



TENDANCES
ADAPTATION

Les acteurs de l'immobilier revoient leurs fondations pour s'adapter aux changements climatiques

OPHÉLIE CUVILLARD • Assistante de recherche, Observatoire mondial de l'action climat, Climate Chance
ANTOINE GILLOD • Directeur, Observatoire mondial de l'action climat, Climate Chance

À l'heure des appels à la sobriété, des pressions géopolitiques sur l'approvisionnement en énergie et d'intensification des aléas climatiques, le secteur des bâtiments est contraint de s'adapter. Face à la multiplication des événements climatiques extrêmes, la valeur des actifs immobiliers exposés se dégrade. La disposition des nouvelles constructions, leur conception et leur composition sont ainsi repensées en vue des projections climatiques. Les activités de rénovation du bâti existant et de construction de l'immobilier futur font face à l'impératif de combiner efficacité énergétique et résistance aux pressions climatiques. Pour cela, l'adaptation se fait une place croissante dans les codes de construction, l'architecture et le secteur des assurances.



PANORAMA DES DONNÉES

Les coûts humains, financiers et les émissions s'enflamment avec les effets du changement climatique sur les infrastructures

Les chaleurs et les pluies exceptionnelles enregistrées ces dernières années¹ font écho aux rapports du sixième cycle d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) sur l'augmentation de l'intensité des événements climatiques et de la fréquence des événements météorologiques extrêmes. Les événements climatiques tels que l'augmentation des précipitations, la fonte du permafrost, l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des feux de forêt, des orages et des pluies, engendrent de plus en plus la destruction d'infrastructures et d'habitations, impliquant des coûts importants pour la reconstruction et la rénovation.

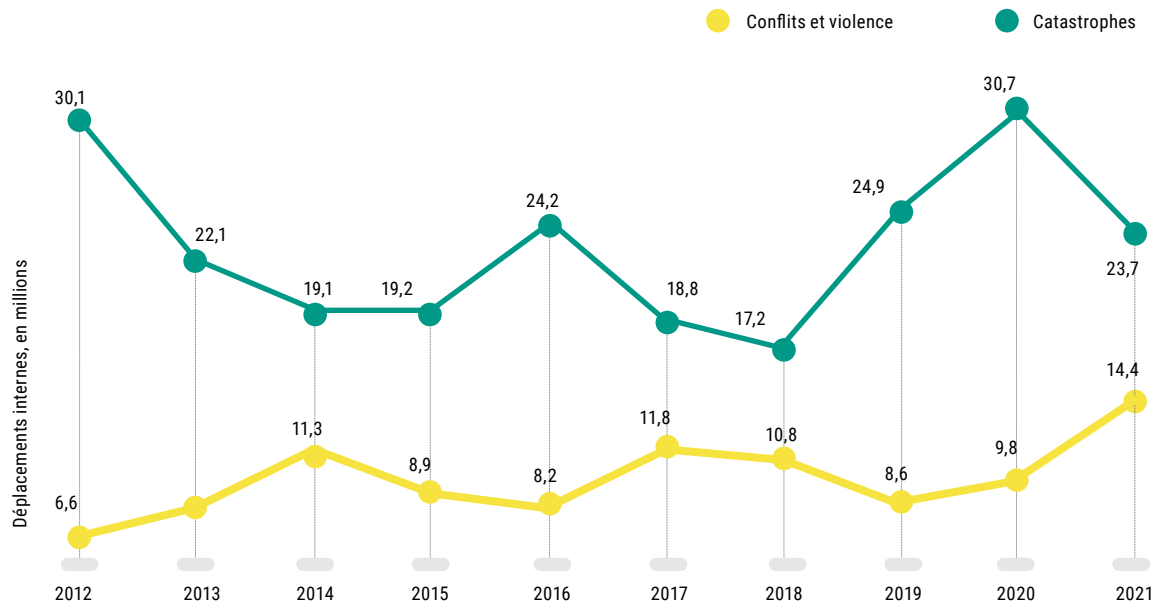
Selon le scénario de réchauffement du GIEC² à 1,5 °C, l'Afrique et l'Asie sont les régions qui ont le plus de risques de voir la fréquence et l'intensité des précipitations augmenter, suivies par l'Amérique du Nord et l'Europe. Les sécheresses sont amenées à augmenter sur tous les continents par rapport à la période 1850-1900, excepté en Asie. À partir de 2 °C, les fortes précipitations et les inondations augmenteront en particulier dans les îles du Pacifique et dans certaines régions d'Amérique du Nord et d'Europe.

Ces événements climatiques impactent les infrastructures des parcs immobiliers mondiaux. Four Twenty Seven (427), société californienne créée en 2012 pour analyser les risques du changement climatique, et l'entreprise GeoPhy ont conclu dans un rapport que 35 % des 73 500 propriétés listées dans 321 sociétés d'investissement immobilier cotées (*Real Estate Investment Trust*) étaient menacées par les aléas climatiques : 17 % par des inondations, 12 % par les ouragans et les typhons et 6 % par la montée des eaux et les crues côtières³. Le parc immobilier des États-Unis serait également particulièrement menacé. Les villes de New York, San Francisco,

FIGURE 1

DÉPLACEMENTS INTERNES PROVOQUÉS PAR DES CONFLITS, DE LA VIOLENCE ET DES CATASTROPHES NATURELLES ENTRE 2012 ET 2021

Source : [IDMC, 2022](#)



Miami, Fort Lauderdale et Boston font face à un haut risque de montée des eaux. Au niveau mondial, les parcs immobiliers les plus exposés à la montée du niveau des mers sont situés à Hong Kong et à Singapour. Les infrastructures du Japon sont les plus menacées par les typhons, tandis que les risques d'inondations menacent les villes du sud-est de l'Australie et une partie de l'Europe (est de la France, Belgique, Allemagne, Pays-Bas, Royaume-Uni, Danemark, Suède). Les vagues de chaleur éprouvées au Royaume-Uni ce dernier été ont fait ressurgir l'inadaptation des bâtiments pour contrer la chaleur : certains anciens hôpitaux de Londres n'ont pas de climatisation et des fenêtres qui ne s'ouvrent pas⁴.

Les infrastructures des pays en développement sont particulièrement vulnérables aux changements climatiques, qui menacent en majorité les pays localisés en Asie⁵, comme le Bangladesh, l'Inde, le Myanmar, le Népal, le Pakistan, les Philippines, la Thaïlande, ou encore le Vietnam⁶. Durant l'été 2022, le Pakistan a subi le mois le plus humide depuis 30 ans et les inondations ont provoqué, début septembre, la mort de 1 100 personnes, la destruction de 287 000 maisons, touché 2 millions d'hectares agricoles et tué 735 000 têtes de bétail⁷. L'Asie pourrait compter pour près de la moitié des nouvelles constructions d'ici 2040. Or, en 2020, moins de 50 % des pays de la région avaient des codes⁸ obligatoires, volontaires ou des programmes de certifications⁹. Les îles sont aussi particulièrement exposées à la montée des eaux et en subissent déjà les conséquences. L'Alliance des petits États insulaires (AOSIS) compte parmi les forces les plus influentes dans la défense du financement pour l'adaptation des pays particulièrement exposés et vulnérables aux changements climatiques⁹.

Le secteur des bâtiments compte pour 37 % des émissions globales de gaz à effet de serre et 36 % de la consommation mondiale d'énergie (construction comprise)¹⁰. Les objectifs visant à développer des bâtiments « zéro émission nette » se concrétisent essentiellement dans la recherche d'efficacité énergétique pour l'atténuation. Mais la recherche de « résilience » prend une place de plus en plus importante dans le débat public ces dernières années, pour soutenir, ici, la capacité de résistance des bâtiments aux changements climatiques.

Ces changements climatiques représentent entre autres des coûts financiers croissants et impactent la valeur du parc immobilier. Dans un pays donné, les propriétés exposées à la montée des eaux ont déjà perdu 7 % de leur valeur par rapport aux propriétés semblables non exposées à ce risque¹¹. Les dégâts causés par les catastrophes naturelles représentent des pertes très importantes. Les ouragans Harvey, Irma et Maria en 2017 ont causé 220 Md\$ de dommages et, en 2018, l'ouragan Florence a causé 10 Md\$ de pertes¹². Aux États-Unis, particulièrement touchés par ce type d'événements, le montant des dégâts s'élève à 56,92 Md\$ en 2021¹³. Ces montants recouvrent majoritairement les coûts de reconstruction, de rénovation et les aides financières, avec le risque que les nouvelles constructions soient détruites à nouveau quelques années après. Certaines zones urbaines devront également, à terme, être abandonnées et les foyers relocalisés¹⁴. Ainsi, près de 33 millions de personnes ont été déplacées au Pakistan lors des inondations de la fin de l'été 2022¹⁵ ; soit presque autant dans ce seul pays que sur l'ensemble de la planète en 2021 (38 millions ; **FIG. 1**)¹⁶. Au regard du poids carbone de l'étape de la construction dans le cycle de vie d'un bâtiment – envi-

a Les "building codes" sont des instruments politiques pour les gouvernements nationaux, ou locaux, pour améliorer la performance énergétique des bâtiments, soit au moment de leur construction ou pour leur rénovation.



ron 10 % des émissions mondiales de CO₂ sont causées par la fabrication des matériaux de construction¹⁷ – ces reconstructions et rénovations génèrent d'importantes émissions.

Afin de limiter les émissions de gaz à effet de serre (GES) du secteur et les coûts financiers, sociaux, humains, culturels engendrés par les aléas climatiques, l'adaptation entre progressivement au cœur des stratégies du secteur des bâtiments. Ce dernier est un secteur privilégié pour l'adaptation en ce qu'il permet de la considérer de manière extensive. En plus de pouvoir constituer un rempart physique face aux aléas climatiques, les bâtiments peuvent également permettre de réaliser des économies d'énergie, à la fois adaptées à la montée des risques de pénurie d'offre et au contexte géopolitique.



L'ŒIL DE L'OBSERVATOIRE

En changeant plus vite que les fondations, le climat fait trembler le parc immobilier

L'intégration des données climatiques dans les codes de construction et la planification

Les stratégies du secteur des bâtiments reposent sur une cartographie plus précise des risques et des spécificités climatiques du terrain, et sur des nouvelles méthodes de construction pour rendre les bâtiments plus résilients aux phénomènes climatiques. Une étude¹⁸ menée par le National Institute of Building Sciences (NIBS) a montré que l'adoption des derniers codes de construction aux États-Unis pouvait permettre d'éviter la construction d'environ 15 000 nouvelles maisons, soit l'équivalent d'1,5 million de tonnes de CO₂ par an¹⁹. L'étude indique également que si les catastrophes étaient davantage prises en compte dans les codes de construction, réduisant ainsi les démolitions, les émissions seraient d'autant plus réduites.

Lancé en 2019, le Global Resiliency Dialogue (GRD) réunit dans un groupe de travail des autorités et des chercheurs basés au Canada, aux États-Unis, en Australie et en Nouvelle-Zélande afin d'échanger et partager des expériences sur l'intégration des nouveaux risques climatiques dans les codes de construction. Les membres de la coalition s'accordent à reconnaître que leurs codes de construction, traditionnellement fondés sur l'observation historique des événements météorologiques passés, sont inadaptés à l'anticipation des évolutions futures des aléas climatiques. Sur la base de deux rapports publiés en janvier et novembre 2021, le GRD s'apprête donc à publier au second semestre 2022 des « *Lignes directrices internationales pour la résilience* » (*International Resilience Guidelines*²⁰). Les résultats des premières enquêtes montrent qu'il faut attendre une décennie en moyenne entre chaque renouvellement des données météorologiques historiques dans les codes de construction. L'enjeu pour chacun de ces pays est donc désormais d'y intégrer des modélisations climatiques dans la conception de leurs codes de constructions au nom de la résilience (CF. ENCADRÉ 1) des bâtiments.

ENCADRÉ 1 • POUR MIEUX COMPRENDRE

LA RÉSILIENCE CLIMATIQUE

Le Center for Climate and Energy Solutions définit la résilience climatique comme « *la capacité d'anticiper, d'être préparé et de répondre à des événements ou des perturbations climatiques dangereux* » et mentionne en particulier des événements ponctuels tels que les vagues de chaleur, les pluies torrentielles, les ouragans ou les feux de forêts, sans oublier des changements de long terme comme la montée du niveau des mers, l'aggravation de la qualité de l'air et les migrations climatiques. Les plans de résilience municipaux se concrétisent notamment au niveau des bâtiments, comme le plan d'action contre la chaleur à Phoenix, qui a favorisé les procédés de climatisation naturelle²¹. Le conseil des codes de construction internationaux (ICC), en partenariat avec l'Alliance pour la résilience nationale et des communautés (Alliance for National & Community Resilience), a défini l'apport des codes de construction sur les capacités de résilience d'une communauté dans le rapport « *Building Community Resilience through Modern Model Building Codes* »²² en 2018. Ce dernier détermine ainsi les quatre aspects que recouvre la résilience dans le secteur du bâtiment : l'efficacité des bâtiments et de leur remise en état pour atténuer les catastrophes ; assurer le bien-être ainsi que la santé mentale et physique de ses occupants ; améliorer le cycle de construction ; et créer une communauté « durable ». Un bâtiment qui doit être démolé après un aléa n'est pas considéré comme « durable ». Enfin, la résilience des infrastructures est reconnue par l'ANCR comme un des trois piliers pour assurer la résilience d'une communauté, avec les mesures sociales et de gouvernance²³.

Le second rapport²⁴ établi par le Global Resiliency Dialogue donne la ville de New York en exemple pour illustrer l'intégration des projections climatiques dans les codes de construction et les normes. La ville est une des plus exposées à l'augmentation du niveau des mers – aux côtés de Calcutta, Bombay, Dacca, Miami, Alexandrie ou Lagos²⁵ – avec une projection moyenne d'une élévation de 2,25 mètres tous les cinq ans²⁶. Pour intégrer les projections climatiques dans les plans d'investissements publics de la ville, la municipalité a instauré un guide de conception de la résilience climatique (*The City's Climate Resiliency Design Guidelines*²⁷). Ce dernier fournit aux ingénieurs, architectes et planificateurs urbains une méthodologie qui intègre les données historiques, les données nouvelles et les avancées scientifiques. Cette méthodologie joue un rôle d'intermédiaire entre les données climatiques et les actions possibles pour y répondre. Elle traite trois aléas climatiques auxquels la ville est exposée : les inondations, l'augmentation de l'intensité des précipitations et les vagues de chaleur. Pour réduire la chaleur urbaine par exemple, le rapport encourage à repenser les matériaux utilisés pour les façades extérieures des bâtiments : ceux qui renvoient les rayons de soleil créent un réchauffement urbain localisé et augmentent l'utilisation de la climatisation, qui participe aussi à ce mécanisme. Plusieurs solutions sont proposées pour chaque problème soulevé : pour la chaleur urbaine, le guide propose de recouvrir 50 % de la surface du site d'un projet de toits végétalisés, d'ombre ou de surfaces hautement réfléchissantes en ville (dallages clairs). Ces solutions répondent

donc à l'objectif de réduction de la chaleur urbaine tout en assurant une température stable à l'intérieur des bâtiments : l'intégration collective des différents enjeux permet de ne pas mettre en place des mesures contradictoires. C'est un des messages portés par le dernier sondage du Global Resiliency Dialogue : « les réglementations des planifications devraient être développées en parallèle des codes de construction, afin d'harmoniser l'approche de la résilience adoptée dans les deux cas »²⁸.

L'intégration des différents enjeux via des planifications urbaines s'avère aussi stratégique quand les risques sont importants. Pour faire face aux inondations, la Chine aménage des « villes éponges »^b (*sponge cities*). Elles se caractérisent par un meilleur contrôle de l'eau, grâce à son infiltration dans le sol et à la gestion de son évacuation : elles intègrent également les plans d'urbanisation *Low Impact Development* (LID) développés en 1987 pour la gestion des eaux d'orage, dont la nécessité croît à mesure que les orages s'intensifient avec le changement climatique²⁹. Le concept LID a généré de nombreuses recherches sur la gestion des eaux d'orage en Europe, en Amérique du Nord et en Australie, qui ont contribué à la mise en place de « villes éponges » dans l'État de Géorgie et

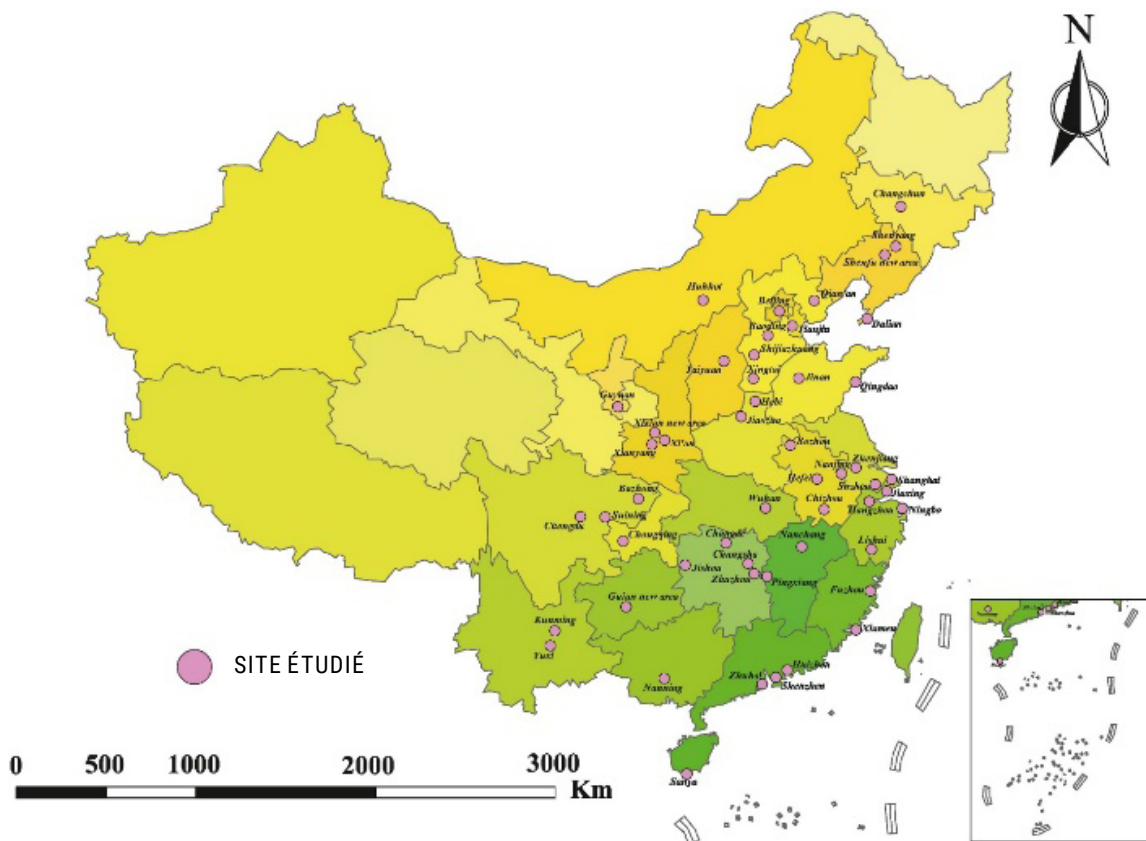
à Chicago par exemple³⁰. Ce concept s'applique également à certaines infrastructures comme les toits végétalisés, les pavements perméables ou des fossés permettant l'infiltration de l'eau dont l'efficacité a été démontrée dans des simulations des villes du sud de l'Italie³¹ ou la ville polonaise Gorzów Wielkopolski³². Trente villes en Chine ont été retenues en tant que villes pilotes pour la mise en place des « villes éponges » et d'autres villes en présentent les caractéristiques (FIG. 2). Les villes sont majoritairement localisées dans le sud et l'est de la Chine, en raison de leurs caractéristiques climatiques et géographiques.

La mise en place de ce type de planifications urbaines présente de nombreux co-bénéfices : en plus d'augmenter la protection des personnes et des infrastructures face aux inondations, elles participent à l'amélioration de la qualité du sol et de l'eau, assurent une biodiversité plus riche et contribuent au bien-être de la ville avec l'intégration de plus d'espaces verts. Bien que l'atteinte de ces différents objectifs dépende des caractéristiques géographiques et climatiques, les différentes villes chinoises à l'étude ont pour l'instant toutes montré des effets « satisfaisants » en ce qui concerne le contrôle des surplus d'écoulement d'eau³³.

FIGURE 2

VILLES CHINOISES AYANT ENTREPRIS DES CONSTRUCTIONS DANS LE CADRE DE LID

Source : [SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT, 2022](#)



b En plus de zones humides favorisant l'absorption de l'eau, des réservoirs souterrains permettent de stocker l'eau le temps de l'inondation et de permettre son évacuation ensuite. L'urbanisation telle qu'elle a été menée jusqu'à maintenant empêche l'infiltration de l'eau, aggravant les impacts des inondations.

La performance énergétique des bâtiments joue également un rôle pour leur adaptation aux aléas climatiques. Si certains équipements permettent d'optimiser la consommation de l'énergie, la performance énergétique d'un bâtiment est renforcée par l'isolation, les aérations ou encore la végétalisation. Pour prévenir les vagues de chaleur, la ville de Bâle en Suisse a initié un programme de toits végétalisés, qui en fait aujourd'hui la ville avec la plus grande surface de toits végétalisés par habitant. Le programme a été financé par un fonds mis en place par la ville dans les années 1990, à l'issue d'une loi qui prévoyait le reversement de 5 % des factures d'électricité pour ce fonds d'économie d'énergie. Le projet s'est renforcé par la suite avec l'obligation en 2010 de convertir tous les toits plats à rénover ou à construire en toits végétalisés. L'initiative a été défendue pour ses bénéfices d'économie énergétique, en même temps que ses qualités d'adaptation : les toits végétalisés peuvent réduire la température intérieure jusqu'à 5 °C³⁴ et sont une alternative quand il est impossible d'instaurer des espaces verts autour du bâtiment. Ils constituent également un outil efficace contre les écoulements d'eaux d'orage, qui, selon une étude britannique prévisionnelle³⁵, pourraient être réduits à hauteur de 17 à 20 % si tous les toits adaptés étaient végétalisés au Royaume-Uni.

Au niveau européen, dans une situation qui plaide pour le renforcement de l'autonomie et de la sobriété³⁶, optimiser la consommation énergétique se révèle un outil stratégique et d'adaptation au contexte géopolitique. Elle permet de diminuer les commandes en énergie, fossile pour la majorité, (FIG. 3) et d'utiliser une quantité d'énergie donnée plus longtemps.

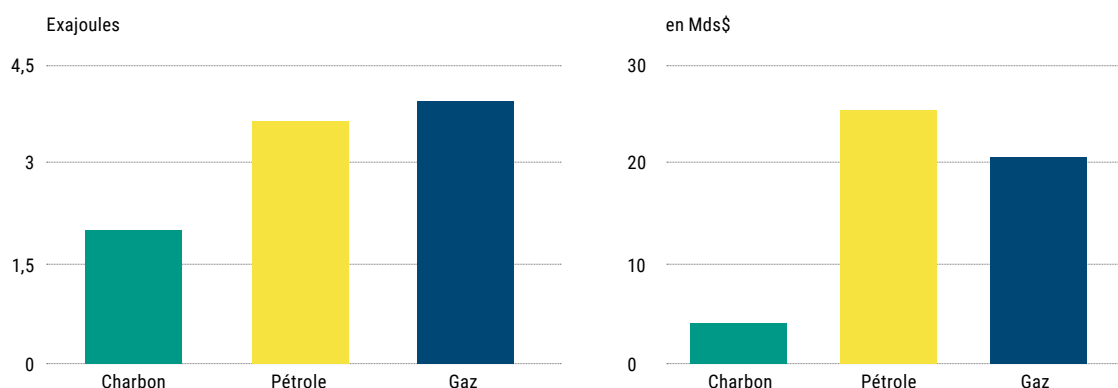
Au cours des derniers mois, de nombreux États ont annoncé des mesures de sobriété pour réduire la consommation énergétique des bâtiments. Parmi les mesures notables, l'Italie a interdit la programmation de la climatisation des bâtiments publics sous 25 °C du 1^{er} mai 2022 au 31 mars 2023 et celle du chauffage au-dessus de 19 °C pendant l'hiver³⁷, et l'Autriche a avancé la date d'interdiction de vente de nouvelle chaudière à gaz en 2023, initialement prévue en 2025³⁸. Les chaudières à combustion fossile sont aussi pointées pour la pollution intérieure qu'elles génèrent : c'est notamment le propos de la pétition de 25 ONG américaines à destination de l'Agence de protection de l'environnement (EPA) pour inciter cette dernière à davantage prendre en compte cette source de pollution³⁹. Au regard de la vétusté des bâtiments, de la perte énergétique élevée dans le secteur et de l'impact de la guerre sur les infrastructures, l'Ukraine a déjà annoncé entrevoir une reconstruction « plus verte » après la guerre⁴⁰, fondée sur l'amélioration de l'efficacité énergétique, lors d'une rencontre entre les autorités ukrainiennes et des partenaires européens – tels que la Commission européenne, la Banque européenne d'investissement et la Banque mondiale – à Lugano, en Suisse, les 4 et 5 juillet 2022.

La mise en œuvre des codes de construction s'avère néanmoins un des principaux obstacles à leur efficacité, en particulier dans les pays où les infrastructures sont les plus vulnérables. Le rapport de GlobalABC dédié au continent asiatique observe que « *bien qu'essentielle, l'application volontaire ou prescriptive des codes de construction soulève des défis, dans la mesure où il revient en général aux collectivités locales de les appliquer. Alors qu'elles n'ont pas toutes les mêmes ressources humaines et financières* »⁴¹. L'application des codes de construction demeure limitée en Afrique subsaharienne, en Amérique centrale et en Amérique du Sud⁴².

FIGURE 3

LA RÉDUCTION DES IMPORTATIONS D'ÉNERGIE FOSSILE DES PAYS DE L'AIE ET D'AUTRES ÉCONOMIES ÉMERGENTES MAJEURES° PERMISE PAR LES AMÉLIORATIONS D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DEPUIS 2000 (EN DOLLARS ET EN CARBURANT)

Source : Agence internationale de l'énergie, 2019



° Les pays considérés sont les membres de l'Agence internationale de l'énergie et la Chine, l'Inde, le Brésil, l'Indonésie, la Fédération de Russie, l'Afrique du Sud et l'Argentine.



Le défaut d'application des codes de construction a été souligné comme un des principaux facteurs de vulnérabilité et de destruction des bâtiments et infrastructures face à des aléas géographiques et climatiques⁴³. La capacité des pays à être dans la meilleure conformité possible avec les codes de construction tient notamment du niveau de richesse des pays. En particulier, certaines études ont mis en avant les facteurs de dépendance de ces pays à l'importation des matériaux de construction et de la non-intégration des derniers codes de construction par les parties prenantes majeures du secteur des bâtiments au sein des pays⁴⁴. Le niveau de richesse n'est néanmoins pas le seul facteur qui joue quand le pays présente de fortes vulnérabilités aux changements futurs, comme c'est le cas de la Nouvelle-Zélande où une personne sur sept vit dans un lieu enclin aux inondations, représentant 100 milliards de dollars de valeur résidentielle^{45,46}. Le rapport national d'évaluation des risques du changement climatique, publié en 2020, a rappelé l'importance d'une mise en œuvre planifiée en Nouvelle-Zélande, qui a servi de base pour l'élaboration du premier plan d'adaptation du pays délivré, en 2022. Le chapitre 7 du plan est consacré au secteur des bâtiments et intègre des codes de construction « résilients » face à la montée du niveau des eaux. La stratégie de résilience néo-zélandaise prévoit aussi d'éviter les nouvelles constructions sur les zones côtières ou le renforcement des législations vis-à-vis de la transparence des banques sur leur exposition aux risques climatiques. En 2021, la Nouvelle-Zélande était en effet le premier pays à proposer une loi qui rendrait obligatoire, de la part des institutions financières, la divulgation de l'évaluation de leurs investissements et des prêts accordés aux entreprises au regard des risques climatiques auxquels elles sont exposés⁴⁷.

La capacité de résistance des bâtiments s'édifie dès l'étape de la conception

Il ressort d'une étude menée par l'ESCAP & l'Asian Institute of Technology⁴⁸ que c'est dans la phase d'architecture que se joue la résistance des bâtiments, alors que les phases ultérieures permettent de répondre aux objectifs d'atténuation. La résilience des bâtiments est d'autant plus renforcée que toutes les étapes de la construction sont pensées au profit des objectifs d'adaptation et d'atténuation.

Le Japon a annoncé en 2022 que les nouvelles constructions – des bâtiments résidentiels et non résidentiels – devront intégrer les normes d'efficacité énergétique⁴⁹. Pour l'instant, seuls les bâtiments non résidentiels de plus de 300 m² y étaient contraints. Des architectes seront chargés d'expliquer aux propriétaires les impacts de l'introduction d'énergies renouvelables. Ces mesures élargissent la contribution de la phase de conception dans l'atteinte des objectifs d'atténuation, en plus des ambitions de résistance, dont les architectures japonaises sont les championnes. En 2018, l'archipel nippon était reconnu par la Banque mondiale comme un des environnements « *les plus sûrs et résilients face aux catastrophes dans le monde* »⁵⁰. Les architectures du Japon sont parmi les

plus élaborées pour faire face aux tremblements de terre et aux typhons, auxquels le pays est particulièrement exposé. C'était un des pays leaders du Cadre de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe, adopté par les Nations unies en 2015 et qui prévoit une stratégie jusqu'en 2030. Une des leçons que le Japon a mises en avant est l'importance de la participation du secteur privé pour le partage des technologies et des savoir-faire⁵¹. De nombreuses initiatives ont lieu en Asie à toutes les échelles : plus au sud, la ville de Dapitan, aux Philippines, a par exemple construit des maisons monolithiques en pierre de basalte et en utilisant la forme ronde pour la résistance aux vents et aux typhons⁵².

C'est aussi lors de la conception que les architectes peuvent renforcer l'imperméabilité du bâtiment aux températures extérieures. L'Espagne est un des pays européens les plus exposés aux vagues de chaleur, à l'intensification des épisodes de sécheresse et à la raréfaction de l'eau. À 18 km de Madrid, à Móstoles, le bâtiment pour le département de l'énergie de l'Institut de Madrid pour les études avancées (IMDEA), construit en 2012, a été entièrement pensé pour faire face à cet enjeu climatique. L'enjeu d'assurer la résistance du bâtiment face à des températures extérieures très élevées, sans utiliser davantage d'énergie pour la climatisation, a été traité avec une architecture « bioclimatique »^d. L'isolation est assurée par des façades ventilées et de multiples autres solutions ont été mises en place pour limiter l'exposition directe au soleil ou à ses radiations, et favoriser l'ombre. Les toits sont composés d'un matériau blanc favorisant la réflexion des rayons. La conception du bâtiment et les efforts pour maximiser l'efficacité énergétique des équipements lui permettent d'afficher une classe A sur le diagnostic de performance énergétique et un besoin d'énergie primaire de 169 kWh/m² quand celui d'un bâtiment standard est de 492 kWh/m²⁵³. Les économies d'eau ont également été pensées dès la conception du bâtiment : l'eau de pluie est récupérée sur le toit, en particulier pour irriguer les parties végétalisées. Le parking est fait d'une surface perméable pour limiter les risques d'inondations et pour prévenir l'augmentation de l'intensité des pluies. 40 % de l'eau, au niveau des toilettes et des éviers, est économisée par rapport à un bâtiment habituel.

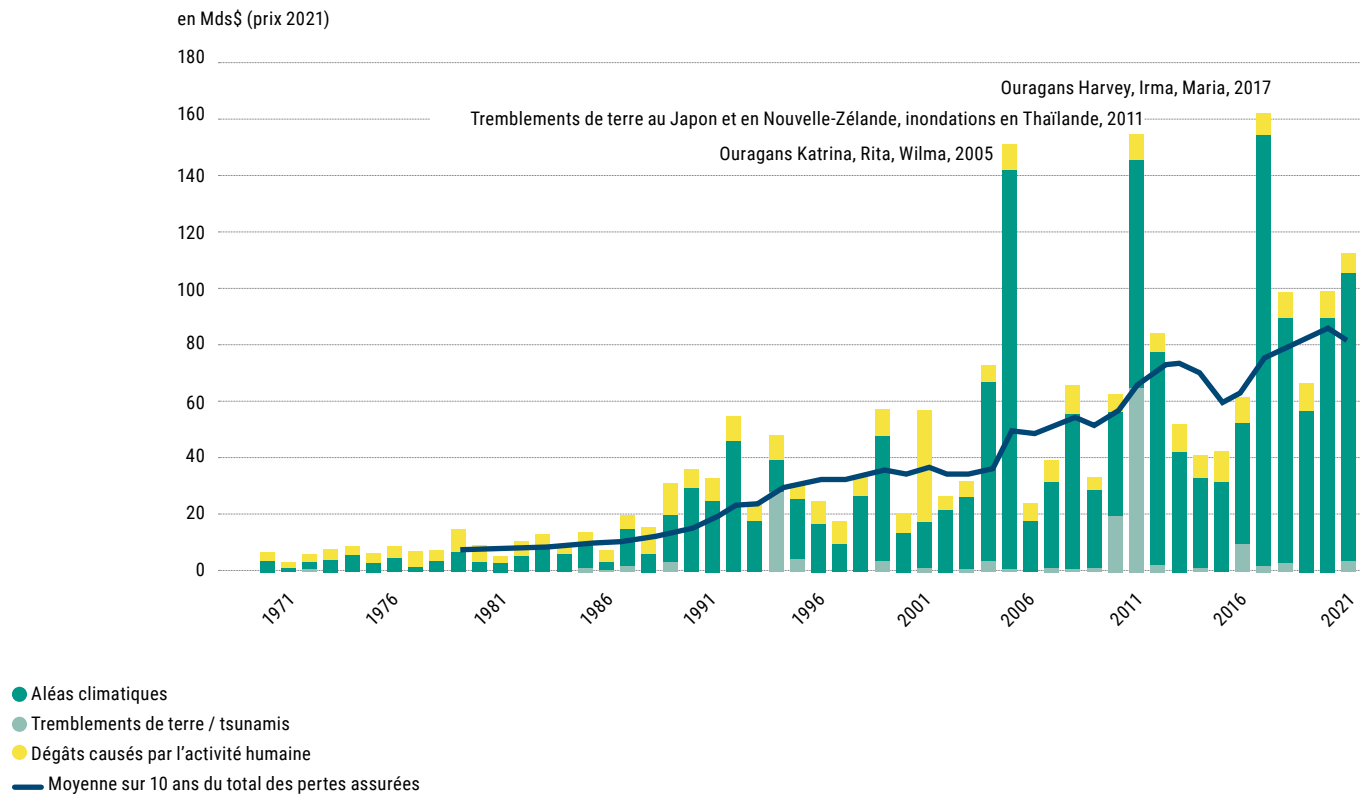
Entre 2017 et 2050, la surface des bâtiments devrait doubler en Afrique, dont 90 % de bâtiments résidentiels⁵⁴. L'intégration des risques climatiques dans les nouvelles constructions peut y apporter de nombreux co-bénéfices, que ce soit en évitant des émissions supplémentaires grâce aux mesures d'efficacité énergétique ou en permettant d'avoir accès à de meilleures conditions de vie. ICLEI Afrique, une initiative régionale de collectivités territoriales engagées sur le climat, recense plus de 50 projets⁵⁵ pour la résilience en Afrique qui ont été mis au point à l'échelle municipale. Les deux villes de Nacala (Mozambique) et Moroni (Comores) ont été reconnues pour leur leadership et pour avoir été les premières à être dans l'alignement du guide du Global Covenant of Mayors. Les villes côtières du Mozambique ont fait l'objet d'un projet (CCAP)

^d L'architecture bioclimatique représente une architecture utilisant des énergies renouvelables, la ventilation naturelle et l'optimisation des moyens utilisés pour la construction. Elle permet ici d'assurer une température intérieure basse face à de fortes températures extérieures et de minimiser l'énergie utilisée pour le refroidissement et l'éclairage.

FIGURE 4

CAUSES DES PERTES ASSURÉES DEPUIS 1970

Source : *Swiss Re Institute, 2021*



pour l'adaptation des villes côtières du pays, dont Nacala fait partie, de novembre 2013 à novembre 2018. Différents groupes et acteurs ont contribué aux projets de construction pour s'assurer que « les techniques et les matériaux de construction étaient adaptés à la culture locale »⁵⁶. Vingt-deux maisons « modèles » ont été mises au point à l'issue de ce projet qui a réuni des architectes, des décideurs locaux, des groupes de femmes et des artisans locaux. Ces modèles reposent par exemple sur des toits permettant de récupérer l'eau de pluie pour les usages du foyer, en même temps qu'ils sont construits de sorte à résister à des vents importants. Les matériaux des toits sont résistants à l'eau et les angles ne dépassent pas 12,5 degrés de sorte à limiter leur exposition aux vents. Le CCAP a participé à l'élaboration des codes de construction du gouvernement. Le coût de l'adaptation des bâtiments est aussi défendu par les porteurs du projet auprès des particuliers, comme des économies sur le long terme, dans la mesure où des architectures plus résilientes peuvent éviter des frais de reconstruction.

L'intégration des méthodes traditionnelles est aussi mise en avant par des architectes africains pour la résilience des bâtiments. L'intégration du refroidissement passif (*passive cooling*) dans la conception des nouveaux bâtiments est présentée par la GlobalABC⁵⁷ comme une stratégie importante pour limiter l'augmentation de la demande en climatisations artificielles. C'est ce que le Prix Pritzker d'architecture 2022, Diébédo Francis Kéré, a réalisé dans l'école de Gando, au Burkina Faso, en combinant les dernières connaissances architecturales

avec les méthodes ancestrales et les matériaux locaux afin d'adapter le bâtiment à son environnement. L'école est entièrement refroidie grâce à des méthodes passives, via une ventilation naturelle et une structure limitant l'absorption de la chaleur par le bâtiment. Le bâtiment n'a donc pas besoin de consommer de l'énergie pour son refroidissement grâce à l'intégration de cet enjeu dès l'étape de sa conception.

Les méthodes traditionnelles inspirent les conceptions bioclimatiques, quand elles ont été conçues localement pour faire face à des événements climatiques particuliers⁵⁸, comme les cyclones et les inondations dans les zones rurales. Les techniques traditionnelles de constructions des habitants des îles Salomon⁵⁹ ont inspiré les conceptions bioclimatiques, notamment pour la ventilation naturelle (pour les zones chaudes et humides) par exemple. Elles utilisent des matériaux locaux qui sont adaptés au climat local, valorisent de multiples espaces d'aération et surélèvent les habitations (pavillons) grâce à des pilotis les protégeant des inondations causées par les moussons. De plus, les matériaux traditionnels⁶⁰ comme le bois, la pierre ou la terre sont moins émetteurs de gaz à effet de serre que des matériaux comme le béton ou l'acier et permettent de conserver la culture architecturale.

Face aux risques climatiques, le secteur de l'assurance en chantier

Le secteur de l'assurance est fortement exposé aux « risques physiques » posés par le dérèglement climatique. Selon l'évaluation de Swiss Re, les catastrophes naturelles ont généré



112 milliards de dollars de pertes assurées en 2021, soit le quatrième total annuel le plus élevé jamais enregistré (FIG. 4)⁶¹. D'après une évaluation de l'Autorité européenne des assurances et des pensions professionnelles (EIOPA), une agence de surveillance du Système européen de supervision financière, « toutes les stratégies commerciales liées à la propriété sont amenées à être impactées par des risques physiques dus au changement climatique »⁶². En 2020, environ 80 % des pertes commerciales dues aux tempêtes et aux inondations en Europe provenaient de dommages sur les bâtiments. L'augmentation de la réalisation des « événements cumulés »^e (compound events) nécessite un changement dans la gestion des risques.

Les rapports d'évaluation des risques du secteur intègrent de plus en plus de données et d'analyses⁶³, dont le partage constitue un levier d'action majeur pour les assurances et pour l'adaptation, même si l'exposition aux risques physiques est particulièrement difficile à quantifier⁶⁴. Aux États-Unis, un nouveau rapport de l'ONG Natural Resources Defense Council (NRDC) montre qu'acquérir une propriété ayant déjà été exposée à des épisodes d'inondations pouvait générer jusqu'à des dizaines de milliers de dollars⁶⁵ de dommages supplémentaires par rapport à une propriété sans un tel historique, au cours du remboursement du prêt immobilier. La transparence des données historiques revêt dès lors un enjeu crucial. Cependant, 21 États américains n'exigent pas le partage de cette information par le vendeur⁶⁶. Une maison emportée par l'océan en Caroline du Nord en mai 2022⁶⁷ a suscité de vives réactions sur les réseaux sociaux, appelant à rendre obligatoire la divulgation des risques auxquels sont exposés les propriétés et les terrains sur lesquels elles sont construites. Néanmoins, la fixation des prix des contrats d'assurance varie et ne repose pas toujours sur les mêmes caractéristiques. Depuis que l'Agence fédérale des situations d'urgence (FEMA) a changé son mode de calcul, le prix des primes d'assurance pour les maisons qui se trouvent les plus proches des sources d'eau ou des risques d'ouragans comme c'est le cas en Floride, vont drastiquement augmenter. Certains propriétaires ont déjà dû payer des frais d'assurance supplémentaires⁶⁸, bien qu'ayant adopté des mesures limitant la vulnérabilité de leur habitation.

La révision de la méthodologie de calcul de la FEMA est un exemple des mesures d'adaptation du secteur lui-même face au changement de la fréquence et de la répartition des risques. Car si le secteur de l'assurance peut constituer un outil d'adaptation face aux événements climatiques extrêmes, il doit également s'adapter lui-même aux nouveaux enjeux, pour gérer ses propres « risques de transition ». Le marché de l'assurance en Louisiane connaît des faillites en chaîne de compagnies d'assurance après le passage de l'ouragan Ida l'an dernier⁶⁹. Faillites qui sont tombées au « pire moment de l'année », où les feux de forêts et les inondations sont nombreux, laissant des milliers de personnes non assurées. La vulnérabilité d'une partie de l'Australie fait également émerger une « crise assurantielle » avec une maison sur

25 qui a de grandes chances de ne plus être assurable d'ici 2030⁷⁰. Ce phénomène risque aussi d'augmenter les inégalités puisqu'il rend les maisons à risque plus abordables, attirant les ménages les plus modestes. Une autre conséquence est l'augmentation de la valeur des actifs, qui rendrait les assurances moins abordables. Or, le nombre de contractants est une condition de l'efficacité et de la sécurité – voire de la résilience – du modèle économique des assurances, qui repose sur le partage du coût des risques.



GRANDS ENSEIGNEMENTS

L'intégration de l'adaptation dans les codes de construction ou de rénovation reste marginale, bien que l'augmentation des impacts du changement climatique cause de plus en plus de dégâts matériels et de pertes de vies humaines. Des pays comme le Japon ou les États-Unis ont lancé tôt des recherches pour prévenir les catastrophes naturelles auxquelles ils sont historiquement exposés. Néanmoins, ces dernières sont amenées à s'intensifier dans ces pays et à augmenter dans ceux où elles étaient moins probables, du fait du changement climatique. Ce dernier exige l'intégration complémentaire des mesures d'atténuation et d'adaptation, qui n'étaient pas prises en compte dans les technologies visant exclusivement la résistance des bâtiments. Certaines initiatives pionnières tentent de mettre en œuvre des projets qui viseraient à la fois à réduire la consommation énergétique et à rendre les bâtiments plus résistants sur le long terme. L'intégration des mesures d'adaptation amène néanmoins à repenser l'intégration de techniques ancestrales dans les projets de construction, du fait de leur nature ultra localisée, ce qui les rend moins duplicables que les mesures visant à réduire les émissions de GES. Pour faire face aux impacts quand ils ont déjà eu lieu, l'assurance peut être un levier important ; mais l'augmentation de ces impacts oblige le secteur à s'adapter. En effet, l'adaptation a trait à la réalisation de risques et donc à la capacité du secteur de l'assurance à fonctionner à partir d'un modèle qui prenne en compte l'augmentation de ces risques et qui parvienne à mieux les répartir.

^e Les « événements cumulés » sont mentionnés dans le dernier rapport du GIEC comme une des principales manifestations du changement climatique. Il se définissent par l'accumulation de plusieurs aléas en même temps (ex : précipitations et vagues de chaleur simultanées ou plusieurs conditions climatiques qui favorisent l'apparition de feux de forêts : un climat venteux sec et chaud).

RÉFÉRENCES

RETOUR PAGE PRÉCÉDENTE

- 1 World Meteorological Organization (2021). [State of Climate in 2021 : Extreme events and major impacts](#). World Meteorological Organization
- 2 Masson-Delmotte, V. et al. (2021). [Summary for Policymakers. In : Climate Change 2021 : The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change](#). GIEC, pp. 3-32. Point C.2.2
- 3 Starkman, K. (2018). [Climate Risk, Real Estate, and the Bottom Line](#). Four Twenty-Seven & GéoPhy
- 4 McCann, J. (16/07/2022). [UK heatwave 'will be a nightmare' for under-pressure NHS as Covid cases soar, doctor warns](#). Inews
- 5 GlobalABC, IEA & UNEP (2020). [GlobalABC Regional Roadmap for Buildings and Construction in Asia : Towards A Zero-Emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector](#). Agence internationale de l'énergie
- 6 Eckstein, D., Hutfils, L-M. & Wings, M. (2019). [The Global Climate Risk Index 2019](#). Germanwatch
- 7 HCNUR (02/09/2022). [Pakistan's disastrous floods uproot refugees and citizens](#). Haut Commissariat des Nations unies pour les réfugiés
- 8 GlobalABC, IEA & UNEP. (2020). [GlobalABC Regional Roadmap for Buildings and Construction in Asia : Towards A Zero-Emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector](#). Agence internationale de l'énergie
- 9 Ourbak, T. & Magnan, A. K. (2018). [The Paris Agreement and climate change negotiations : Small Islands, big players](#). Regional Environmental Change
- 10 Programme des Nations unies pour l'environnement (2021). [2021 Global Status Report for Buildings and Construction : Towards a Zeroemission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector](#). Global Alliance for Buildings and Construction
- 11 Bernstein, A., Gustafson, M. & Lewis, R. (2018). [Disaster on the Horizon : The Price Effect of Sea Level Rise](#). Journal of Financial Economics
- 12 Starkman, K. (2018). [Climate Risk, Real Estate, and the Bottom Line](#). (...). op. cit.
- 13 CoreLogic. (2022). [2021 Climate Change - Catastrophe Report](#). CoreLogic
- 14 Beckett, S. (2021). [Special Report - The Impact of Climate Change on Housing and Housing Finance](#). Research Institute for Housing America & Mortgage Bankers Association
- 15 UNHCR (02/09/2022). [Pakistan's disastrous floods \(...\)](#), op.cit.
- 16 IDMC (2022). [Global Report on Internal Displacement](#). International Displacement Monitoring Centre
- 17 Programme des Nations unies pour l'environnement. (2021). [2021 Global Status Report for Buildings and Construction : Towards a Zeroemission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector](#). Global Alliance for Buildings and Construction
- 18 Santos, J. et al. (2019). [Natural Hazard Mitigation Saves : 2019 Report](#). National Institute of Building Sciences. National Institute of Building Sciences
- 19 Porter, K. (2021). [Do Disaster-Resistant Buildings Deliver Climate Benefits?](#). SPA Risk LLC
- 20 Global Resiliency Dialogue. (2021). [Delivering Climate Responsive Resilient Building Codes and Standards](#). Global Resiliency Dialogue
- 21 Guardaro, M. et al. (2018). [Nature's Cooling Systems : Neighborhood-Built Community Heat Action Planning](#). American Geophysical Union
- 22 International Code Council (2018). [Building Community Resilience through Modern Model Building Codes](#). International Code Council
- 23 International Code Council (2018). [Building Community Resilience through Modern Model Building Codes](#). International Code Council
- 24 International Code Council (2021). [Global Resiliency Dialogue Second Survey of Building Code Stakeholders – USA](#). International Code Council
- 25 Doig, A. & Ware, J. (2016). [Act now or pay later : protecting a billion people in climate-threatened coastal cities](#). Christian Aid
- 26 Alvarez, C. (2017). [New York inondée tous les cinq ans à cause du changement climatique](#). Novethic
- 27 NYC Mayor's Office of Resiliency (2020). [Climate Resiliency Design Guidelines](#). NYC Mayor's Office of Resiliency
- 28 Global Resiliency Dialogue. (2021). [Delivering Climate Responsive Resilient Building Codes and Standards](#). Global Resiliency Dialogue
- 29 Berndtsson, R., et al. (2019). [Drivers of changing urban flood risk : A framework for action](#). Journal of Environmental Management, 240, pp. 47-56
- 30 Yingwei, Y. et al. (2022). [Evaluation of comprehensive benefits of sponge cities using meta-analysis in different geographical environments in China](#). Science of The Total Environment, Vol. 836
- 31 Palermo, S. A. et al. (2020). [On the LID systems effectiveness for urban stormwater management : case study in Southern Italy](#). IOP Conference Series : Earth and Environmental Science, Vol 410
- 32 Nowogoński, I. (2020). [Low impact development modeling to manage urban stormwater runoff : case study of Gorzów Wielkopolski](#). Journal of Environmental Engineering and Landscape Management
- 33 Yingwei, Y. et al. (2022). [Evaluation of comprehensive \(...\)](#), op.cit.
- 34 Brenneisen, S. & Baumann, N. (2021). [Case studies : Green roofs in Basel, Switzerland : combining mitigation and adaptation measures](#). ClimateAdapt
- 35 Speak, A. F. et al. (2013). [Rainwater runoff retention on an aged intensive green roof](#). Science of the Total Environment
- 36 Ghantous, N. (2022). [Energy efficiency equals energy security](#). EnergyMonitor
- 37 Giuffrida, A. (21/04/2022). [Italy puts 25C limit on air conditioning as Ukraine crisis forces energy rationing](#). The Guardian
- 38 Kurmayer, N. J. (14/06/2022). [Austria to ban gas boilers in new buildings as of 2023](#). Euractiv
- 39 Pontecorvo, E. (23/08/2022). [Will the EPA crack down on pollution from buildings?](#). Grist
- 40 Gumbau, A. (24/08/2022). [Ukraine sets plans for ambitious 'green' reconstruction](#). EnergyMonitor
- 41 GlobalABC, IEA & UNEP. (2020). [GlobalABC Regional Roadmap for Buildings and Construction in Asia : Towards A Zero-Emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector](#). Agence internationale de l'énergie
- 42 Programme des Nations unies pour l'environnement (2021). [2021 Global Status Report for Buildings and Construction : Towards a Zeroemission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector](#). Global Alliance for Buildings and Construction
- 43 Burby, R. and May, P. (2000). [Issues for regulatory enforcement and compliance with building codes : American perspectives](#). 12th World Conference on Earthquake
- 44 Nnadozie Nwadike, A., Wilkinson, S. & Charles Clifton, G. (2019). [Improving disaster resilience through effective building code compliance](#). Conference : I-Rec 2019 Disrupting the status quo : Reconstruction, recovery and resisting disaster risk creation
- 45 Ministry for the Environment of New Zealand (2022). [Adapt and thrive : Building a climate-resilient New Zealand – New Zealand's first national adaptation plan](#). Ministry for the Environment of New Zealand
- 46 McClure, T. (27/04/2022). [New Zealand unveils plan to tackle climate crisis by adapting cities to survive rising seas](#). The Guardian
- 47 BBC (14/04/2021). [NZ to launch world-first climate change rules](#). BBC News
- 48 H. Aliani, A. (2012). [Integrating Environmental Sustainability and Disaster Resilience in Building Codes](#). ESCAP & Asian Institute of Technology
- 49 Rethink Tokyo (2022). [Energy conservation architecture to be mandatory for Japan real estate from 2025](#). Rethink Tokyo
- 50 Moullier, T & Sakoda, K. (2018). [Building regulation for resilience. Converting disaster experience into a safer built environment – the case of Japan](#). The World Bank

- 51 Gouvernement du Japon (n.d.). [Building resilience against climate change : Japan's impact on the world](#). *The Economist*
- 52 Laput, G. (2015). [Super typhoon-proof dome houses to rise in Dapitan](#). *Rappler*
- 53 Arkitoools Estudio de arquitectura. (2013). [Madrid Institute for Advanced Studies \(IMDEA\)](#). *Construction 21*
- 54 GlobalABC, IEA & UNEP. (2020). [GlobalABC Regional Roadmap for Buildings and Construction in Africa 2020-2050](#). *AIE*
- 55 ICLEI Africa (2022). [ICLEI at the forefront of climate adaptation planning with African cities](#). *ICLEI Africa*
- 56 USAID (2018). [Mozambique Coastal City Adaptation Project – Final Report](#). *United States Agency for International Development*
- 57 GlobalABC, IEA & UNEP (2020). [GlobalABC Regional Roadmap for Buildings and Construction in Africa 2020-2050](#). *AIE*
- 58 Chalmers, P. (2014). [Climate Change : Implications for Buildings](#). *BPIE*
- 59 Architecture Bulletin. (Nov/Dec. 2010). [Emerging architecture in the Solomon Islands](#). *Architecture Bulletin*, p. 20-21
- 60 Dejeant, F. et al. (2021). [Matériaux locaux, matériaux d'avenir : Ressources locales pour des villes et territoires durables en Afrique](#). *CRAterre*
- 61 Swiss Re (14/12/2021). [Global insured catastrophe losses rise to USD 112 billion in 2021, the fourth highest on record, Swiss Re Institute estimates](#).
- 62 EIOPA (2022). [Discussion paper on physical climate change risks](#). *European Insurance and Occupational Pensions Authority*
- 63 Swiss Re (06/09/2021). [In a world of growing risk the insurance industry has a crucial role to play](#). *Swiss Re Institute*
- 64 McKinsey (06/01/2021). [How insurance can help combat climate change](#). *McKinsey & Company*
- 65 Teirstein, Z. (04/08/2022). [New report quantifies the costs of buying a home that has previously flooded](#). *Grist*
- 66 NRDC (n.d.). [How states stack up on flood disclosure](#). *NRDC*
- 67 Teirstein, Z. (05/2022). [North Carolina house that collapsed into the sea is a warning for millions of Americans](#). *Grist*
- 68 Younes, L. (19/08/2022). [After FEMA overhaul, hundreds of thousands of Americans are forgoing federal flood insurance](#). *Grist*
- 69 Bittle, J. (24/06/2022). [Louisiana's insurance market is collapsing, just in time for hurricane season](#). *Grist*
- 70 Khalil, S & Turnbull, T. (19/05/2022). [T. Australia election : How climate is making Australia more unliveable](#). *BBC news*