

Rendre les bâtiments moins vulnérables aux risques naturels

Après une évolution de plusieurs siècles qui a fait passer la construction des bâtiments de l'empirisme à la codification, la structure des outils de prévention des risques naturels est désormais en place et, pour l'essentiel pérenne. Mais, progrès des connaissances et expériences nouvelles, prise en compte du bâti antérieur ou possibles effets du probable changement climatique, les raisons de revoir la copie ne manquent pas. En gardant à l'esprit l'impérative cohérence de l'ensemble, donc la nécessité d'une coopération accrue entre les différents acteurs.

par Jean-Luc SALAGNAC, Ingénieur au département économie et sciences humaines, Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) (*)

Le bâtiment et son environnement

La protection des personnes et des biens contre les manifestations de phénomènes naturels (chaleur, froid, vent, précipitations, séismes, inondation...) est une des fonctions essentielles d'un bâtiment.

Suivant les lieux et les époques, les constructeurs ont su développer les moyens d'assurer cette fonction, en particulier lorsque ces phénomènes se manifestent avec une intensité « normale ».

Les Esquimaux, par exemple, ont mis en œuvre les propriétés d'isolant thermique de la neige pour se protéger du froid ; la forme de l'igloo ayant par ailleurs l'avantage d'offrir peu de résistance au vent. Pour faire face aux séismes, les Japonais ont développé un savoir-faire traditionnel de constructions en bois associées à des éléments intérieurs et des mobiliers légers. Les habitants de Gruissan-Plage, près de Narbonne, ont construit, au XIX^e siècle, des maisons sur pilotis bien adaptées aux inondations provoquées par les tempêtes de sud-est.

Au-delà des bâtiments considérés de manière isolée, des mesures sont aussi prises dans les villes pour protéger les personnes et les biens des éléments naturels. Ainsi, le quartier Ste Catherine à Montréal abrite-t-il un imposant centre commercial souterrain mettant les habitants à l'abri des sévères frimas québécois. A l'autre extrémité de l'échelle des températures, les villes nord africaines sont conçues pour que les habitants ne pâtissent pas trop de la chaleur.

Les moyens développés pour assurer cette fonction essentielle de protection ne se limitent cependant pas à des dispositions constructives. Avec une plus ou moins grande étendue de possibilités suivant les phénomènes naturels considérés, le choix du site de construction est également important. Un écran naturel comme une colline pourra ainsi fortement atténuer l'impact d'un vent dominant. L'édification d'un bâti-

ment loin du lit d'une rivière permettra de limiter le risque d'inondation.

Une application stricte de ce dernier critère aurait dû conduire à éviter les implantations en bordure de fleuves ou de côtes ! L'existence des villes dans de tels lieux rappelle à l'évidence que les risques naturels sont en permanence à mettre en balance avec d'autres facteurs non moins essentiels aux sociétés humaines comme le commerce, l'industrie, la circulation des biens et des personnes, voire l'attrait de l'eau...

Tant que l'intensité des phénomènes naturels reste limitée, que les conséquences sont de l'ordre de l'acceptable par les occupants, des dispositions courantes sont suffisantes pour que le bâtiment assure sa fonction de protection des personnes et des biens. Ces dispositions sont issues d'une longue suite d'essais-erreurs dont nous connaissons l'aboutissement (constituant la tradition) à travers les bâtiments anciens qui sont encore en service actuellement.

Lors de phénomènes d'intensité extrême, la situation peut être tout autre.

Portée et limites des solutions traditionnelles

Dans un contexte environnemental donné, les solutions traditionnelles développées par un groupe humain pour rendre les bâtiments qu'il occupe peu vulnérables aux manifestations des phénomènes naturels qu'ils sont susceptibles de subir, présentent nécessairement des limites.

La vulnérabilité est ici définie comme la capacité d'un bâtiment à résister à un niveau d'aléa « de référence », niveau défini de manière empirique sur la base d'événements passés.

La résistance dont il est question ne se limite pas à la résistance mécanique. La capacité du bâtiment à résister à un aléa se décline suivant trois critères d'importance décroissante :



© Photo CSTB

- ✓ protéger les personnes, ce qui peut signifier permettre aux occupants de rester en sécurité dans les bâtiments mais aussi, suivant l'aléa considéré, garantir l'évacuation des personnes vers des lieux plus sûrs ;
- ✓ permettre (rapidement) le retour des occupants après les événements afin de reprendre une activité dans des conditions acceptables de sécurité. Cette dernière notion dépassant, là encore, la seule stabilité des structures pour inclure notamment la sécurité de fonctionnement et la sécurité sanitaire ;
- ✓ limiter les dégâts matériels afin de minimiser les travaux de remise en état.

L'origine des limites évoquées est d'abord à rechercher dans la manière dont est établi le niveau de référence : il est difficile d'anticiper (voire d'imaginer) des événements plus intenses que ceux qui ont déjà pu être vécus. Une autre origine, liée à la précédente est d'ordre économique : atteindre un certain niveau d'invulnérabilité a un coût et les ressources mobilisables ne sont pas extensives à volonté.

Ces limites se révèlent en particulier lors d'événements d'une intensité supérieure à celle de l'aléa de référence. La probabilité de défaillance de la fonction de protection apportée par les bâtiments devient alors importante et le danger augmente pour les occupants.

L'introduction de la notion de probabilité n'est pas fortuite. Elle fait écho, d'une part, à la nature aléatoire des phénomènes extrêmes dont la probabilité d'occurrence est (heureusement) faible. Elle renvoie, d'autre part, au fait que deux bâtiments réputés identiques ne le sont jamais complètement : des différences de nature du sol sous leurs fondations, de performances de matériaux, de conditions de mise en œuvre, d'entretien sont autant de facteurs aléatoires qui pourront expliquer des comportements différents de ces bâtiments soumis au même aléa.

Les bâtiments qui ont traversé les âges en résistant à divers aléas naturels sont ainsi le produit d'une connaissance empirique ancestrale dont les bénéfiques ont, dans certains cas, été renforcés par le surdimensionnement des ouvrages, lié à l'état des techniques au moment de leur construction. L'épaisseur d'un mur a longtemps été, par exemple, le résultat des techniques disponibles avant d'être le résultat d'un calcul de résistance des matériaux; cette épaisseur lui conférant une résistance mécanique parfois surdimensionnée par rapport aux efforts subis lors d'une exploitation normale du bâtiment et une résistance suffisante en cas d'aléa extrême.

Pour être plus complet dans l'analyse, il faudrait pouvoir reconstituer l'histoire de chacun de ces bâtiments témoins du passé afin de faire apparaître les

conséquences des aléas naturels « normaux » et extrêmes, les mesures de réparation, voire de renforcement, consécutives à ces événements sans oublier les conditions d'entretien des ouvrages.

De l'empirique à la codification

La prédominance de l'empirisme dans la construction de bâtiments a prévalu jusqu'à un passé récent.

Un ensemble de facteurs a permis la mise au point et la diffusion d'outils de prévision du comportement de bâtiments, notamment de la mécanique de leurs structures, lorsqu'ils sont soumis à des sollicitations liées à des phénomènes naturels. Parmi ces facteurs, la croissance urbaine, les progrès dans la connaissance des lois de la physique, le développement de techniques nouvelles de construction au cours du XX^e siècle (béton armé, béton précontraint, acier, bois lamellé collé...), la fiabilité de performance des produits et procédés de construction fabriqués industriellement ou encore l'évolution du contexte assurantiel.

Il est alors devenu possible de définir des moyens de prévention des effets des phénomènes naturels, de parvenir à un certain degré d'invulnérabilité, sur la base d'une approche moins empirique qu'auparavant. Ces connaissances ont pu dès lors être codifiées afin de rendre possible une diffusion auprès des acteurs concernés.

Pour traiter des aléas les plus fréquents (inondations, séismes, tempêtes, cyclones, avalanches, feux de forêt, mouvements de terrain, éruptions volcaniques) susceptibles de toucher des bâtiments construits sur les territoires concernés par la réglementation française, deux voies principales de codification ont été ouvertes.

Ces deux voies ne s'ignorent pas, loin s'en faut, mais l'une met l'accent sur les règles techniques de construction du bâtiment, l'autre est guidée avant tout par le choix de l'implantation.

La première catégorie comprend les codes « mécaniques » concernant l'aléa sismique, les effets du vent et de la neige. La deuxième catégorie comprend les règles d'urbanisme destinées à délimiter des zones d'aléa assorties de références éventuelles à des règles de construction.

Les codes appartenant à la première catégorie sont récents. Les premières applications des règles de construction parasismique (baptisées PS 69) datent de 1971 [1]. Il faut cependant rappeler que, dès 1955, des « recommandations relatives aux constructions à édifier dans les régions sujettes aux séismes » avaient été élaborées après le séisme d'Orléansville, en 1954 [2].

Pour prendre un exemple relevant de la deuxième catégorie, les règles de prévention relatives aux inondations ont une histoire plus ancienne. Le principe constant qui a guidé leur élaboration n'a pas été de privilégier la réalisation de bâtiments pouvant subir

des inondations mais d'éviter que le bâtiment soit inondé.

Ainsi, jusqu'à la fin du XIX^e siècle, la priorité a-t-elle été donnée à la construction d'ouvrages de protection (digues principalement) dont l'entretien incombait aux riverains. L'édification et l'entretien de ces ouvrages participaient de l'élaboration d'une certaine culture du risque que le caractère sédentaire de la population contribuait à pérenniser. Dans les lieux où les inondations étaient « inévitables », des modes d'habiter destinés à limiter leurs conséquences sur les personnes et les biens ont été développés comme, par exemple, l'aménagement des parties habitables à l'étage, les pièces situées en rez-de-chaussée étant réservées au stockage de produits peu vulnérables ou aisément transportables dans les étages supérieurs.

Au XX^e siècle, des règles relatives à l'occupation des sols sont venues préciser le repérage des zones à risques et de leur gestion notamment pour ce qui est des constructions.

Outils de prévention

Les outils de prévention actuellement disponibles héritent de ces développements et associent ces deux voies de codification. Ils présentent une structure générique dont les différents modules, plus ou moins développés suivant les risques naturels considérés, concernent :

- ✓ des informations sur les zones d'aléa,
- ✓ des règles de construction,
- ✓ des codes de calcul,
- ✓ des procédures de contrôle,
- ✓ des moyens de diffusion.

Les informations relatives aux zones d'aléa et à leur intensité sont principalement de nature géographique. L'échelle des cartes est adaptée au risque. Le risque sismique sera ainsi décrit suivant des zones vastes, le phénomène étant lié à la nature géologique du sous-sol profond et ses effets pouvant être ressentis sur toute une région et concerner des villes entières. La présence d'argiles gonflantes, risquant d'occasionner des mouvements des fondations destructeurs des structures en cas de variation importante de leur humidité, sera décrite à une échelle beaucoup plus fine puisque que ce sont des bâtiments isolés qui peuvent être concernés.

Le niveau d'aléa est défini en recoupant de multiples informations provenant notamment des traces (écrites, physiques, mémoire collective) laissées par les événements passés comme pour les inondations, des mesures comme dans le cas du vent, d'études géologiques pour le séisme ou les argiles gonflantes. Ce niveau n'est pas immuable et les cartographies doivent évoluer afin de tenir compte des connaissances nouvelles ou de modifications constatées de l'intensité des phénomènes.

Les règles d'urbanisme peuvent autoriser l'édification de bâtiments sous réserve de dispositions constructives dépendant de l'aléa ou bien l'interdire.

Les codes de calcul, basés sur des outils de simulation toujours plus puissants, permettent le dimensionnement des ouvrages de bâtiments présentant les performances requises. Ces outils apportent une possibilité inédite avant leur mise à disposition, c'est-à-dire depuis peu. Ils permettent en effet de prévoir un comportement en l'absence d'événement (« normal » ou extrême) et d'estimer ainsi le danger auquel seraient exposés les occupants. Ils ouvrent par ailleurs la voie, pour un niveau d'invulnérabilité déterminé, à une optimisation économique des solutions techniques.

Les procédures de contrôle technique accompagnant la mise en œuvre des mesures réglementaires sont liées au contexte assurantiel. Il est à noter que ces procédures n'ont pas été élaborées spécifiquement pour traiter du cas des risques naturels mais, plus généralement, pour s'appliquer aux règles de construction et particulièrement à celles concernant les structures.

Les moyens de diffusion sont essentiels pour porter à connaissance de l'ensemble des acteurs concernés

les textes support des éléments mentionnés. La seule publication de ces textes ne suffit bien entendu pas à leur diffusion. La diffusion électronique est venue compléter la diffusion traditionnelle par document imprimé mais un effort constant de formation, d'information se révèle indispensable pour « faire passer le message ».

A l'image d'une chaîne, la robustesse du dispositif constitué par les éléments qui viennent d'être évoqués brièvement est celle du maillon le plus faible. Un code de calcul très performant mais inutilisable car trop complexe pour la majorité des acteurs constituerait, par exemple, une telle faiblesse. Des mesures de prévention de ce type très performantes mais jugées trop coûteuses pourraient être considérées également comme une faiblesse du dispositif global.

La difficulté pour les concepteurs de ces mesures est d'arriver à définir un ensemble cohérent. Rude tâche dès lors que la définition de ces mesures touche nécessairement des intérêts particuliers.

Cet ensemble générique de mesures de prévention est assorti de dispositifs d'alerte dont la conception et la mise en œuvre dépendent de l'aléa considéré. Leur évocation sort des limites de cet article.

Un chantier toujours ouvert



© Claude Paris/REA

L'attention croissante aux impacts des risques naturels sur le patrimoine bâti a conduit par exemple à l'émergence de questions sur le renforcement parasismique des bâtiments existants ou la réduction de la vulnérabilité des bâtiments construits

En récompense de tous ces efforts, qui supposent notamment concertation entre les parties prenantes, les concepteurs de ces dispositifs pourraient espérer édifier des dispositifs pérennes. C'est heureusement le cas pour l'essentiel mais les raisons de remettre l'ouvrage sur le métier ne manquent cependant pas.

Nous illustrerons ce propos par deux exemples :

- ✓ la prise en compte des bâtiments existants,
- ✓ les possibles effets du probable changement climatique.

Au moment où elle s'est développée, la codification technique relative aux effets des phénomènes naturels sur les bâtiments concernait explicitement les constructions neuves. La prise de conscience du fait que le stock de bâtiments existants constitue un enjeu essentiel est relativement récente. On peut, par hypothèse, dater ce moment vers le milieu des années 1980, après que le flux de construction de logements neufs se soit stabilisé durablement à un niveau légèrement supérieur à la moitié du sommet qu'il avait atteint en 1973 (546 000 logements/an).

La reconnaissance, d'une part, de l'importance de l'enjeu constitué par les constructions existantes et l'attention croissante aux impacts des risques naturels sur le patrimoine bâti, d'autre part, ont conduit par exemple à l'émergence de questions sur le renforcement parasismique des bâtiments existants ou la réduction de la vulnérabilité des bâtiments construits en zone inondable.

Un bâtiment situé en zone sismique réglementaire construit avant la date d'application des réglementations successives (PS 69 déjà citée, puis PS 92 et Eurocode 8 partie 1) est-il susceptible de résister à un séisme conventionnel tel que défini pour les constructions neuves ? Pour évaluer sa vulnérabilité, la démarche logique est d'essayer de comprendre son comportement, d'évaluer le niveau de séisme auquel il est capable de résister et de juger si le niveau potentiellement atteint est compatible avec les objectifs assignés à l'ouvrage.

De ce point de vue, les normes de dimensionnement citées ne peuvent pas être utilisées dans leur globalité car les bâtiments existants ne présentent normalement pas les dispositions constructives *ad hoc*. Il y a lieu alors d'adopter une démarche différente. C'est ce que propose l'Eurocode 8, partie 3 (EN 1998-3), spécialement dédié à l'évaluation et au renforcement des bâtiments existants. Une étude menée dans le cadre du Réseau génie civil et urbain (RGCU) a abouti sur ces bases à un guide méthodologique de renforcement parasismique de ces bâtiments [1].

L'aléa inondation fait l'objet d'une approche différente. Aucun bâtiment courant n'est destiné à être agressé par une vague comme dans le cas d'une inondation torrentielle (ou dans le cas extrême d'un tsunami). Certes, la bonne tenue aux vagues des phares maritimes les plus exposés atteste de solutions tech-

niques valides mais difficilement transposables aux bâtiments courants. Pour les bâtiments exposés à de tels risques d'agressions mécaniques, la protection des personnes passe indiscutablement par l'abandon préalable ou l'évacuation des lieux ce qui pose la question de l'efficacité du dispositif d'alerte.

Pour les inondations de tout type (plaine, ruissellement urbain...), des travaux ont été menés ces dernières années tant par la Direction générale de l'urbanisme, de l'habitat et de la construction (DGHUC) que par la Direction de la prévention des pollutions et des risques (DPPR) qui ont abouti à la constitution d'un corpus de textes non réglementaires qui contribuent à nourrir l'élaboration des prescriptions des plans de prévention des risques (PPR) instaurés par la loi Barnier du 2 février 1995 et renforcés par la loi Bachelot du 30 juillet 2003.

Ainsi, des recommandations disponibles concernent la réparation des ouvrages inondés [3] et l'évaluation de la vulnérabilité des bâtiments aux inondations [4]. D'autres documents sont accessibles à partir du site spécialisé du ministère de l'Ecologie et du Développement durable [5]. La recrudescence récente des inondations porte à explorer des voies techniques sinon complètement inédites, du moins dérogatoires par rapport aux modes constructifs dominants comme les maisons flottantes. Des projets de tels bâtiments aux Pays-Bas et en France [6] sont à analyser.

Tout dispositif réglementaire concernant les risques naturels est basé sur la définition d'un aléa de référence. Toute modification significative de cette référence constitue une raison majeure d'évolution de ces réglementations. La perspective d'un probable changement climatique amène à se poser la question de l'opportunité d'une telle révision. La difficulté de la question tient à l'absence de signal fort d'une telle évolution. Cependant les travaux de simulation du climat commencent à apporter des éclairages. Ainsi les résultats du programme « Impact des changements anthropiques sur la FRéquence des phénomènes Extrêmes de vent, de température et de précipitations » (IMFREX) [7], présentent une esquisse de tendances probables à l'horizon fin de siècle.

Pour ce qui est du vent, les variations des vitesses extrêmes de période de retour cinquantennale sont faibles et statistiquement peu significatives, de l'ordre de ± 2 m/s avec une tendance à l'augmentation dans la moitié Nord-Ouest de la France et une diminution dans la moitié Sud-Est.

Les précipitations moyennes journalières augmenteraient de 15 à 30 % en hiver et diminueraient de 20 à 40 % en été, ce qui accentuerait la sécheresse estivale. Les charges de neige de période de retour cinquantennale seraient fortement diminuées sur l'ensemble de la France et les différences régionales seraient atténuées.

La moyenne des températures maximales quotidiennes d'été augmenterait de + 5°C sauf près de la Manche où l'augmentation serait inférieure à + 3°C. Le nombre de jours avec une température maximale quotidienne supérieure à 35°C passerait de moins de 2 actuellement chaque année, à plus de 10 sur l'ensemble du pays en particulier sur le Sud-Est, seules la bordure de la Manche et la Bretagne semblent épargnées par cette augmentation de la fréquence des canicules. Les températures centennales dépasseraient 45°C sur tout le territoire. Globalement les températures moyennes journalières augmenteraient de + 3 à + 4°C.

Peut-être plus d'inondations hivernales mais peu d'inquiétudes relativement aux tempêtes ? Un risque accru pour les bâtiments fondés sur des argiles gonflantes ? Il est prématuré de tirer des conclusions. Par ailleurs, la croissance de la fréquence d'épisodes caniculaires ne fait-elle pas émerger un phénomène jusqu'à présent rare, dont l'édition de l'été 2003 s'est révélée particulièrement meurtrière ? Ce risque n'est pas traditionnellement répertorié comme risque naturel ayant un impact sur le bâtiment. Des efforts sont faits pour diminuer les émissions de gaz à effet de serre liés à la consommation énergétique des bâtiments neufs et existants. L'impact sur les surchauffes estivales de ces travaux d'amélioration des performances thermiques, reste à évaluer, notamment en milieu urbain.

Perspectives

La structure des outils de prévention des risques naturels pouvant concerner les bâtiments est en place. Si chacun des modules qui la composent est amené à évoluer pour tenir compte de nouvelles expériences ou du progrès des connaissances, une attention constante doit être portée à la cohérence de l'ensemble. Une manière de fusionner les différents modules, de visualiser différents résultats, de créer les conditions d'un partage d'information est d'utiliser des systèmes d'information géographique (SIG) [8]. La qualité de ces outils est le reflet de la qualité des données traitées, ce qui plaide pour une coopération accrue entre différents acteurs porteurs chacun d'une parcelle de connaissance.

Note

(*) <http://lspi.cstb.fr>
salagnac@cstb.fr

Bibliographie

[1] CSTB, PX-DAM Consultants, Séchaud et Metz, Vinci Construction, Dynamique Concept.- Renforcement parasismique du bâti existant : guide méthodologique – Réseau génie civil et urbain, Paris, décembre 2004.

[2] Ministère du Logement et de la Reconstruction – Recommandations relatives aux constructions à édifier dans les régions sujettes aux séismes, mai 1955.

[3] DGUHC-CSTB – Inondations – Guide de remise en état des bâtiments – Paris Septembre 2002 (www.logement.gouv.fr).

[4] DGUHC-CSTB – Inondations – Guide d'évaluation de la vulnérabilité des bâtiments vis-à-vis de l'inondation – Paris, novembre 2005. (www.logement.gouv.fr/IMG/pdf/guide_inondations.pdf).

[5] Ministère de l'Ecologie et du Développement durable : prévention des risques majeurs : www.prim.net.

[6] Bourguet V. Bâtiment flottant pour les constructions en terrain inondable – Paris, Le Moniteur du BTP, p 81, 27 mai 2005.

[7] Site du programme IMFREX : <http://medias.dsi.cnrs.fr/IMFREX/bienvenue.jsp>.

[8] Valencia N., Mebarki A., Salagnac J.L. – « Risques naturels et SIG. Application à la vulnérabilité des ouvrages en maçonnerie » ; XXII^e Rencontres universitaires de génie civil RUGC, UMLV Champs-sur-Marne, France, 3-4 Juin 2004.

