

Conception d'ouvrages, normes de construction et sélection de sites

Note d'orientation 12

Les Outils d'intégration de la réduction des risques de catastrophes sont une série de 14 notes d'orientation destinées aux organisations de développement pour leur permettre d'adapter leurs outils de programmation et d'évaluation prospective et rétrospective de projets afin d'intégrer la réduction des risques dans les activités de développement des pays exposés aux aléas naturels. Cette série de notes s'adresse également aux responsables de l'adaptation aux changements climatiques.

La présente note d'orientation porte sur la conception d'ouvrages, les normes de construction et la sélection de sites et sur le rôle de ces éléments dans la réduction des risques découlant des aléas naturels. Elle donne des indications générales à l'intention des professionnels de la conception et des établissements de crédit qui lancent des projets de construction de nouveaux ouvrages, de réaménagement d'ouvrages existants et de reconstruction à la suite de catastrophes. Elle donne aussi des indications sur l'analyse des dangers que risquent d'entraîner des constructions de mauvaise qualité ou une mauvaise utilisation des sols dans des zones exposées aux aléas naturels. On ne s'attache ici qu'aux ouvrages traditionnels (essentiellement des bâtiments) et l'on trouvera des indications sur la conception de plans d'intervention structurelle (construction ou réaménagement) pour atténuer les risques liés aux aléas naturels que courent les sujets vulnérables, leurs moyens de subsistance et l'économie locale. Aucune solution technique n'est proposée pour cette dernière, chaque site et chaque aléa exigeant une solution adaptée aux ressources et aux besoins locaux. Toutefois, une bibliographie concernant des questions techniques est présentée. Cette note ne porte pas sur l'infrastructure de la réduction des risques liés aux aléas naturels.

1. Introduction

Une partie importante de l'aide au développement est consacrée à la construction d'ouvrages dans des pays en voie de développement. Toutefois, ces investissements et les avantages qu'ils comportent pour le développement peuvent être réduits à néant en quelques secondes en cas d'aléa naturel (voir l'encadré 1). La plupart des pertes humaines et des pertes économiques directes dues à ces aléas résultent directement des dégâts subis par le cadre bâti et/ou de l'inefficacité des alertes rapides et des mesures d'évacuation. On peut limiter les incidences négatives des aléas naturels sur les collectivités en en tenant compte lors de la sélection de sites, de la conception de nouveaux ouvrages et du réaménagement d'ouvrages existants.

Il est inadmissible d'exclure les mesures d'atténuation des effets des aléas naturels des projets de développement étant donné l'augmentation dans les pays en voie de développement des risques de catastrophes dus à la dégradation de l'environnement (**voir la note d'orientation 7**) et à une urbanisation croissante accompagnées d'une multiplication rapide des logements mal construits, d'une utilisation incontrôlée des sols, d'un développement excessif des services et d'une forte densification des populations. C'est pourquoi les organisations de développement devraient être tenues pour responsables des dispositions de protection contre les aléas naturels qu'elles appliquent aux projets de construction et des pertes résultant de l'omission de telles dispositions. Cela devrait être le cas tant pour les projets où l'on opte pour une intervention directe que pour ceux où le travail est effectué par d'autres.

Encadré 1

Conséquences de la non-prise en compte des aléas naturels lors de la construction d'ouvrages

Les exemples suivants montrent comment l'absence de mesures de protection contre les aléas naturels ou l'adoption de pratiques exclusivement locales peut entraîner d'importantes pertes économiques et humaines et retarder en cas de catastrophe la réalisation des objectifs fixés en matière de développement.

- Au cours des années qui ont précédé les inondations de mai 2000 au Mozambique, la Banque mondiale a financé la construction de 487 écoles dans le pays selon les techniques locales du bâtiment. Lors des inondations, 500 écoles primaires et 7 écoles secondaires ont été endommagées ou détruites¹, ce qui a sérieusement retardé la réalisation des objectifs fixés en matière de développement.
- La Banque de développement des Caraïbes, l'Agence américaine pour le développement international (USAID) et le gouvernement dominiquais ont financé la construction d'un port en eau profonde à Woolridge Bay, en Dominique. Le Laboratoire d'hydraulique de Delft, aux Pays-Bas, a procédé à une étude spécialisée des incidences des aléas naturels dans le port et présenté un rapport à ce sujet. Les entreprises qui ont conçu le port n'ont pas tenu compte de la hauteur maximale des vagues indiquée dans le rapport et ont construit l'ouvrage de façon à ce qu'il résiste à des vagues d'une hauteur moins de deux fois moindre. En 1979, un an après l'achèvement du projet, les structures et les installations du port ont été gravement endommagées par l'ouragan David. Les réparations ont coûté 3,9 millions de dollars américains (valeur de 1982), soit 41 % du prix de construction du port. Des responsables du Projet d'atténuation des incidences des catastrophes dans les Caraïbes (CDMP) ont calculé que si l'on avait prévu le renforcement des ouvrages du port au moment de la conception de celui-ci, cela n'aurait coûté que 10 % du prix de construction².
- En 2001, le séisme de Bhuj, en Inde, a provoqué d'importants dégâts et notamment l'effondrement de 461 593 maisons rurales construites en moellons bruts. Il existe un code parasismique en Inde, mais en raison du non-respect de celui-ci et de procédures d'inspection défectueuses, 179 tours d'habitation en béton armé ont été gravement endommagées à Ahmedabad, ville située à 230 km de l'épicentre du séisme. Les perturbations subies par les opérations portuaires et l'industrie ont entraîné des pertes directes et indirectes d'environ 5 milliards de dollars américains³.
- L'ouragan Mitch, qui a frappé le Honduras en 1998, a entraîné des pertes représentant 41 % du produit intérieur brut (PIB) du pays⁴. En 1995, l'ouragan Luis a provoqué à Antigua-et-Barbuda des dégâts équivalant à 65 % de son PIB⁵.
- En janvier et février 2001, deux séismes majeurs ont ravagé le Salvador. Plus de 165 000 maisons ont été détruites et 110 000 ont été endommagées. Dans les zones les plus gravement touchées, jusqu'à 85 % des maisons ont disparu. L'importance des dégâts est attribuable à deux grands facteurs : les matériaux de construction employés et la qualité de la construction et de l'entretien⁶.

2. La situation actuelle

Par le passé, on n'a guère conçu et construit d'ouvrages dans le cadre d'actions de développement de façon à en réduire la vulnérabilité aux aléas naturels en raison du surcoût que cela aurait entraîné et du manque de compétences. En outre, on a souvent choisi l'emplacement des services et des installations essentielles en fonction du prix et de la disponibilité des terrains et non de la sécurité par rapport à d'éventuels aléas. En général, les organisations de développement suivent les pratiques locales pour engager les entrepreneurs qu'elles chargent des travaux de construction. Des problèmes se posent lorsque ces pratiques ne respectent pas le code du bâtiment en ce qui concerne la résistance aux aléas naturels ou que ce code ne tient pas suffisamment compte des aléas locaux. C'est habituellement le cas dans les pays où les aléas sont peu fréquents et dans ceux où il n'existe pas d'archives exhaustives sur les catastrophes survenues par le passé. Les cartes des aléas et les plans de zonage dont on dispose n'indiquent pas correctement la

1 Banque mondiale, *Hazards of Nature, Risks to Development: An IEG Evaluation of World Bank Assistance for Natural Disasters*, Groupe indépendant d'évaluation, Washington, DC, 2006. Disponible à l'adresse <http://www.worldbank.org/ieg/naturaldisasters/report.html>.

2 CDMP, *Costs and benefits of hazard mitigation for building and infrastructure development: A case study in small island developing states*, Organisation des États américains, Washington, DC, 2004. Disponible à l'adresse <http://www.oas.org/CDMP/document/papers/tiems.htm>.

3 MAE, *The Bhuj Earthquake of 2001*, CD d'avril 2001, compte rendu préliminaire du Mid-America Earthquake Center, 2001.

4 A. Gunne-Jones, *Land-use planning: How effective is it in reducing vulnerability to natural hazards?*, Institute of Civil Defence and Disasters Studies, 2006. Disponible à l'adresse <http://www.icdds.org/Portals/52/downloads/land-use-planning.pdf>.

5 T. Gibbs, *How can the resilience of infrastructure be increased?*, compte rendu de la 68^e conférence de Wilton Park, Wiston House, West Sussex, Angleterre, 9-11 septembre 2002.

6 D.M. Dowling, « Adobe housing in El Salvador: Earthquake performance and seismic improvement », dans W.I. Rose *et al.* (directeurs de publication), *GSA Special Paper 375: Natural Hazards in El Salvador*, Geological Society of America, 2004, pp. 281-301.

fréquence d'occurrence et l'ampleur possible de ces aléas (**voir la note d'orientation 2**). Même s'il existe un code du bâtiment correct, son application exige des ingénieurs, des architectes et des entrepreneurs qualifiés ainsi que des procédures efficaces de mise en vigueur et d'inspection. Un exercice impropre du pouvoir et la corruption, qui entraînent par exemple des abus en matière de contrôle de l'affectation des sols, de permis de construire, de codes et d'agrandissement des bâtiments, conduisent souvent à une aggravation des dégâts provoqués par les catastrophes. En outre, dans la plupart des pays en voie de développement, il n'existe pas de processus d'accréditation et d'autorisation d'exercer pour les professionnels ni de procédures en vue de l'application de la loi. On constate que de telles procédures sont inefficaces dans certains pays développés, comme on a pu le voir lors de l'ouragan Andrew (1992) en Floride et du séisme d'Izmit (1999) en Turquie.

Ainsi, l'adoption des pratiques locales et une affectation des sols basée sur les opportunités risquent d'aggraver les faiblesses existantes des bâtiments et des ouvrages. Les établissements de crédit et les organisations de développement doivent veiller à ce que des spécialistes des aléas naturels et des ingénieurs expérimentés coordonnent ou mettent en œuvre les projets de construction soit en les employant directement soit en s'assurant que les travaux commandés seront dirigés par eux. Ces spécialistes – ou équipes d'experts, selon le nombre d'aléas et l'envergure du projet – devraient établir un cadre pour la conception et la construction des ouvrages, qui pourront être réalisés par d'autres ingénieurs, entrepreneurs et ouvriers.

Contrairement à ce qu'on pense souvent, la mise en œuvre de mesures de protection contre les aléas naturels peut être relativement économique par rapport aux frais de construction. Ce qui risque d'être cher, c'est la mise en place d'un cadre efficace pour l'adoption de telles mesures (par ex. l'acquisition de nouvelles compétences, des études sur les aléas, des recherches sur des dispositions de renforcement peu onéreuses). Cependant, s'il existe un mécanisme efficace pour la mise en place d'un contrôle qualité et l'application d'un code d'usage, ces frais seront couverts par le secteur du bâtiment. Dans de nombreux cas, le problème, c'est qu'il n'existe pas de mandat légal pour les codes du bâtiment, donc qu'ils ne sont pas appliqués, ce qui oblige les organisations qui commandent et financent des projets de développement à s'occuper aussi de la recherche-développement, de la formation et de l'éducation nécessaires. Pourtant, des responsables du CDMP⁷ ont calculé que la conception et l'application de normes et de codes du bâtiment appropriés ne rendaient pas les actions de développement prohibitives. Un investissement dans l'atténuation des effets des catastrophes permet de faire d'importantes économies en matière de secours en cas de sinistre et en évitant un recul du développement (voir l'encadré 2). Lorsque les organisations de développement investissent dans la construction d'ouvrages résistant aux aléas naturels, les projets, généralement bien pensés, ont de multiples avantages (voir l'encadré 3).

Encadré 2

Le coût de la protection contre les aléas naturels

Les mesures de protection des ouvrages contre les aléas naturels, relativement peu onéreuses, offrent des avantages à long terme pour les projets de développement.

- Au Bangladesh, de simples modifications visant à accroître la résistance aux cyclones des *kutchas* (abris non maçonnés) et des maisons provisoires ne reviennent qu'à 5 % du prix de construction de celles-ci⁸.
- Le respect des normes parasismiques (agencement optimal, application des principes du *capacity design* [capacité de flexion d'éléments critiques d'un ouvrage en cas de séisme], renforcement des critères de conception des assemblages) à l'étape de la conception des ouvrages modernes accroît le coût de construction de 5 à 14 %.
- Le Consulting Engineers Partnership a calculé que le réaménagement du Princess Margaret Hospital (Dominique) en 1980 et du Victoria Hospital (Sainte-Lucie) en 1993 pour qu'ils résistent aux ouragans est revenu à 2,2 et 1 % respectivement de leur valeur à neuf⁹.

⁷ CDMP (2001).

⁸ J. Lewis et M.P. Chisholm, « Cyclone-resistant Domestic Construction in Bangladesh », dans R.L.P. Hodgson, S.M. Seraj et J.R. Choudhury (directeurs de publication), *Implementing hazard-resistant housing*, compte rendu du premier atelier international sur le logement et les catastrophes : à la recherche de solutions pratiques pour assurer la sécurité des bâtiments, Dhaka, Bangladesh, 3-5 décembre 1996.

⁹ Gibbs (2002) ; voir la note 5 en bas de page.

3. Prise en compte des considérations relatives aux aléas naturels dans les projets de construction

Il faut adopter une démarche d'ensemble intégrée pour améliorer la sécurité des bâtiments par rapport aux aléas naturels. Il convient d'investir dans le renforcement et la sécurité des ouvrages dans le cadre des projets de développement et de reconstruction à la suite de catastrophes. Dans les pays exposés aux aléas naturels, les établissements de crédit et les organisations de développement doivent veiller à ce que des ingénieurs spécialisés dans les ouvrages résistant aux aléas soient consultés au tout début des projets de construction.

Encadré 3

Quelques cas de réussite

Il n'est pas facile de vérifier si l'emploi de techniques de construction ou de réaménagement d'ouvrages qui en garantissent la sécurité les protège efficacement contre les aléas naturels tant qu'ils n'ont pas été touchés par un aléa du type de ceux contre lesquels ils sont censés être protégés. Il existe toutefois des exceptions.

- En 1977, à la suite d'un cyclone qui a ravagé certaines zones côtières de l'Andhra Pradesh, en Inde, un groupe de bénévoles, AWARE, a construit 1 500 maisons dans le district de Krishna. Ces maisons ont été bâties selon les normes de protection contre les cyclones du Central Building Research Institute : les murs, montés avec des parpaings (composés de mortier de ciment et de gravillons de granit), ont été surmontés d'une dalle de béton armé. Sur ces 1 500 maisons, 1 474 ont résisté au violent cyclone qui a frappé la région en 1990¹⁰.
- Au Pérou, des panneaux de grillage en acier soudé recouvert de mortier de ciment ont été fixés sur les murs de maisons d'adobe existantes dans le cadre d'un projet-pilote de réaménagement. Lorsque le séisme d'Arequipa a frappé le Pérou en 2001, ces maisons n'ont pas subi de dégâts alors que des maisons voisines se sont écroulées ou ont été gravement endommagées¹¹.
- Il ne restait que deux écoles intactes à la Grenade après le passage de l'ouragan Ivan, en septembre 2004. Toutes deux avaient été réaménagées grâce à une action de la Banque mondiale. On a utilisé l'une d'elles pour abriter des personnes déplacées à la suite du sinistre¹².
- Après le passage du typhon Sisang dans les Philippines, en 1987, le ministère des Affaires sociales et du Développement a fait construire 450 logements en concertation avec le Centre asiatique de préparation aux catastrophes (ADPC). Ces logements comportaient un abri central composé de socles de béton munis d'étriers d'acier boulonnés sur quatre poteaux d'angle et sur une ossature, d'une charpente de toiture et de fermes. On a fait appel à des matériaux locaux pour le revêtement du toit et des murs. Les maisons ont résisté à deux autres typhons sans subir de dommages importants¹³.
- Du 27 août au 18 septembre 1995, les ouragans Luis et Marilyn ont endommagé 876 logements à la Dominique, provoquant des pertes qui se sont élevées à 4,2 millions de dollars américains. Les petites maisons de bois qui ont été détruites n'étaient pas conformes au code local du bâtiment. Cependant, tous les logements qui avaient été réaménagés grâce à des modifications simples apportées aux techniques locales de construction, selon le programme pour des constructions plus sûres relevant du CDMP, ont résisté aux ouragans¹⁴.
- Le 29 mai 1990, un séisme de magnitude 5,8 a frappé la vallée de l'Alto Mayo, dans le nord-est du Pérou. En raison de normes de construction inadéquates – la plupart des maisons étant bâties en pisé –, plus de 3 000 maisons ont été détruites, 65 personnes sont mortes et 607 ont été blessées. Tecnología Intermedia (IT Perú)¹⁵ a conçu des maisons selon la technique *quincha* [terre séchée] améliorée en modifiant légèrement la technique traditionnelle de façon à réduire la vulnérabilité des maisons aux séismes. Lorsqu'un autre séisme de magnitude 6,2 a touché la région en avril 1991, 70 *quinchas* avaient été bâties et la population locale a pu constater qu'elles avaient mieux résisté. Au cours des 5 années suivantes, 1 120 *quinchas* de plus ont été construites avec l'aide d'IT Perú. Ultérieurement, la population locale en a édifié 4 000 autres.

10 A.V.S. Sri et I.A.S. Reddy, « The cyclone-prone coastal region of the State of Andhra Pradesh, India – A state-government approach », dans Y. Aysan *et al.*, *Developing building for safety programmes: Guidelines for organizing safe building improvement programmes in disaster-prone areas*, Intermediate Technology Publications, Londres, 1995.

11 Blondet, Garcia et Brzev (2003).

12 Banque mondiale, *Grenada, Hurricane Ivan: Preliminary Assessment of Damages, September 17, 2004*, Washington, DC, 2004. Disponible à l'adresse http://siteresources.worldbank.org/INTDISMGMT/Resources/grenada_assessment.pdf.

13 D. Diacon, « Typhoon resistant housing in the Philippines. The Core Shelter Project », dans *Disasters*, 16(3), 1992.

14 CDMP, *Toolkit: A Manual for Implementation of the Hurricane-resistant Home Improvement Program in the Caribbean*, Organisation des États américains, Washington, DC, 1999. Disponible à l'adresse <http://www.oas.org/CDMP/document/toolkit/toolkit.htm>.

15 D'après A. Maskrey, « The Alto-Mayo reconstruction plan, Peru – an NGO approach », dans Aysan *et al.* (1995) et P. Ferradas, « Post-disaster housing reconstruction for sustainable risk reduction in Peru », dans *Open House International*, 2006, 31(1).

Pour établir les critères de conception d'un projet de réduction des risques, il convient de déterminer les aléas naturels, les risques et le niveau de risque qui sont socialement acceptables. Il faut procéder suffisamment tôt à une évaluation de divers phénomènes naturels pour caractériser les types d'aléas à envisager, leur gravité possible et leur fréquence (**voir les notes d'orientation 2 et 7**). Pour estimer les risques, il convient de déterminer les endroits les plus susceptibles d'être menacés en cas d'aléa (zones prédisposées aux inondations, aux glissements de terrains ou aux séismes), l'occupation des sols et la capacité des ouvrages locaux de résister aux aléas recensés. Une inspection des bâtiments et des ouvrages existants permettra d'évaluer leur degré de vulnérabilité avant l'occurrence d'un phénomène dangereux. En établissant un scénario de la situation après un sinistre, on peut tirer des enseignements du comportement de divers types d'ouvrages pendant celui-ci. Les diagnostics effectués à la suite de catastrophes doivent être intégrés dans les programmes de reconstruction. Afin de déterminer les risques socialement acceptables¹⁶, il faut étudier les codes locaux et nationaux du bâtiment¹⁷, la législation internationale et les pratiques en vigueur pour se faire une idée des niveaux de risque admis pour diverses catastrophes et différents ouvrages. Dans le cas de la plupart des codes parasismiques, par exemple, un ouvrage d'une importance normale doit être conçu pour résister à un séisme dont l'intensité a une probabilité de 10 % d'être dépassée en 50 ans (soit une période de retour de 475 ans). Il faut ensuite consulter les autorités et les collectivités locales et déterminer un niveau de risque pour l'ouvrage. Il est à noter que le niveau de risque socialement acceptable varie selon la destination et l'importance de l'ouvrage et le comportement souhaité de celui-ci en cas d'aléa naturel. Enfin, si, pour les aléas recensés, le niveau de risque établi est supérieur au niveau socialement acceptable, on détermine s'il est nécessaire de protéger les ouvrages contre ces aléas (et/ou de les déplacer). Le niveau de risque socialement acceptable et les aléas recensés deviennent alors les critères de conception de nouveaux ouvrages et de réaménagement d'ouvrages existants.

Encadré 4

Enjeux, possibilités et pratiques admises lors de la reconstruction à la suite de catastrophes

Les projets de reconstruction à la suite de catastrophes offrent de réelles possibilités d'adopter des mesures de protection contre les aléas naturels lors de l'édification d'ouvrages et de l'aménagement de l'espace. Une sensibilisation accrue aux aléas et un meilleur financement des travaux de construction permettent de promouvoir de telles mesures et de réaliser les réformes législatives nécessaires pour réglementer l'occupation des sols, modifier les codes du bâtiment en vue d'assurer une protection contre les aléas et mettre en place un contrôle qualité en matière de construction.

Les organisations de développement et les organisations humanitaires devraient coordonner leur action en matière de reconstruction à la suite de catastrophes. Par ailleurs, les autorités locales et nationales devraient soutenir les grandes initiatives visant la reconstruction. Il importe de créer des cadres institutionnels viables et des partenariats appropriés pour le financement des travaux. La reconstruction ne doit pas être précipitée. On peut subvenir aux besoins immédiats grâce à des mesures temporaires et l'on doit fixer un calendrier réaliste pour pouvoir consulter des experts de la protection contre les aléas et envisager des objectifs à long terme pour la reconstruction. Il n'est pas toujours possible, en raison des besoins sociaux, de la rareté des terrains et de contraintes économiques, d'obtenir des terrains ne présentant aucun danger pour reconstruire à la suite d'une catastrophe. Toutefois, il reste possible de réduire les pertes imputables à de futurs sinistres en prenant des mesures adéquates en matière de planification et de construction.

Il est à noter que les ressources affectées à la reconstruction à la suite d'une catastrophe ne pourront sans doute servir ni au renforcement des capacités à long terme ni à la réforme des pratiques. Une solution, évoquée dans un document du secrétariat d'État britannique à la Coopération (DFID)¹⁸, consiste à consacrer 10 % des fonds destinés aux catastrophes à la réduction des incidences de sinistres à venir.

16 Un risque socialement acceptable est la probabilité de défaillance d'une infrastructure pouvant être admise par les autorités et le grand public compte tenu de la fréquence et de la gravité des aléas naturels, de l'usage de l'infrastructure et de l'importance et des conséquences possibles de sa détérioration. Il est par exemple inadmissible qu'une centrale nucléaire soit endommagée par tout aléa, ce qui implique un risque acceptable nul. Dans la plupart des cas, la construction de bâtiments et d'ouvrages pouvant résister totalement à l'aléa naturel le plus grave est onéreuse (et souvent injustifiée en raison de la rareté de certains aléas). C'est pourquoi on admet un risque limité.

17 Les codes du bâtiment se définissent comme des normes et des directives concernant la construction de bâtiments et d'ouvrages qui garantissent un niveau minimum de sécurité pour les occupants. Voir CDMP, *Hazard-resistant Construction*, OEA et Unité du développement et de l'environnement durables de l'USAID, Washington, DC, 2006. Disponible à l'adresse <http://www.oas.org/CDMP/safebldg.htm>.

18 DFID, *Reducing the risk of disasters – Helping to achieve sustainable poverty reduction in a vulnerable world: A DFID policy paper*, Département du développement international, Londres, 2006. Disponible à l'adresse <http://www.dfid.gov.uk/pubs/files/disaster-risk-reduction-policy.pdf>.

Il faut que les intervenants locaux – bénéficiaires directs, collectivité touchée, autorités locales et nationales, universitaires locaux et experts locaux du bâtiment – participent activement à la conception et à la mise en œuvre des projets, ce qui permettra de trouver des solutions techniques réellement durables pour le renforcement de l'infrastructure et la reconstruction et fera mieux accepter les projets. Un projet viable et fructueux va plus loin que la sélection d'un site, le choix de solutions durables et la formation des entrepreneurs locaux pour englober les questions relatives au régime foncier, au financement, à la sensibilisation aux risques et à l'entretien (voir l'encadré 5).

Encadré 5

Au-delà de la construction

Il ne suffit pas de proposer des techniques de construction, de rénovation et de réaménagement permettant d'éviter les risques pour garantir leur acceptation par les collectivités. Il faut favoriser des démarches communautaires intégrées en faveur de la construction d'ouvrages plus sûrs :

- en sensibilisant les populations aux aléas naturels par l'éducation ;
- en faisant participer les collectivités à l'élaboration des projets, à la prise de décisions et au choix des ouvrages ;
- en adoptant des améliorations techniques acceptables sur le plan local, d'un prix abordable et durables ;
- en trouvant des moyens efficaces de communiquer des informations techniques aux groupes visés ;
- en développant les compétences des entrepreneurs et des artisans locaux ;
- en améliorant les conditions de vie en général ;
- en formant les architectes et les ingénieurs du secteur public et du secteur privé, les fonctionnaires responsables des travaux de construction et ceux chargés de faire respecter les règles du bâtiment ;
- en planifiant la préparation communautaire aux catastrophes¹⁹.

Les hôpitaux sont des installations essentielles pour les secours à la suite de catastrophes. Leur fonctionnement risque d'être compromis non seulement par une perte d'intégrité structurelle, mais aussi par les dommages subis par le matériel hospitalier et l'infrastructure environnante (obstruction des voies de passage, pannes d'eau ou d'électricité, etc.). Il faudrait procéder à des analyses complètes des risques structurels et systémiques. L'Organisation panaméricaine de la santé (OPS)²⁰ a publié une série de directives sur de telles analyses. Outre l'énorme impact émotionnel du décès d'élèves, les dégâts subis par les écoles et la disparition d'enseignants ont des répercussions négatives sur l'éducation des survivants. Les écoles peuvent servir d'abris communautaires et de centres de planification de l'organisation à la suite d'une catastrophe. Elles sont essentielles pour un retour à la normale après un sinistre. Les ingénieurs et les spécialistes du développement sont de plus en plus unanimes à le reconnaître.

- L'UNESCO a lancé une campagne sur le thème « La prévention des catastrophes commence à l'école » pour promouvoir une formation sur la réduction des risques de catastrophes et favoriser l'application de normes plus sévères concernant la construction d'écoles.
- En octobre 2005, ActionAid, l'Institute for Development Studies, Pamoja et le secrétariat de la Stratégie internationale de prévention des catastrophes de l'ONU (SIPC/ONU) ont lancé un projet de réduction des risques de catastrophes dans les écoles. Ce projet d'une durée de 5 ans, auquel participent 7 pays, a pour but de rendre les écoles plus sûres et d'en faire des centres de coordination des actions de prévention des catastrophes, de préparation à celles-ci et d'atténuation de leurs effets dans les communautés.

Encadré 6

Écoles et hôpitaux

Des événements récents ont démontré une fois de plus la vulnérabilité des écoles et des hôpitaux aux aléas naturels.

- L'ouragan Ivan (catégorie 3) a touché la Grenade le 7 septembre 2004, provoquant d'importants dommages dans les infrastructures publiques, notamment les écoles et les hôpitaux. Seules 2 des 75 écoles primaires et secondaires de l'île s'en sont sorties avec un minimum de dégâts, le plus grand hôpital, le Princess Alice Hospital, a été détruit à plus de 70 % et le second, l'hôpital de St George's, a vu sa toiture abîmée et du matériel de laboratoire détruit²¹. Des fenêtres ont été cassées, ce qui implique que même des ouvrages ayant subi un minimum de dégâts n'ont pas pu être utilisés tout de suite après l'ouragan.

¹⁹ Aysan et al. (1995).

²⁰ Voir par ex. OPS (2003 et 2004).

²¹ Banque mondiale (2005).

- Le séisme de magnitude 7,6 qui a touché le Pakistan le 8 octobre 2005 a gravement abîmé ou détruit 95 % des bâtiments scolaires de la région d'Azad Jammu Kashmir et 53 % de ceux de la province de la frontière nord-ouest. Il y a provoqué le décès de 18 095 élèves et de 853 enseignants. En outre, 423 centres de soins ont été endommagés ou détruits. Des membres du personnel soignant ont été tués ou blessés et des dossiers et des systèmes d'information ont disparu, ce qui a entraîné un effondrement complet du système de soins médicaux²².
- L'hôpital général de Kobe, situé sur Port Island à Kobe, au Japon, était toujours en service après le séisme de janvier 1995, mais son fonctionnement a été compromis par l'effondrement du pont reliant l'île à la terre ferme²³.

Lorsqu'on envisage une technique pour renforcer des ouvrages ou les protéger contre les aléas naturels, il faut songer à tous les aléas possibles et pas seulement au dernier à s'être produit. Dans de nombreux cas, les caractéristiques de conception qui visent à accroître la résistance des ouvrages à un type donné d'aléa leur permettront de mieux résister à d'autres phénomènes, comme le fait de relier solidement les fondations, l'ossature, les murs et la toiture des bâtiments. Toutefois, dans d'autres cas, les caractéristiques de conception qui augmentent la résistance à un type d'aléa diminuent leur résistance à d'autres. Par exemple, une toiture lourde qui permet à un ouvrage de résister aux vents violents dus à un cyclone, à une tempête ou à un typhon amplifie les forces qui s'exercent sur celui-ci en cas de séisme.

Dans les pays en voie de développement, il est rarement nécessaire de mettre en œuvre des techniques de construction et des matériaux entièrement nouveaux pour assurer la sécurité des ouvrages. Il convient d'évaluer les techniques locales de construction et d'en déterminer les points faibles et les points forts en considérant les aléas locaux et la fréquence de ceux-ci. Des améliorations structurelles simples et peu onéreuses associées à des techniques correctes de construction et à un entretien régulier permettent d'éliminer les principales faiblesses²⁴. Si l'on fait appel à de nouveaux types de matériaux, il faut veiller à ce qu'il y ait des personnes compétentes pour les mettre en œuvre ou à ce qu'une formation soit assurée afin de ne pas accroître la vulnérabilité des ouvrages en raison d'un montage incorrect.

Il faut accorder une attention particulière à l'emplacement et à la conception d'installations et d'ouvrages essentiels pour les opérations de secours et de relèvement à la suite de catastrophes (voir l'encadré 6 ci-dessus). Les normes de protection contre les sinistres présentées dans les codes de pratiques s'appliquant aux ouvrages ordinaires ne sont pas suffisantes dans ces cas-là du fait que la défaillance d'ouvrages essentiels n'est pas socialement acceptable. Il existe de nouvelles directives (par ex. FEMA 356²⁵ et OPS (2004)) relatives à une « conception axée sur les performances » d'installations essentielles, qui prévoient le niveau maximal de risques socialement acceptable. Il convient de déterminer ici les objectifs en matière de performances (par ex. fonctionnement en cas de dégâts importants et sécurité des personnes) et la période de retour de divers aléas (par ex. un phénomène très rare et l'événement le plus grave possible) pour déterminer la charge lors de la conception d'un bâtiment. Dans le cas du vent, on peut prévoir une tolérance zéro pour les dommages lors de la conception et de la construction d'installations essentielles. On peut aussi faire appel à des techniques éprouvées (telles qu'une isolation de base) lors de la conception de nouveaux ouvrages qui doivent rester opérationnels à la suite d'un aléa naturel. Souvent, on peut accroître sensiblement la résistance et la capacité de fonctionner d'installations essentielles en cas de catastrophe en prenant simplement en compte les aléas naturels lorsqu'on en détermine l'emplacement et que l'on conçoit l'infrastructure qui s'y rattache. Par exemple, l'éparpillement de services essentiels permet de les doubler et d'éviter l'effet domino que provoque l'interruption des services dans les collectivités touchées par des catastrophes. Chose la plus importante, toutes les installations essentielles doivent être conçues par des professionnels habilités et compétents. En Californie, par exemple, la conception des écoles et des hôpitaux, réservée à des professionnels titulaires d'un permis spécial, est strictement contrôlée par un organisme d'État.

22 EEFIT, *EEFIT mission: October 8, 2005 Kashmir earthquake*, 2006. Disponible à l'adresse <http://www.istructe.org.uk/eefit/files/EEFIT%20Mission%20Pakistan%20-%20prelim%20report.pdf>.

23 I. Davis, *Location and operation of evacuation centres and temporary housing policies*, Comité pour l'évaluation globale des contre-mesures en cas de séisme, préfecture de Hyogo, Division de la gestion des catastrophes de Kobe, Japon, 2001.

24 Aysan *et al.* (1995).

25 American Society of Civil Engineers, *Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings*, FEMA 356, Washington, DC, 2000.

4. Une approche pas à pas

Diverses organisations ont proposé des procédés de construction et de réaménagement d'ouvrages résistant aux aléas naturels en se fondant sur le succès ou l'échec de projets auxquels elles ont participé. Le tableau ci-après, réalisé suite à l'analyse de ces procédés²⁶, à la consultation d'ouvrages techniques^{27, 28, 29} et à l'étude d'initiatives couronnées de succès (voir par ex. l'encadré 3), résume les éléments à considérer lors de l'évaluation de tels projets. Ces éléments s'ajoutent à ceux évoqués dans la **note d'orientation 1**.

Tableau 1 Résumé des éléments à considérer lors de la planification, de la définition et de l'évaluation d'un projet de construction ou de réaménagement d'ouvrages en vue d'atténuer les risques découlant d'aléas naturels

Étape	Principaux éléments
Définition des rôles et des responsabilités	<ul style="list-style-type: none"> ■ Définir clairement le rôle et les responsabilités des personnes et des organisations qui participent à un projet à propos des principaux aspects de celui-ci (évaluation des risques liés aux aléas naturels, conception et emplacement d'ouvrages résistant aux aléas, contrôle de la conception et de la qualité des ouvrages, exploitation et entretien de ceux-ci) ■ Coordonner son action avec celle d'autres organisations de développement ou de secours (organisations humanitaires) travaillant dans la région pour éviter de répéter des recherches sur la protection des ouvrages contre les aléas naturels et pour harmoniser les normes de construction d'ouvrages résistant aux aléas ■ Mettre en place un système de consultation d'ingénieurs, d'universitaires, d'autorités locales et de collectivités touchées et de collaboration avec ceux-ci ■ Veiller à ce que les ingénieurs et autres prestataires de services participent pleinement à la conception du projet et ne se contentent pas de construire et de rendre des services à la demande
Évaluation des aléas	<ul style="list-style-type: none"> ■ Évaluer la fréquence et la gravité de tous les aléas (géologiques, météorologiques, hydrologiques) dans la région (voir aussi les notes d'orientation 2 et 7) et établir des scénarios pour les aléas les plus probables à prendre en compte dans la conception d'ouvrages ■ Dans l'idéal, le document de stratégie par pays de l'organisation de développement devrait donner <i>a priori</i> un aperçu de l'importance des risques de catastrophes dans un pays donné (voir la note d'orientation 4). ■ Des études faites par des universitaires et une cartographie des aléas naturels peuvent donner des informations pour l'évaluation de ces aléas. Cependant, selon les aléas qui se produisent et les sites, il peut aussi s'avérer nécessaire d'effectuer des analyses des risques propres aux sites ou des études de microzonage. ■ Envisager la possibilité d'effets secondaires locaux (par ex. des glissements de terrains dus à des pluies excessives ou à des tremblements de terre)
Examen de la législation et des pratiques en vigueur	<ul style="list-style-type: none"> ■ Voir ce qu'indiquent les codes de pratiques existants à propos de la résistance aux aléas et déterminer s'ils sont applicables ■ Dans l'idéal, une telle étude devrait avoir été réalisée à l'échelon national par une organisation de développement, un organisme universitaire ou un établissement de recherche. Dans ce cas, on peut l'adapter au projet. ■ Si une telle étude n'a pas été réalisée, il convient de consulter les codes de pratiques existants à propos de la résistance aux aléas. Il faut notamment : <ul style="list-style-type: none"> ■ étudier l'historique de l'élaboration des codes et déterminer dans quelle mesure ils portent sur les aléas, ■ établir le comportement de bâtiments et d'ouvrages conçus conformément aux codes lors de phénomènes passés,

26 Aysan *et al.* (1995) ; UNDR0 (1982) ; Banque mondiale (2005).

27 A. Coburn et I. Armillas, « Earthquake Reconstruction for Future Protection », dans Y. Aysan et I. Davis (directeurs de publication), *Disasters and the small dwelling: Perspectives for the UN IDNDR*, James and James Science Publishers Ltd., Oxford, 1992.

28 J. Davis et R. Lambert, *Engineering in emergencies: A practical guide for relief workers*, ITDG Publishing/RedR, Bourton-on-Dunsmore, Angleterre, 2^e éd., 2002.

29 Z. Lubkowski et J. da Silva, *Aceh and Nias post-tsunami reconstruction: Review of Aceh housing program*, Arup, Londres, 2006. Disponible à l'adresse <http://www.arup.com/geotechnics/project.cfm?pageid=8403>.

Étape	Principaux éléments
	<ul style="list-style-type: none"> ■ comparer les critères de conception d'ouvrages à ceux énoncés dans des codes du bâtiment élaborés pour des pays touchés par des aléas semblables et des pays voisins ayant des pratiques comparables en matière de construction, ■ étudier les pratiques en vigueur et les codes internationaux du bâtiment, élaborer des directives concernant les aléas recensés et en évaluer l'applicabilité.
Étude des techniques de construction et des capacités locales	<ul style="list-style-type: none"> ■ Établir quelles sont les principales pratiques locales concernant la construction d'ouvrages du type considéré. On peut procéder à une évaluation assez rapide dans le cas d'ouvrages neufs, mais il faut une analyse plus détaillée dans le cas d'un projet de rénovation. ■ Évaluer les points faibles des structures et la vulnérabilité des infrastructures aux aléas recensés, ce qui est facile à la suite d'une catastrophe. On peut inclure une étude du rythme de dégradation avec le temps des ouvrages et des matériaux employés dans ceux-ci afin d'évaluer leur résistance aux aléas prévisibles. ■ Déterminer la résistance et la durabilité des matériaux employés ■ Établir qui s'occupe de la conception et de la construction des ouvrages (réalisés par un ingénieur diplômé ou non, autoconstruits ou bâtis par des entrepreneurs) et la mesure dans laquelle ils sont conformes aux codes ■ Évaluer la résistance des ouvrages locaux aux aléas recensés et l'importance des risques qui en découlent
Fixation d'objectifs pour la sécurité des ouvrages en cas d'aléas	<ul style="list-style-type: none"> ■ Fixer des objectifs clairs et mesurables concernant la résistance aux aléas naturels selon le degré de risque admissible par le public concerné et les autorités. Tenir compte des questions de responsabilité des organisations de développement ■ Envisager divers objectifs concernant les performances des installations et des ouvrages essentiels en tenant compte en particulier de leurs incidences possibles sur les usagers ou les clients qui seraient affectés à divers degrés par une interruption de service
Sélection d'un site	<ul style="list-style-type: none"> ■ En général, le site d'un chantier est choisi par les autorités locales en fonction de la disponibilité des terrains et de critères économiques. Il convient de déterminer dans quelle mesure ce site convient, ce qui peut se faire au moyen d'une liste de contrôle (voir notamment Corsellis et Vitale³⁰ et les normes de Sphère³¹). Il faut aussi tenir compte de toute évaluation d'aléas naturels réalisée précédemment. ■ Déterminer si d'autres travaux sont nécessaires pour que le chantier soit réalisable sur le site ou s'il faut restreindre l'affectation des sols afin de réduire la vulnérabilité aux aléas naturels ■ Voir s'il convient de déplacer le chantier à un endroit où les risques sont moindres <ul style="list-style-type: none"> ■ On peut tirer parti des caractéristiques topographiques et de la situation du lieu pour réduire les incidences d'éventuels aléas (par ex. pour réduire au minimum les risques d'inondations ou infléchir la vitesse et la direction du vent). ■ Un changement de site avec l'aide des autorités locales pourrait être une solution, bien qu'on ait davantage tendance à protéger un site contre les aléas que de déplacer des personnes.
Conception et acquisition	<ul style="list-style-type: none"> ■ Chercher, pour la construction ou le réaménagement d'ouvrages, une solution durable et socialement acceptable qui respecte les objectifs de protection contre les aléas naturels <ul style="list-style-type: none"> ■ Tenir compte des limites financières, des compétences en matière de construction et des matériaux disponibles ■ Dans le cas d'un réaménagement, prendre en compte l'interruption nécessaire des activités normales ■ Veiller à ce que les répercussions écologiques et sociales de la solution proposée soient acceptables (voir les notes d'orientation 7 et 11) ■ Vérifier (par des essais et des recherches, par exemple) si la solution proposée doit permettre d'atteindre les objectifs en matière de performances établis à l'étape précédente ■ Élaborer une stratégie d'acquisition qui permette de rentabiliser globalement les sommes et les ressources investies pendant toute la durée du service ou de l'installation ■ Déterminer la compétence de l'entrepreneur <ul style="list-style-type: none"> ■ Évaluer le degré de surveillance du site nécessaire ■ Déterminer la formation professionnelle nécessaire pour appliquer la solution proposée (par ex. en instituant une formation en cours d'emploi à l'étape de la mise en œuvre) ■ Mettre en place des aides et des directives concernant la construction en tenant compte des aléas locaux, des caractéristiques des matériaux, du savoir-faire des ouvriers et de la qualité de la construction en tirant parti des résultats des études évoquées ci-dessus

30 T. Corsellis et A. Vitale, *Transitional settlement displaced populations*, Shelterproject de l'Université de Cambridge et Oxfam, 2005.

31 Projet Sphère, *Charte humanitaire et normes minimales pour les interventions lors de catastrophes*, Genève, 2004. Disponible à l'adresse <http://www.sphereproject.org/content/view/27/84>.

Étape	Principaux éléments
Construction	<ul style="list-style-type: none"> ■ La qualité de la construction ne doit pas compromettre les objectifs de la conception. C'est pourquoi il convient de mettre en place une procédure d'inspection pluridisciplinaire et de contrôle du respect des spécifications pendant toute la durée du chantier. <ul style="list-style-type: none"> ■ Tester les matériaux et vérifier si les directives concernant la conception sont respectées ■ Veiller à l'application du système d'assurance qualité
Exploitation et entretien	<ul style="list-style-type: none"> ■ Établir des directives concernant l'exploitation et l'entretien pour garantir le degré voulu de résistance aux aléas naturels ■ Mettre en place une structure de financement et de gestion pour l'exploitation et l'entretien ■ Définir une procédure à suivre pour l'approbation de toute modification structurelle à apporter à l'ouvrage pendant la durée de vie utile de celui-ci
Évaluation	<ul style="list-style-type: none"> ■ Vérifier si la conception choisie pour l'ouvrage a été pertinente et si le projet a été une réussite dans son ensemble. Les facteurs à considérer sont : <ul style="list-style-type: none"> ■ l'aspect fonctionnel, l'acceptabilité sociale et la viabilité du projet, ■ le coût du projet par rapport aux avantages d'une protection contre des aléas à venir, les compétences acquises par les entrepreneurs et les nouvelles directives établies en matière de construction, ■ un compte rendu du comportement de l'ouvrage au cours de tout aléa ayant pu se produire. ■ Résumer et diffuser les enseignements acquis en ce qui concerne l'amélioration de la protection contre les aléas naturels et en tenir compte pour de futurs projets

5. Principaux facteurs de succès

Les principaux facteurs à envisager pour intégrer les principes de constructions plus sûres sont les suivants.

- *Intégration de la vérification, de l'application et du contrôle qualité de la conception d'ouvrages.* Il faut faire appel à des politiques appropriées, à des dispositions efficaces de mise en œuvre et à un personnel technique qualifié pour vérifier la conception des ouvrages, adopter des pratiques correctes en matière de construction et contrôler la qualité de ces ouvrages pendant toute la durée d'un chantier. La conception ne doit pas être vérifiée par des personnes moins bien informées et moins expérimentées que les concepteurs. La réalisation des objectifs fixés en matière de qualité est liée aux conditions de paiement, au calendrier des entrepreneurs et à la garantie de bonne exécution. En général, le contrôle de l'exécution et de la qualité des travaux est le maillon faible du système du fait que souvent, on n'y affecte pas suffisamment de ressources financières et humaines et en raison d'interférences politiques avec la réglementation³². On estime toutefois³³ que la vérification et le suivi de la conception et de la réalisation d'un ouvrage ajoute 1 à 2 % au coût de construction de celui-ci, ce qui est peu si l'on étale cette dépense sur la durée de vie de l'ouvrage et que l'on considère qu'elle est compensée par les économies réalisées sur le coût d'entretien de celui-ci.
- *Consultation d'experts des phénomènes naturels et du bâtiment.* Il est important, pour assurer le succès et l'intégration des mesures de protection contre les aléas lors d'un projet de construction, que les organisations de développement et les établissements de crédit admettent la nécessité d'engager des spécialistes des phénomènes naturels, des ingénieurs civils et des ingénieurs de structure pour concevoir et coordonner le projet et les travaux. Un modeste apport de ceux-ci au début du projet permet de garantir que la conception intègre le niveau voulu de risque et que des solutions et des pratiques appropriées sont adoptées. Faute d'une participation d'experts et d'un recours aux meilleures pratiques locales, on risque de recréer ou de favoriser la vulnérabilité.
- *Aménagement foncier et amélioration des codes du bâtiment pour accroître la résistance aux aléas naturels.* Les organisations de développement peuvent devoir collaborer avec les autorités, des instituts professionnels et d'autres organismes nationaux en vue d'améliorer l'évaluation des aléas naturels et leur prise en compte dans les codes du bâtiment, de modifier ces codes pour tenir compte de la multiplication des phénomènes due aux changements climatiques – si ces codes sont fondés sur des précédents – et d'améliorer les critères de conception des structures et l'affectation des sols.
- *Amélioration des pratiques.* Dans les pays en voie de développement, il peut s'avérer nécessaire d'offrir une orientation technique, un enseignement et une formation aux ingénieurs, entrepreneurs et architectes locaux. Pour cela,

³² CDMP (2001).

³³ Gibbs (2002) ; voir la note 5 en bas de page.

il faut collaborer avec des experts de la protection contre les aléas naturels en vue de mettre au point un matériel didactique et de formation et de former des techniciens pour transmettre ce savoir. On peut citer un exemple récent d'une telle action : la formation à la construction de logements par Goal au Pakistan à la suite du séisme de 2005.

- **Incitation à une mobilisation locale et à la participation des collectivités.** Si certains programmes de développement impliquant la construction ou le réaménagement de logements résistant aux aléas naturels ont échoué, c'est surtout en raison du manque de mobilisation sur le plan local, en particulier lorsqu'on a mis au point des techniques de construction, de réparation ou de rénovation sans consulter les populations concernées et du fait que ces techniques n'étaient pas viables et ne répondaient pas aux besoins locaux. Souvent, les solutions proposées sont trop onéreuses ou supposent l'adoption de nouveaux matériaux ou de techniques de construction ne correspondant pas aux compétences locales, ou alors les techniques et les matériaux à mettre en œuvre sont inadéquats sur le plan économique, social, culturel ou climatique.
- **Directives pour la conception axée sur les performances d'ouvrages exposés à des aléas ayant diverses fréquences d'occurrence.** Il convient de déterminer ici le niveau de risque acceptable pour divers types d'ouvrages selon les performances attendues de ceux-ci dans le cas d'une gamme définie de fréquences d'occurrence d'aléas naturels. Ce principe, proposé dans le domaine du génie parasismique³⁴, doit être élargi à divers types d'aléas naturels ; il faut adopter des politiques pour que les écoles et les hôpitaux soient conçus de façon à mieux résister aux aléas. Les risques qu'implique la défaillance d'éléments non structurels (par ex. perte d'aptitude à l'emploi d'une installation en raison de dommages subis par un équipement) doivent être également pris en compte dans ce cas. Il convient d'envisager, à l'étape de la conception, les performances des ouvrages à la suite d'aléas pour établir des priorités concernant les hôpitaux, les écoles et d'autres ouvrages essentiels et pour les concevoir de façon plus rigoureuse.
- **Frais d'exploitation et d'entretien.** Ces frais sont à engager pour maintenir la résistance des ouvrages aux aléas naturels. Le budget annuel consacré à l'entretien d'un bâtiment public équivaut à 4 % environ de son coût d'investissement actualisé³⁵. Il arrive qu'au bout d'un certain temps, on consacre l'argent destiné à l'exploitation et à l'entretien d'un ouvrage à d'autres postes. Cet ouvrage risque ainsi de ne plus convenir à un usage normal et sa vulnérabilité aux aléas risque d'augmenter. On peut lier les frais d'exploitation et d'entretien aux assurances, qui couvriront les dégâts imputables à un aléa si l'ouvrage est entretenu.
- **Promotion de la recherche concernant les ouvrages non conçus par des ingénieurs diplômés et les effets des aléas naturels sur ceux-ci.** Il faut chercher à mieux comprendre les performances en cas d'aléas des ouvrages non conçus par des ingénieurs diplômés ainsi que des techniques de construction et des matériaux traditionnels. On a fait des recherches plus ou moins approfondies concernant les effets sur les bâtiments de divers types de phénomènes naturels : cyclones, typhons, tempêtes, inondations, glissements de terrains et tremblements de terre. Cependant, des événements récents qui se sont produits dans l'océan Indien ont permis de constater l'insuffisance des recherches menées sur les effets d'écoulements violents et de tsunamis sur le cadre bâti³⁶.
- **Une solution technique est insuffisante en soi.** La construction d'ouvrages résistant aux aléas naturels n'est qu'un élément d'un projet de réduction des risques de catastrophes. Elle doit être liée à d'autres actions de réduction des risques et notamment aux plans d'évacuation et à d'autres mesures de préparation des collectivités.

Encadré 7

Terminologie relative aux catastrophes et aux aléas naturels

Il est généralement admis, chez les spécialistes de la gestion des catastrophes, que la terminologie relative à ce domaine est utilisée de manière incohérente dans l'ensemble du secteur du fait de l'implication d'intervenants et de chercheurs appartenant à de multiples disciplines. Pour les besoins de cette série de notes d'orientation, il faut comprendre les termes-clés comme suit.

Un *aléa naturel* est un phénomène géophysique, atmosphérique ou hydrologique (tremblement de terre, glissement de terrain, tsunami, tempête de sable, onde de tempête, inondation, sécheresse, etc.) susceptible de provoquer des dommages ou des pertes.

La *vulnérabilité* est le risque d'être victime de dommages ou de pertes ; elle est liée à la capacité de prévoir un aléa naturel, d'y faire face, d'y résister et de se remettre de ses conséquences. La vulnérabilité, tout comme son antonyme, la *résistance*, sont déterminées par des facteurs physiques, environnementaux, sociaux, économiques, politiques, culturels et institutionnels.

34 Structural Engineers Association of California, *Performance-based seismic engineering of buildings*, Vision 2000 Committee, Sacramento, USA, 1995.

35 Gibbs (2002) ; voir la note 5 en bas de page.

36 EEFIT, *The Indian Ocean Tsunami, 26th December 2004. Earthquake Engineering Field Investigation Team Report*, 2005. Disponible à l'adresse http://www.istructe.org/eeffit/files/Indian_Ocean_Tsunami.pdf.

Une *catastrophe* est l'occurrence d'un phénomène extrême qui affecte les populations vulnérables et occasionne d'importants dégâts, des perturbations et éventuellement des pertes en vies humaines et des lésions. À la suite d'une catastrophe, les populations touchées sont incapables de vivre normalement sans une aide extérieure.

Les *risques de catastrophes* dépendent des caractéristiques et de la fréquence des aléas qui touchent un lieu donné, de la nature des éléments exposés et de leur degré intrinsèque de vulnérabilité ou de résistance³⁷.

L'*atténuation* désigne toute activité structurelle (matérielle) ou non structurelle (par ex. l'aménagement foncier ou la sensibilisation du public) menée en vue de réduire les conséquences négatives des aléas naturels.

La *préparation* désigne les activités entreprises et les mesures adoptées avant l'occurrence d'un aléa pour prévoir celui-ci et alerter les populations, évacuer les personnes et leurs biens s'il représente une menace et assurer une intervention efficace (par ex. en constituant des réserves alimentaires).

Les *secours*, le *relèvement* et la *reconstruction* sont des mesures adoptées à la suite d'une catastrophe respectivement pour sauver des vies et répondre aux besoins humanitaires immédiats, pour reprendre les activités normales et pour remettre en état les infrastructures matérielles et les services.

Un *changement climatique* désigne une variation significative sur le plan statistique de la mesure de l'état moyen ou de la variabilité du climat d'un lieu ou d'une région sur une longue période, due directement ou indirectement aux incidences des activités de l'homme sur la composition de l'atmosphère terrestre ou à la variabilité naturelle du climat.

Bibliographie

Les projets de construction, de réaménagement et de réparation d'ouvrages doivent être adaptés aux besoins et aux ressources des collectivités touchées et à l'ampleur des aléas qui les ont frappées. Il existe de nombreuses solutions techniques et diverses organisations ont établi des directives en se fondant sur leur expérience. On trouvera ici une liste d'ouvrages et d'adresses Internet à ce sujet.

Gestion de projets de construction d'ouvrages résistant aux aléas naturels

Aysan, Y., A. Clayton, A. Cory, I. Davis et D. Sanderson, *Developing building for safety programmes: Guidelines for organizing safe building improvement programmes in disaster-prone areas*, Intermediate Technology Publications, Londres, 1995.

Balamir, M., « Methods and tools in urban risk management », dans E. Komut (directeur de publication), *Natural Disasters: Designing for Safety*, Union internationale des architectes et Chambre des architectes de Turquie, 2001.

Banque mondiale, *Lessons from natural disasters and emergency reconstruction*, Département de l'évaluation des opérations, Washington, DC, 2005.

OÉA, *Primer on Natural Hazard Management in Integrated Regional Development Planning*, Département du développement régional et Secrétariat exécutif des affaires économiques et sociales, Washington, DC, 1991. Disponible à l'adresse <http://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea66e/begin.htm>.

UNDRO (Bureau du coordonnateur des Nations Unies pour les secours en cas de catastrophe), *Shelter after disaster: Guidelines for assistance*, 1982. Disponible à l'adresse <http://www.arup.com/geotechnics/project.cfm?pageid=8403>.

Wamsler, C., « Mainstreaming risk reduction in urban planning and housing: A challenge for international aid organisations », dans *Disasters*, 30(2)151-177, 2006.

Conception d'ouvrages résistant aux aléas naturels et guides pratiques de construction

Blondet, M., G.V. Garcia et S. Brzev, *Earthquake-resistant construction of adobe buildings: A tutorial. Contribution to the World-Housing Encyclopedia*, IAEE (Association internationale de génie séismique), 2003. Disponible à l'adresse http://www.world-housing.net/uploads/WHETutorial_Adobe_English.pdf.

CDMP (Projet d'atténuation des incidences des catastrophes dans les Caraïbes), *Hazard-resistant construction*, Unité du développement et de l'environnement durables de l'OÉA, Bureau d'assistance en cas de catastrophe à l'étranger et Programme régional pour les Caraïbes de l'USAID, 2001. Disponible à l'adresse <http://www.oas.org/CDMP/safebldg.htm>.

Coburn, A., R. Hughes, A. Pomonis et R. Spence, *Technical principles of building for safety*, Intermediate Technology Publications, Londres, 1995.

³⁷ Dans cette série de notes d'orientation, l'expression « risques de catastrophes » est utilisée à la place de l'expression plus appropriée « risques découlant d'aléas » parce que l'expression « risques de catastrophes » est celle que préfèrent les spécialistes de la réduction de ces risques.

FEMA (Agence fédérale américaine de gestion des situations d'urgence) : guides de construction d'ouvrages plus sûrs. Adresse : http://www.fema.gov/rebuild/recover/build_safer.shtm.

IAEE (Association internationale de génie séismique), *IAEE guidelines for earthquake resistant non-engineered constructions*, 2^e éd., 2004. Disponible à l'adresse http://www.nicee.org/IAEE_English.php.

ONU-Habitat : rapports sur les matériaux et la construction. Adresse : <http://www.unhabitat.org/>.

Shelter Centre : ouvrages sur des techniques pratiques de construction avec des matériaux à bas prix et guides de construction d'abris à la suite de catastrophes. Adresse : <http://www.sheltercentre.org/library>.

USAID et OÉA, *Basic minimum standards for retrofitting*, Projet d'atténuation des incidences des catastrophes dans les Caraïbes, 1997.

Sécurité des écoles et des hôpitaux

OPS (Organisation panaméricaine de la santé), *Guidelines for the vulnerability reduction in the design of new health facilities*, OPS, OMS, Banque mondiale et consortium ProVentum, Washington, DC, 2004. Disponible à l'adresse <http://www.paho.org/english/dd/ped/vulnerabilidad.htm>.

OPS (Organisation panaméricaine de la santé), *Protecting new health facilities from natural disasters: Guidelines for the promotion of disaster mitigation*, OPS, OMS et Banque mondiale, Washington, DC, 2003. Disponible à l'adresse <http://www.disaster-info.net/viento/books/ProtNewHealthFacEng.pdf>.

Wisner, B. *et al.*, « School seismic safety: Falling between the cracks? », dans C. Rodrigue et E. Rovai (directeurs de publication), *Earthquakes*, Routledge, Londres, 2004. Disponible à l'adresse <http://www.fssbc.org/downloads/SchoolSeismicSafetyFallingBetweenTheCracks.pdf>.

La présente note d'orientation a été rédigée par Tiziana Rossetto. L'auteur tient à remercier, pour leurs conseils et leur aide inestimable, Yasemin Aysan (consultante indépendante), Murat Balamir (METU, Ankara), Fouad Bendimerad (Earthquakes and Megacities Initiative), Tony Gibbs (Tony Gibbs Consulting Ltd.), Jo da Silva (Arup, Londres), Alistair Wray (DFID) ainsi que les membres du groupe consultatif chargé du projet et le secrétariat du consortium ProVentum. L'Agence canadienne de développement international (ACDI), le secrétariat d'État britannique à la Coopération (DFID), le ministère royal norvégien des Affaires étrangères et l'Agence suédoise de coopération au développement international (ASDI) ont soutenu financièrement la réalisation de cet ouvrage. Les opinions exprimées ici n'engagent que leur auteur et ne reflètent pas nécessairement le point de vue des réviseurs ou des organismes ayant financé cet ouvrage.

Les *Outils d'intégration de la réduction des risques de catastrophes* sont une série de 14 notes d'orientation destinées aux organisations de développement pour leur permettre d'adapter leurs outils de programmation et d'évaluation prospective et rétrospective de projets afin d'intégrer la réduction des risques dans les activités de développement des pays exposés aux catastrophes. Cet ouvrage comprend les rubriques suivantes : 1) Introduction, 2) Collecte et exploitation de données sur les aléas naturels, 3) Stratégies de réduction de la pauvreté, 4) Établissement de programmes par pays, 5) Gestion du cycle des projets, 6) Cadres logiques et axés sur les résultats, 7) Évaluation environnementale des projets, 8) Analyse économique des projets, 9) Analyse de vulnérabilité et de capacités, 10) Démarches axées sur des moyens de subsistance viables, 11) Évaluation d'impact social, 12) Conception d'ouvrages, normes de construction et sélection de sites, 13) Évaluation des activités de réduction des risques de catastrophes, et 14) Aide budgétaire. La série complète des notes d'orientation est disponible à l'adresse http://www.proventionconsortium.org/mainstreaming_tools. Un document d'orientation de base de Charlotte Benson et John Twigg, intitulé *Measuring Mitigation: Methodologies for assessing natural hazard risks and the net benefits of mitigation*, est disponible à l'adresse <http://www.reliefweb.int/rw/lib.nsf/db900SID/OCHA-6BCM64?OpenDocument>.



Secrétariat du consortium ProVentum
Case postale 372, CH-1211 Genève 19, Suisse
Courriel : provention@ifrc.org
Site Internet : www.proventionconsortium.org