

Prospective

LES BÂTIMENTS DE DEMAIN, QUELS ENJEUX DE SANTÉ ET DE SÉCURITÉ AU TRAVAIL ?

Le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) et l'Agence de la transition écologique (Ademe) ont initié en 2019 une démarche de prospective visant à aider les acteurs de la filière bâtiment à anticiper les mutations à venir. Baptisée « *Imaginons ensemble les bâtiments de demain* », cette démarche a permis de mettre à la disposition de ces acteurs, début 2021, une « boîte à outils prospective » rassemblant une série de 22 fiches variables traitant des principaux moteurs de changement à l'œuvre et formulant des hypothèses contrastées d'évolution, ainsi que quatre scénarios de projection à l'horizon 2050¹.

THE BUILDINGS OF TOMORROW: WHAT ARE THE OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY CHALLENGES? – In 2019, the French scientific and technical centre for building (CSTB) and the French agency for the ecological transition (Ademe) initiated a prospective approach aimed at helping players in the building sector to anticipate upcoming changes. Early 2021, this approach named “Together lets imagine the buildings of tomorrow” made available to these players a “prospective toolbox” bringing together a series of 22 variables sheets covering the main drivers of change and formulating contrasting development assumptions, as well as four projection scenarios for 2050¹.

JACQUES
BALZER
Carsat
Alsace-
Moselle

MARC BURY
Carsat
Nord-Est

ALAIN
DELAGE
Vinci

VÉRONIQUE
LAMBLIN
Futuribles

PHILIPPE
ROBART
OPPBT

JEAN-
CHRISTOPHE
VISIER
CSTB/Ademe

MICHEL
HÉRY,
MARC
MALENFER
INRS

Dans le prolongement de l'exercice « *Imaginons les bâtiments de demain*¹ » (désigné dans cet article par *Imaginons*) auquel elle avait participé, la mission Veille et prospective de l'INRS a constitué un groupe de travail (GT) composé d'experts issus d'organismes de prévention, de milieux académiques et de grandes entreprises du secteur² pour explorer les enjeux de santé et de sécurité au travail (SST) associés aux transformations à venir dans la filière construction. Ce GT, accompagné sur le plan méthodologique par Futuribles, a réalisé en 2021 une exploitation ciblée d'*Imaginons*, pour établir des scénarios spécifiques et en tirer des enjeux de SST, qui sont décrits dans cet article³.

Méthodologie

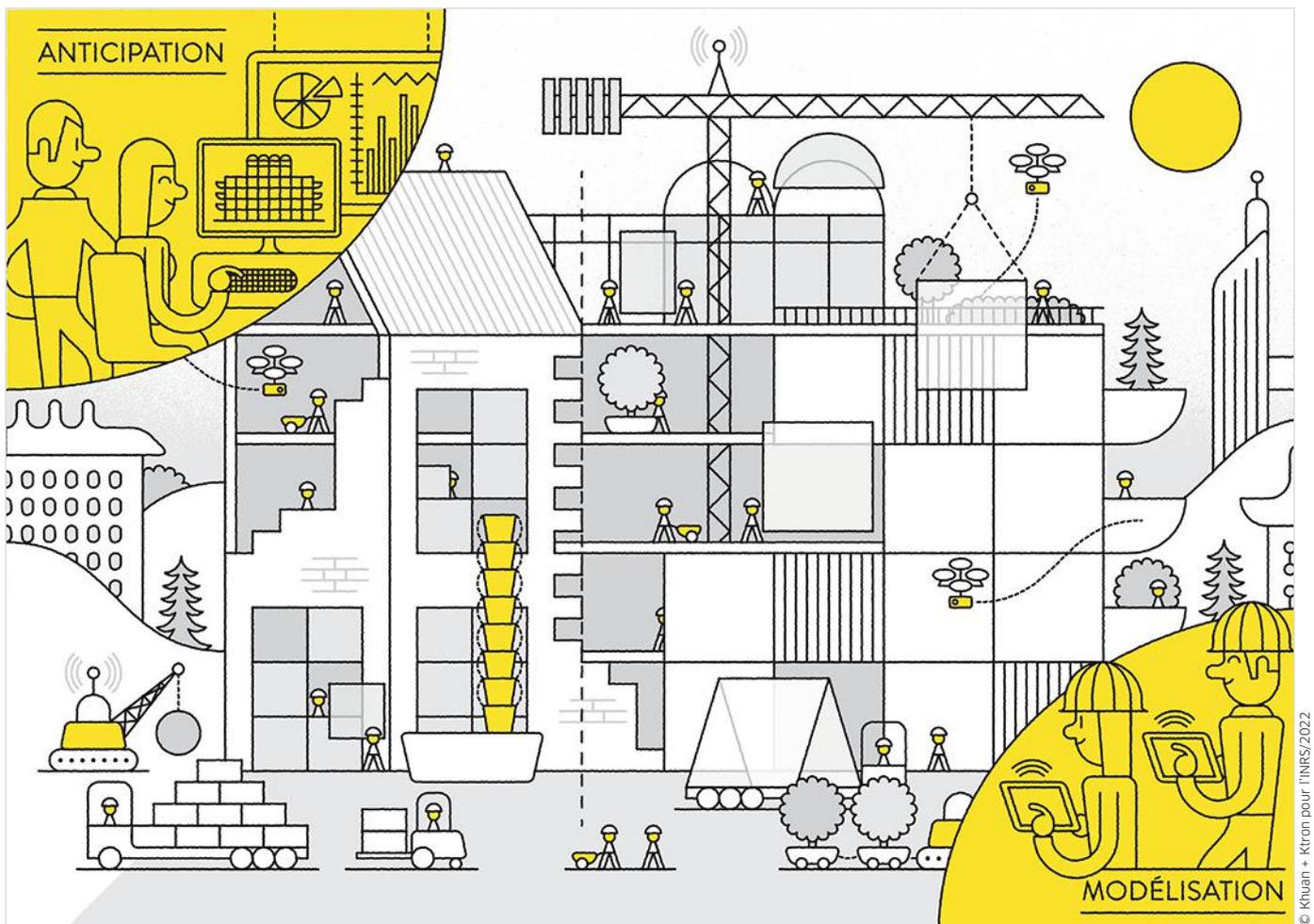
Le GT chargé de réfléchir aux enjeux de SST a bénéficié du travail fourni dans le cadre d'*Imaginons* pour sélectionner et documenter 22 variables et formuler pour chacune d'elles des hypothèses contrastées d'évolutions à un horizon de quinze

ans⁴. Le GT a sélectionné les sept variables les plus susceptibles d'impacter les conditions de travail. À partir de cette base, il a construit ses propres scénarios et en a déduit une série d'enjeux en matière de risques professionnels. Ces sept variables concernaient la main-d'œuvre, l'occupation des bâtiments non résidentiels, la réglementation technique et les normes s'appliquant au bâtiment, la gestion de l'obsolescence, la qualité d'usage, l'organisation de la filière construction et rénovation et enfin les matériaux et équipements. Pour chaque variable, trois ou quatre hypothèses d'évolution ont été formulées. Des combinaisons logiques de ces hypothèses ont permis de formuler quatre scénarios d'évolution de la filière étudiée. L'objectif de ces scénarios est de donner à voir une diversité de futurs possibles. Ils facilitent la réflexion sur les enjeux de SST.

Scénario 1 : « Difficile de tout faire »

Les acteurs du bâtiment et de l'immobilier échouent à passer d'une stratégie d'offre à une stratégie





de réponse à la demande : peu flexibles, ils peinent à s'adapter à la diversité des demandes des clients. La qualité des bâtiments est pilotée par une offre standardisée pour réduire les coûts. La maîtrise d'ouvrage est contrainte par des enjeux à court terme : respect de la réglementation, contrôle des coûts, durée des chantiers... et se trouve peu en phase avec les attentes d'utilisateurs exigeants. Au bilan, le marché de la construction neuve est atone et la rénovation vivote en l'absence de volontarisme politique.

Faute de coordination et de leadership, la productivité stagne. Pour relancer l'activité, les majors poussent à la technicisation des procédés constructifs alors que les pouvoirs publics incitent à la frugalité pour réduire les émissions de CO₂. Les difficultés de recrutement s'accroissent. Face à la crise économique et à une forte concurrence, les entreprises du secteur recourent à des solutions de repli qui accentuent encore les problèmes : délocalisation industrielle, plateformes de l'artisanat, recours au travail détaché, voire illégal... Des marchés de niche échappent à cette spirale (notamment certaines constructions pour des maîtres d'ouvrage disposant de moyens importants et d'un

savoir-faire interne en matière de coordination). Dans ce scénario :

- le BIM (*Building information modelling*) n'atteint pas ses objectifs d'une meilleure coordination des acteurs ;
- les conditions d'emploi et de travail sont très différentes entre quelques grandes entreprises qui préservent leurs marges et organisent une prévention des risques professionnels cohérente et beaucoup de petites entreprises qui s'adaptent de façon opportuniste dans un contexte très concurrentiel et disposent de peu de moyens pour agir en prévention.

Scénario 2 : « Les compagnons du durable »

Suite à la crise Covid-19 des années 2020 et dans un contexte de transition écologique, le bâtiment prend une place centrale dans la société. L'accent mis sur la rénovation énergétique du bâti constitue le déclencheur de ce scénario. Le bâtiment apparaît comme une filière d'avenir et attire une main-d'œuvre de qualité. Sensibilisées aux enjeux du développement durable, les entreprises en pointe développent la recherche et développement (R&D) sur les matériaux et les méthodes de construction

privilégiant réemploi, recyclage, et matériaux biosourcés. Une réelle montée en compétences permet la prise en compte des enjeux dans la conception des projets avec un accompagnement de qualité des maîtres d'ouvrage, une meilleure coordination des corps de métier de plus en plus spécialisés au service d'offres globales. De nouveaux acteurs coordinateurs émergent (par exemple, des coopératives d'artisans de différents corps de métiers qui répondent à des appels d'offres importants). Les petites structures de proximité sont favorisées et les acteurs n'apportant pas les garanties de savoir-faire sont écartés. Les grandes entreprises s'associent à des réseaux de sous-traitants locaux dans une logique de proximité territoriale. Ces programmes coûteux sont permis par un volontarisme politique.

Dans ce scénario :

- les systèmes d'information ouverts permettent une réelle coordination des acteurs sans pilotage prescriptif de leur activité ;
- les petites entreprises ont leur mot à dire sur l'organisation des chantiers ;
- la coordination d'acteurs souvent spécialisés est un enjeu important, aussi bien pour la qualité que pour la SST.

Scénario 3 : « Industrialisation et économie circulaire »

L'obsolescence des bâtiments existants s'accélère, nombre de bâtiments ne sont plus adaptés (télétravail, changement climatique, etc.). Le neuf, en matière de qualité, prix, délais, performances environnementales, est plus attractif que la rénovation : la flexibilité du bâti et des espaces devient le maître mot. De nombreux bâtiments obsolètes sont démolis. Constructions neuves et grosses rénovations impliquent les futurs occupants. L'industrialisation se développe dans le neuf, avec un transfert de la valeur ajoutée du chantier vers l'usine. Elle permet de réduire les temps de construction et aléas sur le chantier (logistique précise grâce au numérique). Les matières premières pour la construction s'épuisent, le réemploi des matériaux de construction s'impose (y compris réglementairement). Désormais, chaque produit est conçu pour être démonté, recyclé. La maîtrise d'ouvrage des bâtiments non résidentiels adopte deux types de postures : l'achat sur catalogue sur la base de critères fonctionnels basiques et de prix, ou un fort investissement en compétences. Le *boom* de la construction attire la main-d'œuvre. Une polarisation du marché du travail apparaît : d'un côté des tâches de déconstruction, dangereuses et peu valorisées, et de l'autre la construction de plus en plus technique, avec des emplois très qualifiés dans la conception et des emplois d'assemblage en usines et sur les chantiers.

Dans ce scénario :

- les industriels captent une part importante de la valeur ajoutée et imposent leurs produits ;
- les petites entreprises sont souvent réduites aux fonctions de déconstruction ou d'assemblage, peu impliquées dans la conception ;
- un marché de la déconstruction, du recyclage et du réemploi émerge.

Scénario 4 : « Le bâtiment plateformisé »

Les acteurs de la construction et de la rénovation s'adaptant mal aux besoins évolutifs des utilisateurs, de nouveaux acteurs des services immobiliers émergent sur des marchés de niche, puis ils s'étendent à tout le parc. Ce sont des entreprises du numérique, expertes en marketing digital. Elles deviennent les interlocutrices principales des occupants. Dotées de fortes capacités d'investissement, elles organisent la filière dans une approche de « satisfaction client » et prennent le contrôle des entreprises de construction, de rénovation et d'agencement. Leur modèle économique est davantage basé sur la location ou l'abonnement à des services que sur la vente, y compris pour les particuliers. Elles font appel à des acteurs traditionnels qui livrent le clos et le couvert⁵ standardisé en neuf ou en rénovation. La valeur ajoutée sur ces lots baisse et les artisans sont mis en concurrence *via* des plateformes numériques. Ces entreprises investissent dans des solutions innovantes porteuses auprès des clients : matériaux autonettoyants, autoréparants... Elles proposent des adaptations clés en main pour des services « meubles et équipements », « ambiances » et « usages », de plus en plus personnalisés. Les équipements se font plus techniques, la domotique se développe. Le marché du travail est polarisé entre concepteurs (qui pilotent souvent à distance) et exécutants sur les chantiers dont l'activité est fortement prescrite *via* des outils numériques. Travailleurs et équipements peuvent venir de loin, dans un contexte de mondialisation des chaînes de valeur.

Dans ce scénario :

- des acteurs du numérique perturbent le secteur en captant la clientèle ;
- les acteurs historiques tentent de survivre en les imitant ;
- les petites entreprises et les indépendants subissent ce modèle et voient leurs métiers s'appauvrir, dans tous les sens du terme.

Enjeux de SST des transformations structurelles de la filière construction

Ces quatre scénarios et le travail réalisé dans le cadre d'*Imaginons* ont permis de mettre en évidence des moteurs de transformation du secteur déjà à l'œuvre mais qui deviendront beaucoup plus déterminants dans les années à venir, ceci



dans trois domaines : la numérisation, la transition environnementale et l'industrialisation. Les influences de ces différents facteurs sont plus ou moins fortes selon les scénarios et pourront prendre des formes variées, mais ils s'imposent comme moteurs déterminants des mutations de la filière, avec des implications en SST. Pour chaque domaine, deux mutations ont été retenues en raison de leur influence sur les conditions de travail.

Numérisation

La filière est concernée par l'essor du recours aux technologies de l'information et de la communication (TIC) qui touche tous les secteurs. Cette numérisation de la filière est très transversale et se traduit notamment par des innovations susceptibles de transformer l'organisation du travail (construction et rénovation). Le groupe en a retenu deux pour illustrer leur influence sur les conditions de travail : d'une part, les effets possibles du déploiement du BIM⁶ et d'autre part, ceux de la plateformes de certaines activités, notamment dans le second œuvre.

→ Le BIM, un nouvel outil au service de la prévention ?

Le BIM permet à toutes les parties prenantes d'un projet de partager les informations de la conception à la construction puis l'entretien. Il peut aider, sans être suffisant, à la coordination des acteurs. La disponibilité des informations partagées entre toutes les parties prenantes est un levier important pour renforcer les actions de prévention sur les chantiers en prévoyant leur intégration en amont. De nombreux outils existent pour concevoir un jumeau numérique du bâtiment ou partager l'avancement des travaux.

Le BIM et la prévention reposent sur des principes comme la vision globale, l'interdisciplinarité et la participation de tous. Il offre donc de nouvelles perspectives pour la SST sur des chantiers neufs, de la rénovation, lors d'opérations de déconstruction/réemploi ou de réalisations hors site.

La possibilité de modéliser de manière séquentielle les plans d'installation de chantier et la gestion des flux permet, par exemple, d'anticiper les risques de collision sur le chantier. L'utilisation des fonctions de détection de collisions potentielles et le travail collaboratif permettent de vérifier si l'ensemble des réservations ont bien été prévues. La combinaison de la définition des volumes d'intervention et des fonctionnalités de détection de collisions permet de vérifier, de la conception à la réception, que les volumes nécessaires aux interventions ultérieures sur ouvrages seront réservés à cet usage.

Le BIM est également associé aux chantiers de rénovation. Dans le cas où une « rétroconception⁷ »

de l'ouvrage est réalisée, des informations relatives à l'amiante ou d'autres composés peuvent être intégrées dans la maquette. Lors de la préparation d'une intervention, une requête peut être faite sur la maquette BIM pour déterminer la présence de ces produits et adapter le mode opératoire.

Lors de chantiers de déconstruction/réemploi, l'utilisation du BIM, associée aux logiciels de scan 3D, est un vecteur d'amélioration des conditions de travail des salariés. En effet, la modélisation de l'ouvrage à déconstruire oblige à se demander, pour chaque élément modélisé, quelle est la nature du matériau et à enrichir la maquette des diagnostics associés. Cette utilisation du BIM réduit la part d'aléas sur les chantiers et, par conséquent, le risque d'exposition des salariés à des matériaux dangereux. D'autre part, il est possible de vérifier, à chaque phase de la déconstruction, la stabilité structurelle de l'ouvrage, avec un impact direct sur le risque d'effondrement d'ouvrages et la sécurité. Les chantiers intégrant des constructions hors site donnent une place plus importante au levage. Le BIM, par l'intégration des engins de levage, offre de nouvelles perspectives pour anticiper leur adéquation, et agir ainsi sur les risques de renversement. Le BIM comporte ses limites, étroitement liées à celles de la digitalisation/numérisation de notre société qui peuvent gêner, voire empêcher, l'accès aux informations hébergées dans un *cloud*. Une maîtrise minimale des outils numériques, des points de connexion (ordinateur, tablette...), des droits d'accès et de réseau sont nécessaires. Tout cela peut constituer des freins, une interruption d'accès peut avoir des conséquences négatives pour le déroulement du chantier et pour la SST.

Une autre limite est liée à la maîtrise du BIM. La maquette numérique et les usages qui en découlent dépendent de la qualité des informations renseignées, ainsi que de la maîtrise des outils liés à son métier. Le renseignement de la maquette doit être réalisé suivant des séquences définies pour que chacun puisse s'appuyer sur les données des autres afin de réaliser sa part d'ouvrage. La maquette doit être actualisée en particulier lors de découvertes effectuées après curage, ou quand des variantes sont décidées en cours de chantier. Elle doit être un reflet de la réalité du chantier, en particulier quand les données sont utilisées en prévention.

→ Un secteur qui n'échappe pas à la plateformes

Dans le second œuvre du BTP, la mise en relation entre clients et entreprises se fait traditionnellement en direct ou par le biais du maître d'œuvre (architecte...). En son absence, le relationnel prévaut ou le recours aux annuaires en ligne, ce qui rend l'appariement entre besoins du particulier et compétences du professionnel parfois complexe.

Le secteur voit donc apparaître depuis quelques années des plateformes de mise en relation entre particuliers et professionnels ou « bricoleurs du dimanche » pour effectuer des travaux au domicile de particuliers. Certaines plateformes offrent en outre une garantie en cas de dommages ou de malfaçons en partenariat avec des compagnies d'assurance. Elles peuvent également être partenaires d'enseignes de bricolage ou de la distribution, d'industriels du bâtiment et de compagnies d'assurance.

Le développement d'Internet a modifié les habitudes du consommateur, qui veut pouvoir, dans tous les domaines (dont ses travaux de second œuvre), prospecter depuis chez lui et bénéficier sans attendre des prestations correspondantes. La crise de la Covid-19 a accéléré le phénomène. La médiation des plateformes entre particuliers et artisans rassure le client, notamment *via* les avis laissés par les précédents clients. Le client apprécie d'avoir accès à des services associés aux travaux (assurance, maintenance...) qu'un artisan ne peut pas toujours proposer.

Pour attirer et fidéliser des artisans, les plateformes peuvent leur offrir des services (démarches commerciales, tâches administratives...) leur

permettant de se consacrer à leur cœur de métier. Les grands acteurs du BTP sont sensibles au modèle flexible de « plateforme » qui répond aux attentes des clients particuliers. En rachetant des plateformes ou en nouant des partenariats avec elles, ces acteurs offrent un service complet, avec contrôle du secteur et fidélisation de la clientèle.

À travers cette évolution organisationnelle, des améliorations des conditions de travail sont possibles. Un encadrement de ces plateformes pourrait aider à réguler le marché, en évitant les prestations *low cost* qui favorisent les accidents du travail. Pour attirer et fidéliser les artisans, elles peuvent investir dans la prévention des risques. Grâce à leur capacité de traitement des données, elles pourraient aider à identifier les risques susceptibles d'être présents sur les chantiers et conseiller les artisans, les guider dans leurs interventions. En fédérant de nombreux professionnels, elles peuvent les faire bénéficier d'un accès facilité à des équipements de sécurité, soit en mutualisant (échafaudages sécurisés), soit en négociant leur prix auprès de fournisseurs (EPI). La SST peut devenir un argument marketing des plateformes, vis-à-vis des clients et des professionnels. Les conditions de travail se trouveraient améliorées

Différents facteurs de transformation du secteur du bâtiment sont à l'œuvre et pourraient être déterminants dans les années à venir, notamment dans trois domaines : la numérisation, la transition environnementale et l'industrialisation.



© Guillaume J. Plisson pour l'INRS/2021



Des entreprises ont engagé une démarche d'analyse en remontant du terrain : compréhension des métiers, façon de travailler, en s'intéressant à toutes les tâches. Ici, pose de poteaux en béton pour soutenir une charpente en bois.

par rapport à un marché composé surtout de TPE, qui ne disposent pas toujours de moyens (matériels et humains) dédiés à la prévention. Certains éléments peuvent au contraire contribuer à dégrader les conditions de travail. La dépendance de l'artisan vis-à-vis de la plateforme réduit sa marge de manœuvre dans l'organisation de son travail, sans que la plateforme endosse pour autant la responsabilité d'employeur en matière de prévention. Le passage par une plateforme peut accroître l'isolement de l'artisan, dont les contacts avec les fournisseurs et l'interaction avec les clients sont réduits. Une prescription algorithmique du travail le prive également de

la possibilité de discuter de l'organisation de son chantier (travail réel), les échanges avec la plateforme étant limités par les interfaces numériques (*chatbot*). La dépendance économique de l'artisan vis-à-vis de la plateforme l'expose à des décisions unilatérales de celle-ci : modification des règles tarifaires, déréférencement suite à de « mauvaises notes » de la part de clients... La mise « à distance » du terrain (projet, puis chantier) peut également conduire à recourir à des non-professionnels (ou professionnels occasionnels) dont les compétences sont inconnues, notamment en SST (risques pour eux et les autres intervenants).

Transition environnementale

Le bâtiment est particulièrement concerné par les évolutions liées à la transition environnementale. Les objectifs qui lui sont assignés, et qui perdureront, sont multiples : réduire les émissions de CO₂, abaisser la consommation d'énergie des bâtiments, limiter l'artificialisation des sols, adapter le bâti à des aléas climatiques plus fréquents, trouver des solutions face aux pénuries d'approvisionnement de certains matériaux, réduire le volume de déchets ultimes... Deux défis sont développés ici pour illustrer les implications des mutations à venir sur l'organisation de la filière et les conditions de travail : la rénovation énergétique des bâtiments et le développement d'une économie circulaire.

→ Enjeux des politiques de rénovation énergétique

Les artisans et les entreprises interviennent sur ces opérations de rénovation énergétique, souvent pilotées en silo, qui ont toutes un même objet physique (le bâti) mais pas forcément les mêmes modes d'intervention. Les défis sont de trois ordres : augmenter le nombre de rénovations, augmenter la qualité de chaque rénovation, intégrer ces différentes politiques. Ces défis peuvent avoir des impacts significatifs sur la SST des chantiers. Plusieurs hypothèses d'évolution sur les impacts (positifs ou négatifs) peuvent être formulées en matière de conditions de travail.

Pour la rénovation énergétique des logements sociaux, les bailleurs sociaux ont les compétences de gestion de projet en interne et peu d'incidences sont à prévoir sur les conditions de travail, au contraire de la rénovation des logements privés. Pour celle-ci, l'évolution tendancielle est celle du geste-à-geste : changement une année du dispositif de chauffage, isolation d'une partie du logement ensuite, etc. Elle change peu les modes de travail, puisque chaque corps de métier intervient de façon indépendante, en lien direct avec le maître d'ouvrage. L'alternative possible est celle d'une rénovation plus intégrée. Plus efficace, elle changerait fortement les modes de travail avec



© Gael Kerbaol/INRS/2021

une coordination d'une importance déterminante entre corps de métiers. En fonction du pilote, les conditions de travail des artisans peuvent être très différentes : dans leur lien au client final, leur lien de subordination à d'autres acteurs, leur capacité à choisir leurs chantiers, à émettre des préconisations techniques (donc à maîtriser les équipements et matériaux utilisés), le partage et l'ordre des tâches entre intervenants.

Atteindre les objectifs actuels de rénovation énergétique passe par une augmentation importante de la main-d'œuvre disponible, associée à des réponses adaptées au besoin fort de formation (compétences transverses, par exemple). La volonté de massifier la rénovation énergétique peut conduire à de nouveaux équilibres entre qualité et quantité des rénovations. Le risque serait que l'obligation de travaux tire la qualité vers le bas : priorité donnée à faire vite plutôt qu'à faire bien, ce qui représente un contexte défavorable à la prévention.

Des systèmes de subvention multiples sont déjà mis en place. La question de l'assujettissement de ces aides financières à des exigences en matière de conditions de travail peut être étudiée pour éviter la prolifération (déjà observée) d'entreprises dites « *écodélinquantes* » ou « *chasseuses de primes* », dans lesquelles les conditions d'emploi et de travail sont dégradées.

Pour garantir la qualité des travaux, des méthodes se développent dans le but de mesurer la performance énergétique de l'ouvrage exécuté. Ces mesures, associées à la formation, permettent de valoriser le travail bien fait et de donner du sens aux métiers. Elles renforcent pour les entreprises l'intérêt de préserver la santé et la sécurité de leurs salariés expérimentés et qualifiés, de les fidéliser et les maintenir en activité dans de bonnes conditions. *A contrario*, cette mesure de la performance peut aussi faire porter sur les ouvriers une obligation de résultats pesante : une évaluation individualisée peut être source de risques psychosociaux si les opérateurs ne disposent pas des moyens (temps, équipement, formation) et de l'autonomie (qualification, prescription) nécessaires pour effectuer un travail de qualité.

→ Économie circulaire

Dans un contexte où les ressources en matières premières pourraient se raréfier dans les décennies à venir et où les contraintes climatiques imposent de diminuer la consommation d'énergie (particulièrement celle d'énergies fossiles), le passage d'une économie linéaire à une économie circulaire est considéré comme une des solutions à privilégier.

Pour que les opérations de démontage d'équipements réutilisables puissent être correctement effectuées, il faudra concevoir autrement.

Cette conception doit prendre en compte l'augmentation des interventions manuelles destinées à préserver l'intégrité des objets à réutiliser, lors de leur démontage. Elle doit notamment permettre de limiter les accidents, les lombalgies et les troubles musculosquelettiques (TMS) des membres supérieurs, qu'ils résultent de l'accessibilité et du poids des composants, d'efforts excessifs, de postures contraignantes ou de mouvements répétitifs.

Le réemploi d'éléments de construction doit également répondre à certaines exigences de traçabilité (informations sur leur composition, leurs précédents usages, leur modification...) afin de garantir leur innocuité pour les consommateurs comme pour les travailleurs. Au cours du démontage ou du remontage, ces éléments peuvent être soumis à des contraintes avec des risques de cassure, pouvant exposer les travailleurs. À chaque élément doivent être associés une durée de vie et/ou un nombre limité d'utilisations connus à travers un repérage permanent, avec accès à l'historique d'utilisation.

Il faut enfin s'assurer que le recyclage des matériaux assure une qualité technique suffisante, qu'il ne se traduise pas par la génération d'une pollution par des composés toxiques ou un enrichissement progressif d'impuretés elles-mêmes toxiques au fil des cycles. Une bonne traçabilité des lots utilisés doit donc être garantie.

Industrialisation de la filière

La conjonction des nouvelles opportunités offertes par les progrès technologiques et des contraintes auxquelles fait face le secteur du bâtiment (recrutement, exigences de qualité) incitent les professionnels à développer des solutions pour améliorer leur productivité. Ces innovations techniques impliquent souvent des modifications organisationnelles. Les processus de construction se rapprochent de plus en plus de ceux de l'industrie. Cette question de l'industrialisation est traitée à travers deux phénomènes : le développement de la construction hors site et l'émergence de la robotisation.

→ Développement de la construction hors site

Les méthodes de construction évoluent en permanence vers une plus forte industrialisation des processus *via* la construction hors site (préfabrication ou construction modulaire). Cette tendance peut être vue selon deux approches compatibles. D'une part, ce processus peut être considéré comme une adaptation des entreprises aux difficultés de recrutement d'ouvriers pour les chantiers. D'autre part, ces innovations organisationnelles modifient les besoins de main-d'œuvre. Ces techniques peuvent être de nature à améliorer les conditions de vie et de travail des opérateurs du secteur :



- les conditions de travail en atelier sont plus faciles à maîtriser et à améliorer ;
- il est possible d'investir dans des équipements fixes (machines, équipements de manutention...) pour améliorer la sécurité et réduire la charge physique, ainsi que d'aménager les postes de travail de manière ergonomique, facilitation de l'accès aux emplois pour les femmes, les seniors, etc.) ;
- un lieu de travail fixe peut représenter un argument important pour recruter et fidéliser (conciliation de la vie personnelle et professionnelle) ;
- la préfabrication impose une mécanisation plus importante des manutentions (taille et poids des éléments à assembler), la durée du chantier peut être réduite et les conditions de travail améliorées.

Certains inconvénients de cette évolution sont identifiés : risque de déqualification de la main-d'œuvre et réduction de son autonomie sur les chantiers, possible intensification du travail dans les usines.

Sur ces nouveaux projets, les travailleurs clés seront les concepteurs, les logisticiens, les grutiers (comme sur de nombreux chantiers traditionnels), leur formation à la SST constitue un enjeu important. Pour certaines fonctions, notamment en atelier, il sera plus facile d'intégrer des opérateurs n'ayant pas une formation BTP. Sur les chantiers, les besoins de compétences portent essentiellement sur la pose et l'installation. La préfabrication d'éléments volumineux, qu'il faut positionner au milieu d'un environnement restreint (densification des espaces urbains) peut créer des contraintes de mise en place et donc des risques supplémentaires. Dans ce contexte, les imprévus et le dernier mètre sont compliqués à gérer et l'improvisation doit être évitée.

→ Innovations technologiques sur les chantiers

Hormis la production hors site, certaines tâches de la construction sont-elles automatisables ? Peut-on remplacer les hommes par des robots sur les chantiers ? Le groupe de travail a recensé des exemples d'innovations. On peut constater que les projets de robotisation et d'intégration d'exosquelettes sont nombreux dans ce domaine, souvent guidés par des objectifs de productivité (gagner du temps, réduire le nombre de travailleurs, améliorer la qualité ou par une logique d'amélioration des conditions de travail et de la SST). Certains concerneront des marchés de niche. D'autres pourraient contribuer à modifier sensiblement les approches (construction et prévention).

Les robots tels que les imprimantes 3D tendent à diminuer les risques professionnels, en se substituant au moins partiellement aux opérateurs, mais réduisent aussi le travail et le nombre de

professionnels requis. Les risques générés par ces robots sont divers ; ils peuvent être liés aux interfaces homme-machine (surcharge mentale, travail sur écran, isolement, interactions sur chantier...), mais aussi à l'intensification de la charge physique, à la réduction des marges de manœuvre, à la répétitivité des gestes. S'y ajoutent les risques liés à une mauvaise utilisation de ces machines.

Des risques toujours présents

Les risques professionnels liés aux transformations du bâtiment sont présentés de manière synthétique dans le *Tableau* (Cf. Page suivante). L'objectif de cette synthèse n'est pas de les recenser de façon exhaustive⁸. Il s'agit de mettre en évidence les évolutions les plus significatives susceptibles d'intervenir au cours des années à venir, sur la base des scénarios construits dans le cadre de l'exercice de prospective et des principaux enjeux identifiés dans le domaine de la SST. C'est de façon délibérée qu'il a été décidé de limiter ce tableau à quelques risques particulièrement significatifs dans ce secteur. Chaque entreprise peut en faire un outil de réflexion collective en l'adaptant aux réalités précises de sa situation et des environnements auxquels elle est confrontée.

Focus sur des enjeux transverses

La dernière partie de cet exercice a été consacrée à l'exploration d'enjeux transverses, particulièrement déterminants en matière de SST, tant pour les acteurs de la construction que pour les futurs intervenants et usagers professionnels des bâtiments. Trois enjeux ont été retenus : la coordination entre les acteurs, la prise en compte des interventions ultérieures sur les bâtiments et la réaffectation de bâtiments à de nouveaux usages professionnels. Aucun de ces enjeux n'est nouveau, leur criticité est reconnue depuis longtemps, mais les évolutions à venir justifient néanmoins une attention particulière. L'approche a consisté à s'interroger pour chacun d'entre eux (et pour chaque scénario) sur les évolutions potentielles liées à la prévention des risques professionnels.

La question de la coordination entre les acteurs de la filière

Il s'agit d'imaginer les impacts possibles sur les conditions de travail (notamment lors des chantiers) de la qualité de la coordination et de la circulation d'information entre les acteurs : maîtrises d'œuvre et d'ouvrage, sous-traitants..., sans se limiter à la question de la coordination de la sécurité et protection de la santé (CSPS⁹) telle qu'elle existe aujourd'hui. Selon les cas, la coordination pourra être perçue comme coûteuse et peu utile. Dans d'autres elle pourra s'inscrire dans une démarche globale visant à garantir la qualité des ouvrages et l'atteinte des objectifs environnementaux.

TYPES DE RISQUES	FACTEURS POSSIBLES DE RÉDUCTION DES RISQUES	FACTEURS POSSIBLES D'AUGMENTATION DES RISQUES	INNOVATIONS POSSIBLES EN PRÉVENTION
Troubles musculosquelettiques	<ul style="list-style-type: none"> L'industrialisation et la préfabrication peuvent contribuer à des situations de travail mieux maîtrisées. Les chantiers peuvent être plus courts et les manutentions plus mécanisées. 	<ul style="list-style-type: none"> L'industrialisation et la préfabrication peuvent aussi contribuer à l'intensification du travail et à la répétitivité des gestes. Les finitions peuvent impliquer des tâches manuelles plus répétitives sous contrainte de temps. Les opérations de curage soigné visant le réemploi d'éléments nécessitent plus d'interventions manuelles. 	<ul style="list-style-type: none"> Automatisation de certaines tâches en atelier. Progrès de la robotisation sur site. Recours à des exosquelettes et à des cobots.
Risques de chutes	<ul style="list-style-type: none"> Dans le neuf : le BIM doit permettre de mieux intégrer l'installation des protections collectives lors des différentes phases des chantiers. Dans la rénovation : des marchés bien pensés et coordonnés doivent permettre une mutualisation des moyens de prévention des chutes. 	<ul style="list-style-type: none"> La capacité de gestion des aléas dans des contextes de chantiers de plus en plus précisément planifiés, sous contrainte temporelle, sera déterminante. Des interventions parcellaires et non coordonnées ne sont pas favorables aux solutions de prévention les plus efficaces contre les chutes. 	<ul style="list-style-type: none"> Intégration systématique des protections collectives <i>via</i> le BIM. Les protections collectives peuvent être intégrées aux éléments préfabriqués. Tous secteurs confondus : Le recours à des drones et robots peut permettre d'éviter des travaux en hauteur.
Risques chimiques	<ul style="list-style-type: none"> Le développement de la construction hors site doit permettre une meilleure prévention (dispositifs de captage des polluants en ateliers). 	<ul style="list-style-type: none"> Démolition et déconstruction peuvent exposer à des polluants anciens, pas toujours identifiés. Les phases de recyclage des matériaux peuvent présenter des risques particuliers d'exposition. Les propriétés toxicologiques des nouveaux matériaux utilisés peuvent être insuffisamment documentées. 	<ul style="list-style-type: none"> Des unités de dépollution mobiles peuvent limiter les risques d'exposition sur les chantiers.
Risques psychosociaux	<ul style="list-style-type: none"> Le recours aux outils numériques peut permettre de mieux planifier les chantiers et de limiter les imprévus, d'améliorer l'organisation du travail et d'alléger la charge mentale. La construction hors site permet une plus grande maîtrise des process et des risques, et peu favoriser la constitution de collectifs de travail précieux en prévention. 	<ul style="list-style-type: none"> Les outils numériques peuvent augmenter la charge cognitive, « autoriser » des modifications de dernière minute difficiles à gérer, augmenter la prescription et réduire les marges de manœuvre. La construction hors site et la préfabrication peuvent altérer le sens du travail en éloignant l'opérateur du chantier. Les grands chantiers de rénovation sont propices au développement de situations de violences externes. 	<ul style="list-style-type: none"> Un BIM vraiment collaboratif peut permettre une bonne planification et un partage de l'information bénéfique à la SST.

Des écarts croissants pourraient être observés entre grands et petits chantiers.

Le métier de coordinateur semble destiné à connaître des évolutions importantes. La numérisation et les TIC peuvent en effet transformer les pratiques. La communication *via* un BIM interopérable, intégrant pleinement la SST,

est déterminante. Une part de l'activité de coordination SPS pourrait être dématérialisée et intégrée au BIM en amont dès les phases de conception et planification. La visite de chantier pourrait évoluer en mobilisant des outils de « visio-visite » ou des drones d'inspection, ne nécessitant plus la présence physique sur site. D'autres dimensions

↑ **TABLEAU**
Présentation synthétique des risques (facteurs de réduction et d'augmentation) et pistes de prévention dans le BTP.



peuvent générer des mutations du métier et des compétences : le report d'une part du travail vers l'usine devrait amener le coordinateur à s'y intéresser, car l'activité hors site peut avoir des incidences sur les risques sur chantier. Une actualisation régulière des compétences liées à l'évolution des matériaux (nouveaux composants) et des modes d'intervention (déconstruction, réemploi, robotique) doit être anticipée.

Les interventions ultérieures

Il s'agit d'imaginer les impacts possibles sur les conditions de travail des interventions sur les bâtiments (entretien, maintenance, nettoyage), dans le neuf comme dans l'ancien (rénovation). Le contexte économique et la qualité de la communication entre les acteurs seront déterminants. Une amélioration possible est liée à la normalisation : intégration dès la construction (ou l'assemblage) de règles techniques facilitant l'entretien et la déconstruction des éléments.

Les modèles de « servicialisation » des bâtiments peuvent permettre des progrès, notamment si le maître d'ouvrage reste propriétaire et gestionnaire du bâtiment dans la durée : entretien et maintenance seront mieux intégrés dans la conception pour maîtriser les coûts d'exploitation.

La réaffectation de bâtiments à de nouveaux usages professionnels

Il s'agit d'imaginer les impacts possibles sur les conditions de travail des futurs utilisateurs des opérations de réaffectation de bâtiments anciens : ateliers industriels transformés en bureaux, utilisation de parkings comme entrepôts logistiques, création de tiers lieux où cohabitent plusieurs activités (*coworking*, *fablab*, ressourcerie). Les motivations de ces projets seront sans doute déterminantes pour en matière de qualité d'usage. L'objectif peut être :

- économique : disposer rapidement d'un lieu bien situé ;
- esthétique : donner une seconde vie à un bâtiment dont la valeur esthétique, architecturale, est reconnue ;
- écologique : consommer moins de ressources que pour une construction neuve ;
- urbanistique : trouver un nouvel usage à un bâtiment délaissé.

L'avantage de ces démarches est que le gros œuvre existant doit permettre d'estimer la pertinence de l'adéquation du bâti à la nouvelle activité. L'inconvénient est que les marges de manœuvre sont réduites pour atteindre cette adéquation. Les caractéristiques du bâtiment peuvent être des contraintes empêchant l'atteinte d'impératifs pour les conditions de travail : ventilation, lumière naturelle, gestion des flux de circulation...

Conclusion

Cet exercice de prospective est le fruit d'un double travail collectif qui a été conduit de 2019 à 2022. Dans un premier temps, le CSTB et l'Ademe ont produit la « boîte à outils *Imaginons* ». Dans un second temps, l'INRS s'est emparé de cette matière pour explorer plus précisément les enjeux de prévention des risques professionnels.

Comme toujours en prospective, l'objectif est de proposer des récits permettant de se projeter dans des futurs possibles et de mettre en évidence des enjeux afin de susciter la réflexion et le débat sur les conséquences potentielles dans le champ de la prévention des risques. Il s'agit de sensibiliser des acteurs pour qu'ils nourrissent leurs questionnements stratégiques. L'objectif est atteint si des sensibilisations croisées à la SST en résultent. L'ampleur des mutations à venir dans la filière du bâtiment et la diversité des forces qui les génèrent imposent un dialogue entre acteurs pour éviter que les priorités des uns génèrent des contraintes préjudiciables aux autres, et notamment à la santé des opérateurs. Numérisation, transition écologique, industrialisation sont toutes porteuses d'opportunités d'amélioration des conditions de travail. L'utilité du dialogue doit être présente à l'esprit de tous les acteurs de la filière lorsqu'ils prennent des décisions : l'impact de celles-ci sur la prévention des risques professionnels doit être constamment évalué. ●

1. Toutes les informations sur cette démarche ainsi que l'ensemble des matériaux produits dans ce cadre sont disponibles sur le site dédié : <https://www.batimentdemain.fr/>.

2. Ont participé à ce groupe de travail : Jacques Balzer (Carsat Alsace-Moselle), Marc Bury (Carsat Nord-Est), Alain Delage (VINCI), Jérémie Hauw (Bouygues Construction), Véronique Lamblin (Futuribles), Dominique Naert (École des Ponts – ParisTech), Philippe Robart (OPPBTP), Jean-Christophe Visier (CSTB et Ademe) ; Mathilde Silvan, Michel Héry et Marc Malenfer (INRS).

3. Un rapport complet rassemblant tous les contenus produits dans le cadre de cette démarche est disponible dans la rubrique prospective du site de l'INRS : <https://www.inrs.fr/prospective>.

4. Le GT a jugé pertinent d'adopter cet horizon, moins lointain que celui d'Imaginons, pour pouvoir formuler des hypothèses plausibles concernant les risques professionnels et leur prévention.

5. Ensemble d'éléments assurant l'étanchéité à l'eau et à l'air d'un bâtiment.

6. Voir au sujet du BIM : Hygiène & sécurité du travail, 2022, 266, *Décryptage* pp. 5-9. Accessible sur : <https://www.hst.fr>.

7. Constitution de la maquette numérique d'un bâtiment déjà existant.

8. Le lecteur intéressé pourra se reporter au dossier de l'Assurance maladie – Risques professionnels. Voir : <https://www.ameli.fr/entreprise/sante-travail/votre-secteur/batiment-travaux-publics/risques-professionnels-btp>.

9. Voir dans ce même n° : Coordination SPS dès la conception des opérations. Hygiène & sécurité du travail, 2022, 267, Note technique, pp. 51-57. Accessible sur : <https://www.hst.fr>.