représentants d'entreprise arrivent à l'heure à la réunion ;
- chaque entreprise :
 - respecte ses délais d'une semaine sur l'autre,
 - anticipe les problèmes futurs ;

- chaque problème :
 - est résolu sur plan plutôt que sur site,
 - est consigné sur le chantier afin d'éviter de le reproduire ultérieurement,
 - toutes les entreprises ont :
 - un objectif de résultat final global,
 - un esprit transversal et non individualiste,
 - ne cherchent pas à justifier leurs erreurs en se défaussant sur les autres,
 - tout est mis en œuvre pour optimiser le temps et rendre le chantier le plus court possible.
- c) **Après les travaux :**
- les situations de facturation correspondent à l'état d'avancement des travaux ;
 - sont respectés les délais de :
 - règlement,
 - levée des cautions bancaires ;
 - une réciprocité de service est assurée entre client et fournisseur ;
 - un sentiment de fidélisation se noue au fil du temps ;
 - un turn over minimal se constate au fil du temps.

4. Conclusion

Le déroulement décrit ci-dessus d'un chantier réussi est effectivement réalisable dans un monde idyllique où :

- les restrictions budgétaires seraient moins drastiques ;
- toutes les entreprises justifieraient de la qualité de formation et d'éducation de leur personnel (ou sous-traitant) ;

Cela serait réalisable si toutes les entreprises se battaient à armes égales, avec les mêmes charges et les mêmes considérations sans que l'affectif (ou plus) ne soit mis en jeu.

Mais nous sommes un peuple latin et changer nos habitudes, bien ancrées dans nos gènes, relève de l'exploit. La route est longue, mais plus belle sera la victoire.

5. Thierry Abélard, entrepreneur de couverture/étanchéité/bardage (49 personnes, Seine-et-Marne, 77)

Je vous livre ci-dessous un peu en vrac quelques réflexions.

- Dossier de consultations : souvent ils manquent de précisions, de détails graphiques, il faut poser beaucoup de questions. Le coût des études de prix représente environ 1,5 % de notre chiffre d'affaires HT (soit 120 à 150 K€) sachant que le taux de retour se situe entre 10 et 15 %, soit un taux de déchets de 85 à 90 %, cela pour essayer de pratiquer une politique de prix constante. Pour chaque projet environ 90 % des offres sont sans suite. Que d'énergie et d'argent gaspillés ! Il y a encore quelques années, il y avait une procédure avec appel de candidatures, qui permettait à la maîtrise d'ouvrage de sélectionner et de restreindre le nombre d'entreprises pouvant remettre une offre, ce n'était peut-être pas si mal.
- Il y a de plus en plus d'intervenants sur un chantier ; MO, MOE, BC, CSPS, pilotage, BE environnemental, BE divers (thermique, acoustique, etc.). Nous, les entreprises, nous avons souvent le sentiment qu'il manque un "Patron" sur le chantier pour tenir le cap de l'intérêt général.
- Les entreprises doivent faire face à de nombreuses contraintes (qualité, prix, délais, insertion sociale, etc.). Elles sont soumises à pénalités si elles ne sont pas satisfaites (normal). Elles doivent subir également des conditions de règlement qui sont dans la réalité bien au-delà des conditions légales ; délais de paiement multipliés par 2 ou 3, voire plus, retenue de 5 % en attente de réception malgré la fourniture d'une caution bancaire, délais prohibitifs pour l'établissement et le règlement du Décompte général et définitif (DGD), (6 à 12 mois).
- La responsabilité des MO dans leur choix des entreprises en corps d'états séparés : nous avons signé un marché pour 22 logements début décembre 2014, nous avons reçu un ordre de service d'arrêt de chantier début février (l'entreprise de gros œuvre est en difficulté, un appel d'offres est relancé pour ce lot). L'ensemble des autres entreprises va subir un décalage de plusieurs mois ! La MO a-t-elle bien vérifié la bonne santé avant de désigner le lot.
- Les dégradations des ouvrages sont de plus en plus fréquentes. C'est un vrai problème. Il faut peut-être faire chiffrer certaines mesures de protection pour des ouvrages sensibles dans l'appel d'offres ou après, mais il faut mesurer les risques. Les entreprises s'entendent régulièrement dire : « Vous devez la protection de vos ouvrages et son maintien jusqu'à la livraison du bâtiment ». Nous savons tous que cela n'est possible, que si les protections utiles et suffisantes sont décrites, au même titre que les ouvrages de construction.
- Il faut évoluer, changer de façon de faire, travailler sur des chantiers maintenus propres et organisés en concertation avec tous, des zones de stockages clairement identifiées, mutualiser des matériels (échafaudage, moyen de levage, etc.).
- Systématiquement, les travaux de VRD se réalisent en amont et à la fin des travaux de bâtiment qui eux se déroulent les pieds dans la boue ! Difficile dans de telles conditions d'obtenir un chantier propre et sécurisé. Pourquoi n'y-a-t-il pas moyen d'avoir des abords stables et secs en quantités suffisantes et nécessaires ?
- Pour notre part, nous avons démarré une formation au lean construction (à l'initiative du BTP 77) en décembre 2014, pour plus de bon sens, d'organisation, d'amélioration continue et une réduction des gaspillages de toutes natures.

6. Pierre Le Signor, artisan maçon, (6 personnes, Finistère, 29)

La gestion d'une entreprise exige du temps : préparation des devis, des commandes, autorisations d'échafauder, règlement des contentieux Urssaf, RSI. Le florilège des normes, réglementations, DTU, produits innovants, sous forme papier ou dématérialisée, demande du temps de lecture et d'appréhension que les opérateurs de chantier n'ont pas. Le système de mise en concurrence à des prix toujours plus bas, demande une main-d'œuvre en sous-traitance ne sachant pas lire et parlant mal le français. La construction qui est réalisée conduit à des malfaçons entraînant expertises judiciaires, assurances etc, et la performance n'est pas au rendez-vous. Si demain, en temps réel il est possible pour les équipes d'accéder à des supports didactiques sous forme de schémas constructifs, de vidéos pédagogiques en ligne qui renseignent sur les procédures techniques de montage, il sera possible d'obtenir des résultats et des garanties.

Compte tenu de la qualité des opérateurs de chantiers qui œuvrent aujourd'hui dans le bâtiment : travailleurs déplacés, jeunes en échec scolaire,... il est clair que nous ne pouvons pas utiliser des supports écrits mais des supports tactiles. Ces nouveaux outils, dont tout le monde dispose aujourd'hui, doivent remédier aux carences de capacité de lecture. Trouver les systèmes instantanés qui vont permettre cet accès direct au savoir est le chantier d'aujourd'hui.

Pour cela, il faut introduire une nouvelle manière d'appréhender et de partager le savoir et utiliser les structures existantes pour réussir ce chantier. C'est un système redistributif de la formation professionnelle qu'il faut instruire en France avec une vision collaborative et partagée des savoirs et savoir-faire. L'ensemble des principaux organismes tels les AFPA, Greta, Ademe, universités et centres de formation initiale devront être conjointement acteurs de ce changement. Si nous voulons réussir le pari de ce grand chantier, de la formation professionnelle, il nous faut désormais réussir à inverser notre vision fragmentée, segmentée et analytique de notre monde. Le lien du tout ou partie n'est pas enseigné dans nos écoles, collèges et universités. Les seules pédagogies ayant une approche systémique et intégrée sont les écoles Montessori, Steiner et Freinet. Les Compagnons du devoir, héritent eux aussi d'une approche systémique culturelle.

Il faut, dès l'apprentissage des métiers, éduquer l'apprenti à sa culture du métier au travers de la grande histoire des hommes. Nos métiers portent tous l'héritage de leur culture et il est indispensable pour les cols bleus de connaître, comprendre et savoir d'où vient leur héritage et quel est l'état des savoirs et savoir-faire aujourd'hui. De la même manière que les cours dispensés au sein de l'Éducation nationale depuis la primaire jusqu'au secondaire et l'université, respectent un programme qui permet aux élèves de comprendre les grandes lignes de l'histoire qui vont en s'approfondissant au fur et à mesure de leur cursus. Il est important de permettre aux cols bleus de recevoir une éducation culturelle, non dispensée aujourd'hui, dans les centres de formation depuis la formation initiale jusqu'à la formation supérieure.

Il faut redonner aux cols bleus, la place qui leur revient et leur donner les outils de la compréhension du tout ou partie. Lorsque l'on apprend à conduire une voiture, on ne s'arrête pas au code pour obtenir le permis. Il sera désormais nécessaire, au travers de cette pédagogie active, de favoriser l'émergence d'un apprentissage inversé et accompagné par une équipe de pédagogues et artisans dont c'est le métier.

7. Mickael Kerouanton, architecte DEHMOP (Finistère, 29)

Aujourd'hui la problématique du bâtiment, c'est de travailler avec des entreprises qui répondent sur des volumes avec des prix bas, et donc pour pouvoir réaliser les travaux, les entreprises font appel à une main d'œuvre sous-payée et ou en sous-traitance. Bien souvent, les acteurs de second plan ne sont pas au courant des dossiers, ne participent pas aux réunions de chantier et du coup, nous nous retrouvons à conduire des projets avec des personnes démotivées. Les plannings et les travaux s'en trouvent affectés.

Exemple : récemment un entrepreneur a cessé son activité sur un chantier. Le marché était un habillage en maçonnerie. Il a fallu stopper et faire un état de paiement des travaux réalisés et trouver une autre entreprise pour finir le chantier. L'entreprise qui devait continuer les travaux n'a pas donné suite. Il a fallu en trouver une autre. Le système exige de la rentabilité dans toutes les phases. Mais cette exigence de rentabilité arrive aujourd'hui à son paroxysme et l'ensemble de la chaîne depuis la conception jusqu'à la réalisation se trouve dans une logique délétère de mise en œuvre.

Il y a deux ans, l'ensemble des marchés devait répondre à l'exigence de la RT 2005. Aujourd'hui, l'exigence demandée est au minimum la RT 2012. Après avoir discuté avec un acteur du second œuvre après sa liquidation, il me disait que le coût induit entre les deux réglementations thermiques est de 25 % plus cher et que, la maîtrise d'ouvrage n'incluant pas cette hausse liée à l'exigence de performance, il lui a été impossible de tenir ses prix. Du coup, toutes les grosses boîtes qui faisaient du volume et du prix, doivent faire encore plus de volume pour tenir leur chiffre d'affaires. Elles ne peuvent pas faire face et se retrouvent en dépôt de bilan.

Annexes 3

La mention Reconnu garant de l'environnement (RGE)

1. Présentation

La mention RGE s'adresse aux artisans et entreprises du bâtiment, spécialisés dans :

- les travaux d'efficacité énergétique en rénovation ;
- l'installation d'équipements utilisant des énergies renouvelables.

L'affichage de ce signe de qualité, fruit d'une démarche volontaire pour son obtention, permet à son détenteur :

- de valoriser son savoir-faire ;
- de renforcer sa relation de confiance avec ses clients ;
- de s'engager dans une démarche de progrès permanent ;
- dans les conditions prévues par la réglementation en vigueur, de faire bénéficier ses clients du principe de l'éco-conditionnalité des aides à la rénovation énergétique (à compter du 1^{er} septembre 2014, seuls les travaux réalisés par des entreprises et artisans RGE, pourront être financés par l'éco-prêt à taux zéro. À compter du 1^{er} janvier 2015, cette règle s'appliquera également au crédit d'impôt développement durable) ;
- d'être référencés sur le site d'information dédié aux particuliers : www.renovation-info-service.gouv.fr
- d'être ainsi répertoriés par les conseillers des Points rénovation-info-service, contactés par les particuliers qui consultent au préalable le site www.renovation-info-service.gouv.fr ou qui appellent le 0810 140 240 (prix d'un appel local depuis un poste fixe).

2. Travaux concernés

Les signes de qualité « RGE » concernent les travaux suivants :

- travaux de rénovation énergétique globale ;
- tous travaux d'efficacité énergétique des logements ;
- travaux d'efficacité énergétique (isolation, fermetures, chauffage,...) et d'installation d'énergies renouvelables (solaire, bois, géothermie,...)
- travaux électriques en matière d'efficacité énergétique et d'installation des énergies renouvelables ;
- travaux d'installation d'énergie solaire photovoltaïque, d'appareils bois énergie, de pompes à chaleur, d'énergie solaire thermique ;
- travaux de rénovation lourde dans le cadre d'une rénovation énergétique globale ;
- travaux de performance énergétique.

3. Les organismes permettant d'obtenir la mention RGE

- Qualibat délivre des qualifications, notamment dans les domaines de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables. Chaque qualification est ainsi identifiée par un code à quatre chiffres correspondant respectivement à la famille de travaux, l'activité ou le métier, la technique utilisée et pour le quatrième chiffre, le niveau de technicité.
- Qualifelec peut délivrer la qualification Électrotechnique avec la mention "Solaire Photovoltaïque" et les qualifications Électrotechnique et Électrothermie avec la mention "Économies d'Énergie".
- Qualit'ENR fédère des entreprises qui installent des équipements valorisant les énergies renouvelables dans l'habitat individuel : le solaire thermique avec le chauffe-eau solaire et le système solaire combiné, le solaire photovoltaïque, le chauffage au bois, la pompe à chaleur.
- Filiale du groupe Qualibat, Certibat certifie des professionnels du bâtiment qui proposent et réalisent une offre globale de rénovation énergétique.
- Cequami est l'organisme qui délivre la certification NF Environnement-maison rénovée ou la certification NF Environnement-maison rénovée HQE, attestant de la capacité du professionnel à proposer et réaliser des travaux lourds dans une rénovation énergétique globale.

Chacun de ces organismes, garant officiel du respect des règles, est accrédité par le Comité français d'accréditation (Cofrac). Cette accréditation atteste que l'organisme exerce son activité en toute compétence, indépendance, impartialité et transparence (les qualités attestées sont clairement exposées, les processus d'audit et de vérification ne varient pas).

4. Comment faire pour devenir RGE ?

- Choisir l'organisme ou les organismes) qui délivre(nt) le(s) signe(s) de qualité correspondant à (aux) l'activité(s) de l'entreprise.
- Suivre les formations indiquées par l'organisme.
- Constituer le dossier requis auprès de l'organisme retenu.
- Le coût est fixé par l'organisme en fonction du (des) signe(s) de qualité.
- La qualification ou la certification est attribuée pour une durée de 4 ans, avec une vérification annuelle (sur dossier) de la pérennité des moyens humains, techniques et financiers de l'entreprise. À l'issue de ces 4 années, une procédure de renouvellement doit être prévue par l'organisme.

5. Critères auxquels l'entreprise doit satisfaire

- Avoir souscrit à des assurances travaux et responsabilité civile.
- Respecter ses obligations légales et financières.
- Disposer de références attestées.
- Assurer la pose et la fourniture des équipements et disposer des moyens humains et matériels nécessaires pour le faire.
- Maîtriser la chaîne de la sous-traitance.
- Réaliser au moins deux chantiers dans le domaine tous les 2 ans.

- Au moins un de ses chantiers, en cours ou achevé, est contrôlé dans les 24 mois qui suivent l'attribution du signe de qualité.
- Disposer d'au moins un référent technique ayant suivi une formation dans le domaine de l'efficacité énergétique et/ou des énergies renouvelables.

6. Contrôle de réalisation

Ce contrôle permet d'évaluer la conformité aux règles de l'art des travaux réalisés, ainsi que certains aspects de la qualité du service rendu par l'entreprise au client, tels que :

- le devis descriptif détaillé ;
- le PV de réception ;
- les garanties ;
- la facture détaillée ;
- toute attestation pouvant servir à l'obtention des aides publiques.

Si les travaux portent sur une rénovation énergétique globale, l'audit énergétique réalisé est aussi exigé. La définition des points techniques du contrôle de réalisation est laissée à la discrétion des organismes de qualification.

7. Compétence du (des) référent(s) technique(s) dans l'entreprise

Pour les signes de qualité portant sur l'efficacité énergétique, le(s) responsables(s) technique(s) doit(ont) être compétent(s) dans les domaines suivants : état du marché, connaissance des technologies clés et des solutions d'amélioration de la performance énergétique, maîtrise de l'approche globale énergétique.

Pour chaque groupe de technologies : connaissance des technologies et des produits, de leurs avantages et de leurs limites, maîtrise de la mise en œuvre des technologies et de leurs interfaces avec les autres composants du bâtiment, entretien et maintenance, prise en main par le client.

La preuve de la maîtrise de ces compétences peut être apportée par :

- une certification professionnelle (diplôme, titre, certificat de qualification professionnelle) incluant les compétences requises sur le volet théorique et le volet pratique ;
- une formation continue traitant des compétences requises *a minima* et la réussite à une évaluation des compétences ;
- la réussite à une évaluation des compétences précédée ou non d'une formation.

Pour les signes de qualité portant sur les énergies renouvelables, le(s) responsables(s) technique(s) doit(ont) avoir suivi :

- une formation initiale qualifiante et/ou diplômante ;
- ou une formation continue spécifique avec un contrôle de connaissances sur le volet théorique et pratique, agréée par les pouvoirs publics.

Les compétences doivent porter *a minima* sur les domaines suivants :

- état du marché et des ressources, aspects écologiques et logistiques, sécurité des installations, subventions et aides publiques, solutions technologiques, aspects économiques et de rentabilité, conception, installation et entretien, législation nationale et normes européennes.

À compter du 1^{er} janvier 2015, ces compétences ont été traduites réglementairement via l'agrément d'organismes de formation habilités à effectuer les formations correspondantes. Cet agrément porte tant sur les compétences de l'organisme de formation et sur les compétences des formateurs, que sur le contenu précis de la formation.

Les modalités d'agrément des organismes suivent les principes suivants traduits dans le cadre d'un arrêté :

- lorsque le suivi d'une formation continue est nécessaire pour satisfaire les exigences de compétences, le responsable technique d'une entreprise candidate à l'obtention d'un signe de qualité mentionné au I de l'article 2 du décret n° 2014-812 du 16 juillet 2014 devra avoir suivi avec succès une formation respectant le cahier des charges défini par arrêté, auprès d'un organisme de formation agréé par un organisme ayant passé une convention avec l'État, ci-après dénommé « organisme de contrôle de la formation ». La liste des organismes de contrôle de la formation sera tenue à jour sur les sites Internet du ministère chargé de l'Énergie et du ministère chargé de la Construction.

Le cahier des charges de la formation est spécifique à chacune des huit catégories de travaux définies au I de l'article 46 AX de l'annexe III du Code général des impôts et précise les exigences relatives aux objectifs de la formation, à l'architecture de la formation, à la plateforme technique associée le cas échéant, aux modalités de contrôle des connaissances des stagiaires et à la reconnaissance des compétences des formateurs.

- L'organisme de formation est tenu de respecter ses obligations administratives, fiscales et sociales, et doit disposer de moyens humains et matériels adaptés aux formations qu'il délivre.
- L'organisme de formation devra mettre en œuvre une démarche d'amélioration continue comprenant notamment :
 - la prise en compte des propositions d'améliorations sur les méthodes et moyens pédagogiques utilisés ;
 - la réception et le traitement des réclamations émanant des stagiaires ou des entreprises qui emploient les stagiaires.
- Les exigences relatives aux objectifs de la formation, à l'architecture de la formation et à la plateforme technique associée, le cas échéant, seront définies pour chaque catégorie de travaux dans des cahiers des charges composant les 5 annexes de l'arrêté en projet :
 - en annexe 1 pour les travaux mentionnés aux 1 à 4 du I de l'article 46 AX de l'annexe III du Code général des impôts ;
 - en annexe 2 pour les travaux mentionnés au 5 du I de l'article 46 AX de l'annexe III du Code général des impôts ;
 - en annexe 3 pour les travaux mentionnés au 6 du I de l'article 46 AX de l'annexe III du Code général des impôts ;
 - en annexe 4 pour les travaux mentionnés au 7 du I de l'article 46 AX de l'annexe III du Code général des impôts ;
 - en annexe 5 pour les travaux mentionnés au 8 du I de l'article 46 AX de l'annexe III du Code général des impôts.

À noter que ces cahiers des charges de la formation reprennent les travaux existants déjà effectués en amont, concernant les formations Qualit'EnR et le module Renove de FEEbat.

- Pour chaque catégorie de formations dont le cahier des charges est défini dans les différentes annexes de l'arrêté qu'il souhaite dispenser, l'organisme de formation devra adresser à un organisme de contrôle de la formation un dossier de demande d'agrément comportant :
 - les informations permettant de justifier du statut de l'organisme de formation et du respect de ses obligations administratives, sociales et fiscales ;
 - les informations permettant de justifier des capacités professionnelles, techniques et financières de l'organisme de formation pour la conception et la réalisation de la formation ;
 - les documents détaillant les procédures prévues au point 3 précédent ;
 - un descriptif détaillé des moyens techniques destinés à mettre en œuvre la formation ;
 - le programme de la formation précisant les méthodes et moyens pédagogiques pour chaque séquence ;
 - le nom des formateurs reconnus compétents selon les dispositions prévues par le projet d'arrêté.

L'organisme de contrôle de la formation accuse réception de la demande. À compter de la date de réception d'un dossier complet, il informe l'organisme de formation de sa décision dans un délai de deux mois.

L'organisme de contrôle de la formation ne pourra avoir avec l'organisme dispensant ou concevant la formation aucun lien de nature capitalistique ou de nature à nuire à l'impartialité de la délivrance de l'agrément.

- La durée de validité d'un agrément d'organisme de formation sera de quatre ans.

Au cours des 24 premiers mois de l'agrément, l'organisme de contrôle de la formation évalue l'organisme de formation au travers d'un audit aléatoire d'un échantillon représentatif des formations dispensées durant lequel sont évaluées notamment les compétences du formateur et la qualité de l'organisation de la formation. En outre, il effectue chaque année un suivi documentaire de l'organisme de formation permettant de s'assurer que les pièces mentionnées à l'article 4 n'ont pas changé significativement.

- La formation est assurée exclusivement par un formateur reconnu compétent et agréé pour cette catégorie de formation par un organisme de contrôle de la formation.
- Pour chaque catégorie de formations dont le cahier des charges est défini aux annexes 1 à 5 du projet d'arrêté qu'il souhaitera dispenser, l'organisme de contrôle de la formation recevra un dossier de demande d'agrément du formateur comprenant son curriculum vitae et une copie de ses diplômes. L'organisme de contrôle de la formation accuse réception de la demande.
- Pour chaque catégorie de formations, les compétences techniques et pédagogiques du formateur sont agréées suite à une audition par un jury mis en place par l'organisme de contrôle de la formation. Ce jury est organisé au moins une fois par an. Il est composé d'au moins un représentant de l'organisme de contrôle de la formation, d'un formateur de formateurs et d'un professionnel du bâtiment. Les membres du jury sont désignés pour chaque jury par l'organisme de contrôle de la formation. La délibération du jury s'effectue à la majorité simple. Cette disposition ne prendra effet qu'à compter de 2017 pour les formateurs relevant du domaine de formation lié aux travaux mentionnés aux 1 à 4 du I de l'article 46 AX de l'annexe III du Code général des impôts.
- La durée de validité d'un agrément de formateur sera de quatre ans.

- Chaque organisme de contrôle de la formation devra publier sur son site Internet la liste des organismes de formation qu'il a agréés et dont l'agrément est en cours de validité, avec pour chacun d'entre eux :
 - identité de l'organisme, coordonnées postales et téléphoniques, adresse Internet, informations de localisation géographique ;
 - catégories de formations relevant du présent arrêté et dispensées par l'organisme de formation ;
 - date de validité de l'agrément pour chacune des catégories de formations. Il tiendra à disposition des autres organismes de contrôle de la formation, des organismes de formation, et des ministres en charge de l'Énergie et de la Construction, la liste et les coordonnées des formateurs qu'il a agréés et dont l'agrément est en cours de validité.
- Le contrôle individuel de connaissances des stagiaires portera sur l'ensemble des objectifs pédagogiques des volets théorique et, le cas échéant, pratique des formations.

Le contrôle individuel des connaissances théoriques des stagiaires sera établi à partir d'un questionnaire à choix multiple ou d'un questionnaire à réponses courtes composé de trente questions.

L'organisme de formation organisera le contrôle individuel des connaissances théoriques en fin de formation. Toutefois, ce contrôle est également ouvert à des candidats qui n'ont pas suivi la formation. Le cas échéant, le contrôle individuel des connaissances pratiques sera réalisé, de manière ponctuelle ou continue pendant la session de formation, à partir d'études de cas ou de travaux pratiques sur plateforme technique. La formation sera considérée comme suivie avec succès si le stagiaire obtient au moins 80 % de bonnes réponses aux questions posées dans le cadre du contrôle individuel de connaissances théoriques, et, le cas échéant, si son niveau est considéré comme satisfaisant par le formateur dans le cadre du contrôle individuel des connaissances pratiques.

- Pour chaque stagiaire, l'organisme de formation composera le questionnaire mentionné précédemment à partir d'un outil, fourni par l'organisme de contrôle de la formation qui aura agréé l'organisme de formation, qui sélectionne les questions de manière aléatoire dans une base de données mise à jour et transmise aux organismes de contrôle de la formation par l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (cette disposition ne rentrera cependant en vigueur qu'en juillet 2015).
- Chaque organisme de contrôle de la formation devra transmettre un rapport d'activité au ministre chargé de l'Énergie et au ministre chargé de la Construction au plus tard le 31 janvier de chaque année, comprenant pour l'année civile échue :
 - la liste des organismes de formation agréés à jour, ainsi que leurs coordonnées, par catégorie de formation ;
 - un bilan et une analyse des motifs de refus, suspension ou retrait d'agrément ;
 - une synthèse des audits d'évaluation des formations et des suivis annuels effectués ;
 - une synthèse des mesures prises en application de l'article 3 ;
 - sur la base des informations que les organismes de formation agréés doivent lui transmettre, par catégorie de formation et par organisme : nombre de stagiaires, nombre de stagiaires ayant suivi une formation avec succès, taux de réussite et score moyen au contrôle individuel des connaissances théoriques ;
 - la liste des formateurs agréés à jour, ainsi que leurs coordonnées, par type de formation ;
 - le cas échéant, une synthèse des jurys d'agrément de formateurs.

Annexe 4

Les plateaux techniques Praxibat

Newsletter des plateformes territoriales de la rénovation énergétique, mars 2015 (extrait).

Mobilisation et animation des professionnels

Les plateaux techniques Praxibat : un outil pour former les professionnels du bâtiment

Le dispositif PRAXIBAT® a un double objectif :

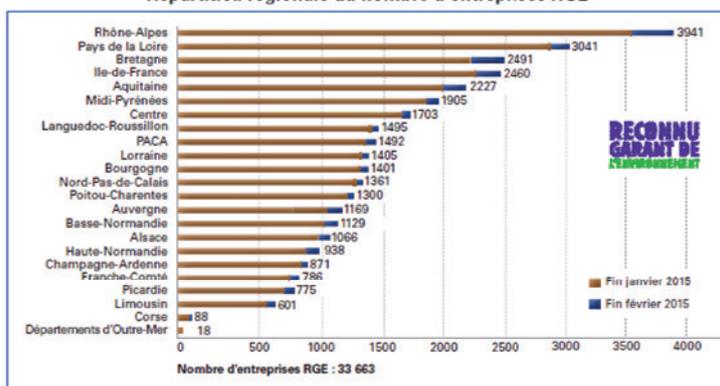
- mettre à disposition des territoires des plateaux de formation pratique de qualité où il est possible de simuler des situations de chantier pour les travaux d'efficacité énergétique ;
- constituer un réseau de formateurs référents hautement qualifiés techniquement et pédagogiquement permettant d'assurer la montée en compétences des formateurs-utilisateurs de ces plateaux. Le dispositif affiche aujourd'hui 82 plateaux techniques sur le territoire et près de 330 formateurs-utilisateurs.

Le programme PRAXIBAT® mobilise en région les acteurs de la formation continue et initiale, les organisations professionnelles, le Conseil Régional et les services de l'Etat. L'enjeu est de mailler le territoire pour que chaque artisan, chaque installateur, chaque élève et apprenti puisse trouver à proximité un outil de formation à la maîtrise du geste.

PRAXIBAT® mutualise les moyens techniques et financiers des partenaires, pour concevoir, moderniser et favoriser l'accès à des plateaux techniques conformes à des exigences technologiques et pédagogiques précises, en y associant des kits pédagogiques et des formations de formateurs adaptées.



Répartition régionale du nombre d'entreprises RGE



Point sur les entreprises RGE

Plus de 33 000 entreprises « RGE » (Reconnu Garant de l'Environnement) début janvier 2015, avec une dynamique de croissance importante montrant une mobilisation des professionnels.

Lancée en 2011, la mention « RGE » permet d'identifier les professionnels du bâtiment avec des critères objectifs et transparents. Elle inscrit les professionnels dans une démarche de renforcement de leurs compétences et de la qualité de leurs prestations.

Les aides de l'état (Eco-PTZ et CITE) sont conditionnées à l'intervention de professionnels détenteurs de la mention RGE.

Le réseau Bâti Environnement Espace Pro (BEEP)

Dans le cadre de partenariats régionaux et avec le soutien de l'ADEME, les 22 centres de ressources BEEP ont été créés progressivement durant les années 2000 pour contribuer à doter le secteur du bâtiment des compétences indispensables face aux immenses défis énergétiques et environnementaux à relever. Ils ont notamment pour mission d'alimenter les professionnels en informations fiables, de collecter et valoriser les bonnes pratiques et les retours d'expériences, et d'inciter au partage et à l'action pour les aider à monter en compétence.

Structuré par l'ADEME fin 2009, le réseau BEEP vise à créer une dynamique commune d'échanges et de collaborations entre ces centres de ressources régionaux (avec l'aide de réseaux nationaux : l'association HQE et le collectif Effinergie), organisation de colloques, visites de sites, animation de groupes de travail, réunions d'informations.

Les contributions des centres BEEP démontrent leur capacité à assister les professionnels dans la mutation de leurs pratiques.

Pour plus d'informations : www.reseaubeeep.fr

Annexe 5

La formation continue en e-learning en 2015

| BENCHMARK E-LEARNING 2015 | | | | | | | |
|--|--|---|--|---|---|--|--|
| Auteur : | Christelle ALTORN | | | | | | |
| Date création : | 17/04/2015 | | | | | | |
| Date mise à jour : | 21/04/2015 | | | | | | |
| Organisme | concept | description | nombre de modules | avantages décrits | temps passé | prix | site e-learning |
| * Organisme de formation ne proposant pas d'e-learning : Business Immo, Ginger Formation, Iptic, Formactu (e-learning en intra, pas plus d'information sur le site), Pont Formation Conseil, Centre Inffo | | | | | | | |
| Le moniteur | Présentiel + e-learning | le Moniteur propose des packs formations présentiels + e-learning dans les thématiques : - l'éco-construction en partenariat avec l'ENVAM - l'immobilier en partenariat avec l'ENFI | - 10 modules axés sur la construction et l'urbanisme durable avec 2 modules - 14 offres couplées avec 3 modules sur "Les fondamentaux du PTZ+", "les fondamentaux du marché immobilier" et "La fiscalité immobilière" | - Des modules experts proposés dans le cadre de sessions tutorées - Des apports didactiques sous forme de vidéos, de fiches synthétiques, de forums ou de classes virtuelles - Des quizz validant les acquis d'une session | - eco-construction : 20 heures sur 10 semaines - immobilier : modules de 30 min à 1h30 | - 1 jour = 1 395 € à 1 495 € - 2 jours = 1 335 € à 2 390 € - 3 jours = 1 905 € à 1 995 € | sites des partenaires : - http://elearning.enfi.fr/ (école nationale du financement de l'immobilier) - site du partenaire ENVAM |
| Gepa | Présentiel + e-learning | 1er module e-learning lancé en juin 2015 il vient en amont de la formation pour vérifier les connaissances et mettre à niveau sur des points essentiels de la formation | 1 module sur la formation "l'approche de la conduite du chantier" | Une pédagogie positive, pour apprendre ou réviser ces notions | module de 30 min | formation de 2 jours : 730 € | - |
| Apave | formation e-learning ou blended | Apave formation vous propose des formations à distance, tutorées et suivies si nécessaire de phases présentiels (blended learning). | - plus de 50 modules disponibles - solution sur-mesure avec l'e-learning tutoré + la formation pratique | - Optimiser les temps de formation - Former simultanément un grand nombre de collaborateurs - Réduire les coûts de formation - Economiser les coûts indirects (absence du salarié, transport, hébergement) - Disposer d'une grande flexibilité - Personnaliser votre formation au plus près de vos besoins | modules de 30 min à 3 heures | - | http://www.elearning-apave.com/ |
| Asfored (Edinovo formation) | formation mixte : e-learning et présentiel | les formations mixtes sont divisées en 3 parties : - de l'autoformation (sur internet ou en présentiel) - séance synchrone sur internet (classe virtuelle en temps réelle) - séance synchrone en présentiel | - | - elle conduit les participants à être acteurs de leur formation ; - elle facilite le contrôle individuel des acquis ; - elle permet de personnaliser les parcours ; - elle répond au besoin de souplesse de ceux qui, du fait de leur éloignement de Paris ou de leurs contraintes professionnelles, ont des difficultés à suivre des formations classiques | - 10% à 30% en autoformation | - | http://asfored.classilio.com/login.aspx |
| Cegos | approche multimodale | Cegos propose une offre de formation variée et multi-supports associant aux approches classiques les avantages du multimédia et du e-Learning : e-learning, mobile learning, social learning, videocasts, serious game, parcours mixtes, parcours 100% à distance | - 230 modules e-learning - 30 parcours 100% à distance - 400 formations mixtes | - simple, interactif et accompagné - un apprentissage souple et personnalisable - une optimisation des budgets de formations | modules de 30 min minimum | - | http://www.elearning-cegos.fr/ |
| Comundi | blended-learning / multimodale | Les formations Comundimix allient des modalités pédagogiques distancielles et présentes. L'évaluation des connaissances est au cœur du dispositif proposé, pour favoriser l'ancrage des acquis formation, la mise en pratique. | - | - une individualisation des parcours - une optimisation du budget formation - un ajustement de la durée du présentiel concentré sur les aspects pratiques / opérationnels - un retour sur investissement | - | 1 jour = 995 € | http://comundimix.elmg.net/ |
| EFE | formation multimodale | EFE propose des solutions modulables et multimodales : blended learning, e-learning, e-valuation, classe virtuelle, videocasts, | - 350 formations blended learning - 50 formations à distance - 32 modules e-learning - 10 formations 100% à distance "extension learning" | - un temps de formation optimisé grâce à l'association de modalités distancielles - un apprentissage fractionné pour une meilleure assimilation des pratiques - une mesure de la progression objectivée | modules de 30 min à 5 heures | - modules sur étager : entre 50 € et 200 € HT par module et par participant - formation 100% à distance = 670 € | site dédié - adresse non mentionnée |
| Demos | approche multimodale | Demos propose des contenus standards et sur-mesure combinant le blended learning, la formation à distance 100% accompagné et les modules e-learning | plus de 1 500 modules e-learning sur étagères | - Se former quand on veut, d'où on veut - Donner accès à la formation à chaque collaborateur - Bénéficier d'un prix très compétitif - Trouver la solution pour utiliser son DIF | modules de 30 à 45 min | - | http://mylearning.demosgroup.com/MosSrv/ |

Commentaires : l'e-learning est bien implanté dans les organismes de formations généralistes. Il commence à émerger dans les organismes de formation spécialisés bâtiment, lentement. La tendance est au blended learning, à savoir une formation présentielle associée à une ou plusieurs modules e-learning en complément. Ces modules ont généralement deux fonctions : valider les acquis sur un thème précis ou apporter une précision, plus d'informations sur une thématique précise. Ils sont généralement suivis d'un questionnaire/quizz pour valider les acquis. Un module e-learning dure généralement 30 minutes. En blended learning, on ne peut pas analyser le prix puisqu'il fait partie de la formation dans son ensemble. On ne peut pas dire s'il y a une hausse significative du prix suite à l'ajout d'un module. Enfin, pour les organismes de formation généralistes, ils ont développé une gamme entière, souvent multimodale et multisupport, pour étoffer leur offre de formations. L'ensemble de ces services est proposé en sur-mesure.

Marché et tendances e-learning 2015

Pour l'instant l'e-learning ne représente pas plus de 2 % du marché de la formation professionnelle. Il va prendre une place plus importante car il permet de réduire la durée des formations en présentiel et les coûts liés à l'absence au travail.

Les entreprises sont en quête de rationalisation des coûts, ils misent donc sur l'intra (deux fois plus de demandes en 3 ans), sur des formations de courtes durées (2 jours) avec en complément des cours à distance (blended).

Les organismes de formation doivent revoir leur modèle économique car l'e-learning enflent les coûts de production en amont. Il faut donc répartir les coûts sur une base plus large de clients.

Enfin, 60 % des personnes trouvent l'enseignement en ligne utile mais corrélé intimement avec le présentiel. Pour 80 % des personnes, les principaux freins sont : le manque de lien social et d'encadrement, l'anxiété de se retrouver seul face à l'écran, manque d'offres en e-learning (sondage Educatis).

Les tendances de l'e-learning en 2015 sont :

- le développement du m-learning, serious game et de la réalité augmentée ;
- les MOOCs (notamment en interne) permettant la massification ;
- les plateformes LMS en cloud ;
- la personnalisation du contenu ;
- le focus sur le ROI (calculs des économies engendrées) ;
- la mise en place des APIs et du Big data permettant la connexion avec le CRM, les plateformes LMS et l'envoi des e-mailings pour plus personnalisation et de feedback.

Sources

André-Chaigneau Dominique, Le marché de la formation professionnelle en quête de rebond, Franchise B2B

<http://www.franchise-b2b.fr/infos-franchise-b2b-7872-le-marche-de-la-formation-professionnelle-en-quete-de-rebond.html>

Formaguide.com

<http://www.formaguide.com/mieux-acheter/formation-continue-les-tendances-2014>

Educatis.fr, Les tendances de l'e-learning en 2015, 9 janvier 2015

<http://www.educadis.fr/formation-a-distance/news-formation-elearning/les-tendances-de-le-learning-en-2015>

Infographie : les 10 tendances formation e-learning à suivre en 2015, Shortways, 8 janvier 2015

<http://shortways.com/infographie-les-10-tendances-formation-e-learning-suivre-en-2015>

Les Français et le e-learning : exception culturelle ?, *e-learning letter*, 5 février 2015

http://www.e-learning-letter.com/info_article/m/843/les-francais-et-le-e-learning-exception-culturelle.html

Patry Frédéric, La e-transformation de la formation professionnelle, digitalb2b, 30 octobre 2014

<http://digitalb2b.fr/formation-professionnelle-5-tendances-numeriques>

