

Architecture pour la Réduction des Risques de Catastrophes



**PRATIQUES
CLÉS**
pour les praticiens
de la RRC



Aide humanitaire
et Protection civile

UN HABITAT
FOR A BETTER URBAN FUTURE

Architecture pour la Réduction des Risques de Catastrophes : Pratiques clés pour les praticiens de la RRC

Programme des Nations Unies pour les établissements humains (ONU-Habitat), PO Box 30030, GPO Nairobi 00100, Kenya

Tel: (254-20) 7623120 ; Fax: (254-20) 7624266/7 (Headquarters). E-mail : info@unhabitat.org Website : www.unhabitat.org

Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent, de la part du Secrétariat de l'Organisation des Nations Unies, aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites, ni quant à leur système économique ou leur degré de développement. L'analyse, les conclusions et les recommandations de cette publication ne reflètent pas nécessairement les points de vue du Programme des Nations Unies pour les établissements humains, du Conseil d'administration du Programme des établissements humains des Nations Unies, ou de ses États membres.

La FAO encourage l'utilisation, la reproduction et la diffusion des informations figurant dans ce produit d'information. Sauf indication contraire, le contenu peut être copié, téléchargé et imprimé aux fins d'étude privée, de recherches ou d'enseignement, ainsi que pour utilisation dans des produits ou services non commerciaux, sous réserve que la FAO soit correctement mentionnée comme source et comme titulaire du droit d'auteur et à condition qu'il ne soit sous-entendu en aucune manière que la FAO approuverait les opinions, produits ou services des utilisateurs.

Toute demande relative aux droits de traduction ou d'adaptation, à la revente ou à d'autres droits d'utilisation commerciale doit être présentée au moyen du formulaire en ligne disponible à www.fao.org/contact-us/licence-request ou adressée par courriel à copyright@fao.org.

Copyright © Programme des Nations Unies pour les établissements humains (ONU-Habitat) 2014. Tous droits réservés

ISBN 978-92-5-208342-9 (version imprimée)

E-ISBN 978-92-5-208343-6 (PDF)

Collaborateurs	Arianna Francioni – Architecte RRC et auteure principale ; Pasquale Capizzi – Afrique du Sud Conseiller technique en chef et coordinateur de publication ; John Chome – Directeur du programme Habitat, Malawi ; Monique Rakotoarison – Directeur du programme Habitat, Madagascar ; Fernando Ferreiro – Architecte en RRC, ONU-Habitat, Mozambique ; Wild do Rosario – Architecte en RRC, ONU-Habitat Mozambique ; Rosat Ramanankolazaina – Spécialiste en RRC, Madagascar
Coordinateurs de la série	Javier Sanz Alvarez et Erin O'Brien
Photographie	© ONU-Habitat
Design et composition	Handmade Communications, design@handmadecom.co.za
Traducteur	Litera

Architecture pour la Réduction des Risques de Catastrophes



Ce document fait partie de la série *Un guide de terrain pour la Réduction des risques de catastrophes en Afrique australe : Pratiques clés pour les praticiens de la RRC* dont la production a été coordonnée par le Bureau sous régional de la FAO pour la G-RRC en Afrique australe. Cette série regroupe des contributions de COOPI, de la FAO, d'OCHA, d'ONU-Habitat et comprend les documents techniques suivants :

- Techniques d'Irrigation pour les Agriculteurs à Petite Échelle (FAO)
- Champs Écoles Paysans (FAO)
- Gestion de la Diversité des Cultures (FAO)
- Variétés de Semences Appropriées pour les Agriculteurs à Petite Échelle (FAO)
- Systèmes Appropriés de Stockage des Semences et des Grains pour les Agriculteurs à Petite Échelle (FAO)
- Hôpitaux Sûrs (COOPI)
- Technologie Mobile appliquée à la Santé (COOPI)
- Systèmes de Gestion des Connaissances et des Informations (COOPI)
- Architecture pour la Réduction des Risques de Catastrophes (ONU-Habitat)
- Réduction des Risques de Catastrophes pour la Sécurité Alimentaire et Nutritionnelle (FAO)
- Systèmes d'Alerte Précoce au Niveau Communautaire (OCHA & FAO)

Ce document porte sur des activités d'aide humanitaire mis en œuvre avec l'assistance financière de l'Union européenne. Les opinions qui y sont exprimées ne doivent être considérées, en aucune façon, comme traduisant l'opinion officielle de l'Union européenne, et la Commission européenne ne sera tenue responsable quant à l'usage qui pourrait être fait des informations qu'il contient.



Aide humanitaire
et Protection civile

La Direction générale de l'aide humanitaire et de la protection civile de la Commission européenne (ECHO), finance les opérations de secours aux victimes de catastrophes naturelles et de conflits en dehors de l'Union européenne. L'aide est distribuée de manière impartiale, aux victimes directement, indépendamment de leur race, de leur groupe ethnique, de leur religion, de leur sexe, de leur âge, de leur nationalité ou de leur affiliation politique.

Préface de ECHO

La région de l'Afrique australe et de l'Océan Indien est extrêmement vulnérable aux cyclones, aux inondations, à la sécheresse et aux tempêtes tropicales. Ces chocs climatiques récurrents affectent négativement les moyens de subsistance et les économies très sensibles de la région et affaiblissent la capacité des communautés à se remettre entièrement, les rendant encore plus fragiles et plus vulnérables aux catastrophes naturelles ultérieures. La nature et les caractéristiques de ces phénomènes climatiques sont en train de changer : elles deviennent imprévisibles, de plus en plus fréquentes, et gagnent en intensité et en ampleur à cause du changement climatique. La vulnérabilité de la région est aggravée par les effets conjugués des facteurs socioéconomiques tels la prévalence du VIH, l'extrême pauvreté, l'insécurité grandissante ainsi que la croissance et les tendances démographiques (notamment la migration intra-régionale et l'urbanisation croissante).

L'Aide humanitaire et Protection civile de la Commission européenne (ECHO) s'est impliqué activement dans la région depuis 2009 par le biais du programme de Préparation aux Catastrophes de l'ECHO, appuyant des interventions pour la réduction des risques de catastrophe dans les domaines de la sécurité alimentaire et l'agriculture, des infrastructures et de l'architecture adaptatives, de la gestion des informations et de la connaissance, de l'eau, de l'hygiène, de l'assainissement et de la santé. Ce programme est articulé sur deux objectifs :

- La préparation aux situations d'urgence en renforçant les capacités locales à se préparer et à gérer durablement les aléas climatiques notamment par l'élaboration de plans de préparation saisonniers, la formation, la constitution de stocks d'urgence et d'équipements de secours ainsi que par l'établissement de Systèmes d'Alerte Précoce.

- L'autonomisation des communautés à travers des approches multisectorielles et multi-niveaux intégrant comme composante essentielle la RRC et aboutissant à une amélioration de la sécurité alimentaire et nutritionnelle.

Ces interventions sont en cohérence avec les stratégies et les cadres nationaux et régionaux.

Pour DIPECHO, la réussite se mesure, entre autres, par la replicabilité. A cet effet, une assistance technique sous forme de lignes directrices élaborées à l'intention des agents intervenant dans la RRC constitue un produit très appréciable des interventions de DIPECHO dans la région. ECHO a également appuyé des partenaires régionaux, à savoir COOPI, la FAO, ONU-Habitat et UN-OCHA afin de renforcer la résilience des populations vulnérables de l'Afrique australe en offrant à ces organisations des financements pour tester sur le terrain et établir de bonnes pratiques et élaborer un boîte à outils en vue de la reproduction de ces pratiques en Afrique australe. Le Bureau de la Commission Européenne pour les Affaires Humanitaires et ses partenaires veulent réaliser de manière durable et efficace les deux objectifs grâce aux pratiques définies dans la présente boîte à outils qui vise le renforcement de la résilience des populations les plus vulnérables de la région.

Cees Wittebrood

Chef d'Unité, Afrique de l'Est, de l'Ouest et du Sud
Direction Générale de l'Aide Humanitaire et de la Protection
Civile (ECHO)
Commission Européenne



Préface

par ONU-Habitat

Au cours de la dernière décennie, le Programme des Nations Unies pour les établissements humains (ONU-HABITAT) a élaboré des approches novatrices de résilience aux catastrophes dans les établissements humains et le cadre bâti en Afrique australe, et un nombre impressionnant de mesures de réduction des risques a été mis en place. La pierre angulaire de l'approche adaptative aux établissements humains est de démontrer à travers la mise en œuvre pratique que cette approche aux établissements humains situés dans des zones à risque peut beaucoup contribuer à la réduction des risques.

Il est opportun que l'on recense, reconnaisse et reproduise ces pratiques à plus grande échelle, notamment dans les politiques et qu'elles deviennent une pratique courante, afin que les communautés des pays exposés aux cyclones, aux inondations, aux tremblements de terre et aux sécheresses récurrents apprennent à faire face aux risques et deviennent plus résilientes. Toutefois il est aussi important que les nouvelles nécessités telles que la réduction des risques et la résilience face à celles-ci en milieu urbain soient reconnues et que des outils soient développés progressivement dans cette sous-région qui s'urbanise rapidement. En fait, les études les plus récentes, et notre propre expérience d'organisme urbain nous permettent de conclure que le défi urbain deviendra probablement une préoccupation majeure pour la région. Les villes et les villages ne sont pas encore équipés pour atténuer et s'adapter aux effets du changement climatique et aux risques naturels accrus, alors qu'ils sont de plus en plus vulnérables à cause de leur croissance rapide qui n'est pas planifiée la plupart du temps, et de la concentration de la population.

Cette publication présente certaines des pratiques qui adhèrent à la politique stratégique d'ONU-Habitat relative aux établissements humains en crise qui favorise une approche durable à l'assistance et à la reconstruction. Il contribue également au City Resilience Profiling Programme (programme de profilage de villes résilientes) grâce aux directives qu'il fournit aux praticiens, aux décideurs et aux travailleurs sur le terrain dans le domaine de la réduction des risques de catastrophes.

Cet outil de référence est le résumé d'une étude plus vaste qui documente l'architecture adaptative : *Taking Stock of Disaster Risk Reduction Architecture in Southern Africa: lessons learned from 10 years of adaptive architecture for practitioners, decision-makers and field workers in disaster-prone countries of southern Africa and south-west Indian Ocean*. Il propose des exemples concrets de pratiques de construction adaptative relatives à plusieurs risques, ainsi que les leçons spécifiques tirées par les praticiens et les décideurs désireux de comprendre ce qui fonctionne et ce qui ne fonctionne pas, et ce qui est utile de reproduire. Cette étude et ses annexes techniques sont disponibles à www.seadrr.org ou sur demande auprès de l'ONU-Habitat du Mozambique, du Malawi et de Madagascar.

Jan Meeuwissen

ONU-Habitat

Coordonnateur de la direction chargée de la réduction des risques et du relèvement

Index

Acronymes et Abréviations.....	05
1. Introduction de l'Architecture Adaptative pour la Réduction des Risques de Catastrophe en Afrique Australe.....	06
2. Capitalisation des Pratiques d'Architecture en RRC	08
3. L'Architecture Adaptative et la Réduction des Risques	10
4. Enseignements tirés et Recommandations.....	34
5. Conclusions	41
6. Bibliographie et Lecture Supplémentaire	42

Acronymes et Abréviations

DIPECHO	Programme de prevention, d'attenuation et de preparation aux catastrophes (de la Commission Europeenne)
DFID	Département du Développement International (Royaume Uni)
DoDMA	Département pour la gestion de catastrophes (Malawi)
ECHO	Aide humanitaire et Protection civile de la Commission Européen
FEM/PNUE	Fonds pour l'environnement mondial/Programme des Nations Unies pour l'environnement
INGC	Institut National de Gestion des Catastrophes (Mozambique)
km	kilomètre
m	mètre
MICOA-DINAPOT	Ministère des Affaires Environnementales (Mozambique)
MLHUD	Ministère du Foncier, de l'Habitat et de l'Urbanisation (Malawi)
MOPH	Ministère des Travaux Publics et de l'Habitat (Mozambique)
OBC	organisation de base communautaire
ONG	organisation non gouvernemental
ONU Habitat	Programme des Nations Unies pour les établissements humains
PNUD	Programme des Nations Unies pour le développement
RRC	réduction des risques de catastrophes
TEVTA	Technical, Entrepreneurial, Vocational, Education and Training Authority
UNIDO	Programmes des Nations Unies pour le développement industriel

1. Introduction de l'Architecture Adaptative pour la Réduction des Risques de Catastrophe en Afrique Australe

La région de l'Afrique australe et du sud-ouest de l'Océan Indien est une région à risque

La région de l'Afrique australe est très exposée aux aléas naturels, à savoir les cyclones, les inondations, la sécheresse et les tremblements de terre. Ainsi, le Mozambique (9 fleuves internationaux ; 2 700 km de côtes ; la Grande Vallée du Rift ; zones

semi-arides), Madagascar (île située dans le sud-ouest de l'Océan Indien, zone prolifique en cyclones ; zones semi-arides), le Malawi (vastes bassins fluviaux ; en bordure de la Vallée du Rift ; zones semi-arides) présentent tous un profil d'aléas naturels extrême.

Les cyclones et les inondations, en particulier, ont des effets récurrents extrêmement dévastateurs sur l'environnement bâti : chaque année, ils détruisent des centaines de maisons, de bâtiments scolaires

06



Figure 1 (à gauche) : Produits alimentaires endommagés suite aux inondations de 2013 à Chokwe, Mozambique



Figure 2 (à droite) : Inondations après le cyclone Hubert à Manakara, Madagascar

et d'infrastructures communautaires de base, occasionnent des pertes de vie et frappent l'économie de plein fouet. Le manque d'abri au paroxysme de ces événements occasionne fréquemment des pertes de vie, ainsi que d'actifs. Les habitations s'effondrent, les infrastructures telles que les maisons et bâtiments, les ponts, les routes, les chemins de fer sont anéantis, les pylônes de transmission sont déracinés et, chose alarmante, les infrastructures de base clés, telles que les écoles, sont détruites à chaque fois. La reconstruction et le redressement à la suite de cette perte de biens et d'actifs requièrent des efforts si importants que le développement durable est, chaque année, remis en question. Par ailleurs, il est à présent établi que les phénomènes météorologiques gagnent en ampleur et en intensité en conséquence du changement climatique, notamment dans les villes côtières du Mozambique, de Madagascar et de la Namibie (hausse du niveau de la mer ; cyclones et vents plus intenses ; insécurité alimentaire due à une baisse de l'approvisionnement provenant des zones rurales).

Fort heureusement, les gens s'accordent de plus en plus sur la nécessité de penser, de concevoir et de construire les habitations humaines en considération du profil de risque des pays concernés. L'Afrique australe offre des centaines d'exemples d'architecture adaptative utilisant des matériaux et des techniques à la fois locaux et conventionnels.

Ce guide présente un certain nombre de cas d'architecture adaptative reproductibles et transposables en pratiques communautaires et nationales standards. L'objectif est de passer cette pléthore d'expériences en revue pour en faire le bilan et les convertir en pratiques capitalisées, en comportement de construction standard permettant de résister aux catastrophes et, au final, en politiques exécutoires.



Figure 3 : École endommagée après le cyclone Funso à Pebane, Mozambique

2. Capitalisation des Pratiques d'Architecture en RRC

D'expériences pilotes à des politiques...

Il n'y a pas encore eu de compilation de la pléthore d'exemples sur le terrain ni d'analyse de leur plein potentiel au niveau national et régional. Parfois, ces exemples sont spontanément reproduits par les communautés et les autorités locales ; toutefois, ils restent le plus souvent des cas isolés dont la reproductibilité à grande échelle reste limitée. La vulgarisation de l'approche de l'environnement bâti à

l'ensemble des communautés et localités rurales, périurbaines et rurales passe donc par un bilan de ces expériences. Toutes les analyses coût-bénéfice (une liste de toutes les références et du contexte est présentée dans la Bibliographie) s'accordent pour indiquer qu'en construisant 5 à 10 pourcent de bâtiments adaptatifs en plus, les communautés et les constructeurs conventionnels, y compris l'Etat, économiseraient entre 30 à 40 pourcent des fonds affectés aux secours et au redressement, sans parler du fait qu'ils éviteraient aux communautés la perte

08



Figure 4 (à gauche) : Bâtiment d'école surélevé résistant aux inondations à Maniquenique

Figure 5 (à droite) : Formation sur le tas sur la construction d'habitations antisismiques avec des constructeurs locaux dans la province de Manica

récurrente de leurs écoles, habitations et actifs. Conformément aux priorités du Cadre d'action de Hyogo et de la Campagne « Pour des villes résilientes », il est possible « d'apprendre à vivre avec les aléas » dans l'environnement bâti, d'adopter des politiques adaptatives pour servir de pratique standard dans les communautés, d'élaborer et d'approuver des normes et des codes du bâtiment résilient aux catastrophes et de renforcer les capacités pour les mettre en œuvre en tant que priorité.

En d'autres termes, les exemples que les communautés, le gouvernement national, les autorités locales, les organisations non gouvernementales (ONG) et la coopération technique internationale ont développés en Afrique australe méritent d'être reconnus et le cas échéant, capitalisés en pratiques et en politiques. Pour ce faire, les institutions nationales et locales, dont le niveau de conscience va en s'accroissant, exigent d'analyser les bonnes pratiques basées sur l'existant, dans le domaine des logements et des abris rudimentaires



Figure 6 : Latrines surélevées dans un abri communautaire à Madagascar

résistants aux cyclones et de la construction et la reconstruction d'infrastructures communautaires, et de tirer des enseignements. Dans la réalité, la sous-région présente des centaines de pratiques utilisant des matériaux à la fois locaux et conventionnels, notamment des abris communautaires, habitations, écoles, crèches ou postes de santé.

...en passant par des preuves !

Ce guide résume le bilan détaillé présenté dans le document *Taking Stock of Disaster Risk Reduction Architecture in Southern Africa : lessons from 10 years of adaptive architecture in disaster-prone countries of Southern Africa and South-West Indian Ocean*, produit par ONU Habitat à travers DIPECHO III en 2013, dans trois pays d'Afrique australe, à savoir Madagascar, le Malawi et le Mozambique, dans la perspective de remédier au manque de cas concrets. Si ces trois pays ont été retenus, en dépit du fait que les impacts des catastrophes y sont variables, c'est parce qu'ils présentent un éventail complet d'aléas naturels : cyclones et inondations, voire tremblements de terre récurrents, très dévastateurs même si leur intensité n'est pas toujours élevée. En outre, ces pays sont fréquemment frappés par la sécheresse ; même si cet aléa n'a pas d'impact sur les infrastructures, il est possible, dans une certaine mesure, d'en atténuer les impacts par des mesures de collecte d'eau simples et bon marché destinées aux ménages et aux écoles ou postes de publics.

Ce guide a pour objectif d'initier les institutions, les professionnels et les bailleurs à l'analyse des réalisations enregistrées à ce jour et du potentiel et des avantages à transposer à plus grande échelle les mesures d'architecture adaptative en pratiques, politiques et programmes.

3. L'Architecture Adaptative et la Réduction des Risques

Pourquoi l'architecture adaptative ?

En adoptant une approche de la construction sensible aux catastrophes, en planifiant les zones d'habitation, et en entretenant et en reconstruisant les bâtiments (approche « reconstruire en mieux »), on pourrait, dans une bonne mesure, atténuer les risques de catastrophe et leurs impacts sur l'environnement bâti. C'est ce qu'on appelle l'Architecture et la Planification pour la RRC, l'Approche Résistante aux Catastrophes, ou tout simplement, l'architecture adaptative.

10



Figure 7 : Abri communautaire résistant aux cyclones construit par CARE à Fénérive, Madagascar

Qu'y a-t-il de nouveau, demanderiez-vous ? Les communautés d'Afrique australe et du Sud-ouest de l'Océan se sont historiquement adaptées à leur environnement. Par exemple, plusieurs régions de Madagascar comptent des constructeurs traditionnels ayant une connaissance approfondie des aléas et de la manière de s'y adapter. Néanmoins, avec la nature récurrente et l'intensité des aléas, combinées à l'expansion non planifiée des zones d'habitation, les capacités des communautés à construire comme il faut se trouvent dépassées. Cela s'applique également à l'environnement bâti plus formel, où l'on outrepassé souvent les concepts même de l'adaptation à l'environnement, par souci de produire des constructions rapides et bon marché.

D'une part, il s'avère nécessaire de réintroduire les concepts élémentaires de l'adaptation et d'autre part, il faut diffuser des solutions économiques viables. Au cours de la dernière décennie, l'Afrique australe a été un laboratoire d'exemples d'habitation, d'abri et d'infrastructure de base faits en matériaux locaux ainsi que conventionnels. Certains de ces exemples sont présentés ici. Pour une appréciation plus complète, veuillez consulter les ressources (bibliographie). Dans la pratique, au cours de la dernière décennie, les autorités nationales et locales, les communautés, les ONG et les Nations Unies ont, également par le biais de DIPECHO I à III, développé un certain nombre de solutions architecturales pour la

réduction des risques de catastrophe dans la sous-région. Cette action visait, en gros, à démontrer que les solutions proposées par l'architecture adaptative contribuent :

- Directement à la protection des vies en offrant des habitations plus sûres, notamment si ces habitations sont sans conception technique ;
- Directement à la protection des vies pendant et à la suite d'une urgence, en transformant les infrastructures de base (écoles, crèches) en refuges sécurisés ;
- Directement à protéger les actifs économiques et matériels des effets des catastrophes ;
- Indirectement à sauvegarder les actifs économiques en reconstruisant en mieux après les catastrophes, dans la perspective d'atténuer le risque d'occurrence dans le futur ; et
- Indirectement à soutenir l'effort de développement durable en évitant la perturbation des activités sociales, économiques, culturelles et éducatives des sociétés.



Figure 8 :
Application des
techniques de
construction
résistant aux
catastrophes par
les constructeurs
locaux à Angoche

Apprendre à vivre avec les aléas

Le concept de l'architecture adaptative s'inscrit dans le cadre de l'effort visant à « apprendre à vivre avec les aléas » qui implique de 1) Comprendre les risques et les vulnérabilités ; 2) Planifier les zones d'habitation de façon participative et résiliente ; 3) Adopter une prestation de services de base résilientes dans les domaines de l'assainissement, de la gestion des déchets solide et de la maîtrise de l'eau ; 4) Construire des bâtiments sécurisés ; 5) Reconstruire des ouvrages améliorés après les catastrophes ; 6) Apprendre les mesures préparatoires et préventives dans le milieu scolaire, au cours des échanges communautaires et au foyer.

En général, la pauvreté se dresse en travers de l'utilisation de matériaux ou de compétences meilleurs. La spontanéité des constructions, sans considération des règlements et sans réel soutien de la part de techniciens plus compétents et des autorités, accroît également la vulnérabilité. Nonobstant cela, on pense souvent à tort que les constructions locales sans conception technique sont nécessairement plus vulnérables que celles construites avec des matériaux conventionnels. Les preuves suggèrent que les constructions formelles, y compris les constructions publiques (telles que les écoles formelles), peuvent aussi être vulnérables aux aléas. La non-résistance des constructions est souvent la conséquence tangible d'une série de facteurs. Ces facteurs comprennent, entre autre, l'absence de droits de propriété ou de location de terres ; une mauvaise planification physique qui ne tient pas compte des aléas naturels ; l'insuffisance ou la non application des règlements de construction ; un faible savoir-faire technique dans le bâtiment ou la non-valorisation des connaissances traditionnelles locales ; et le manque de préparation.

... en appliquant des solutions locales

Une architecture est dite adaptative quand sa structure, son comportement et les ressources qu'elle utilise peuvent s'adapter aux conditions météorologiques et géotechniques locales, c'est-à-dire qu'elle donne lieu à des structures robustes, capables de résister à l'impact d'aléas naturels graves et de contribuer à faciliter la vie des communautés adaptées au contexte local et, de ce fait, durables. En conjuguant robustesse et pérennité, elle améliore la résilience communautaire, qui dans ce secteur est définie comme la capacité d'un système à 1) maintenir des niveaux d'opération acceptables

pendant et après des événements perturbateurs ; 2) retrouver un niveau d'opération normal dans un délai donné après l'évènement ; et 3) offrir aux communautés des moyens supplémentaires de faire face aux intempéries. Plus simplement, l'architecture adaptative doit partir du contexte local, à savoir la construction traditionnelle ou les cahiers des charges des bâtiments publics d'usage courant, pour offrir des solutions abordables et adaptées. Cette approche présente un certain nombre de domaines d'action :

- **Sensibiliser** : au moyen de supports simples et conviviaux.
- **Développer la compréhension** : en vue de promouvoir les bâtiments sécurisés par rapport à ceux qui ne le sont pas dans le contexte des catastrophes et en relation avec les contraintes, charges et effets supplémentaires qu'elles impliquent.
- **Faciliter la mise en pratique** : en créant un environnement favorable à la mise en œuvre des normes visant à garantir la sécurité des structures. En effet, même quand elles sont pleinement conscientisées, les communautés manquent souvent de formation et de capacités, ce à quoi il faut remédier par des formations sur le tas.

Compte tenu de l'étendue des expériences faites en Afrique australe, nous pouvons faire un bilan des pratiques prometteuses étudiées, en vue d'influencer les comportements de construction. Le défi, au vu de l'immense diversité et richesse culturelles de la sous-région, consiste à trouver un cadre commun pour tirer des enseignements. Pour faire le tri entre les différents enseignements, il faudrait mesurer l'impact potentiel ou avéré d'une solution donnée. A terme, combien de gens sont en plus grande sécurité grâce à l'intervention ? Qu'est-ce qui pourrait être conservé ? A part cela, il est essentiel de mesurer le potentiel de reproduction d'une intervention : une intervention est aussi une meilleure pratique quand son potentiel est exploité pour la réplique.

12



Figure 9 :
Technique simple
recourant à des
matériaux locaux
pour améliorer
la résistance aux
cyclones



Figure 10 : le Jeu du fleuve est un outil de plaidoyer et de sensibilisation développé par ONU-Habitat et ses partenaires, qui est utilisé dans les communautés pour présenter les différentes menaces et les aléas liés aux inondations de rivière.

Les pages suivantes décrivent un échantillon de solutions résistantes aux cyclones, aux inondations et aux tremblements de terre. Ces solutions utilisent des matériaux et des technologies locales, mais aussi conventionnelles et font appel à une diversité de constructeurs locaux et formels, aux communautés, aux institutions locales, aux institutions nationales, aux ONG, aux Nations Unies et à d'autres organisations. L'étude des échantillons s'est basée sur des 1) des formulaires de collecte de données ; 2) des groupes focaux sur les activités entreprises depuis 2003, réunissant ONU Habitat, des ONG locales et des institutions nationales et locales des différents pays (Mozambique, Malawi, Madagascar) ; 3) la revue documentaire et des descentes sur le terrain ; 4) des entretiens avec

les membres d'équipe clés, les homologues concernés du gouvernement, notamment l'INGC (Instituto Nacional de Gestão de Calamidades)/MOPH (Ministério das Obras Públicas e Habitação²)/MICOA (Ministério para a Coordenação da Acção Ambiental³) (Mozambique), le DoDMA (Département de la Gestion des Catastrophes)/MLHUD (Ministère du Foncier, de l'Habitat et de l'Urbanisation) (Malawi), les ONG partenaires (ONG) et les bénéficiaires communautaires.

1 Institut National de Gestion des Catastrophes

2 Ministère des Travaux Publics et de l'Habitat

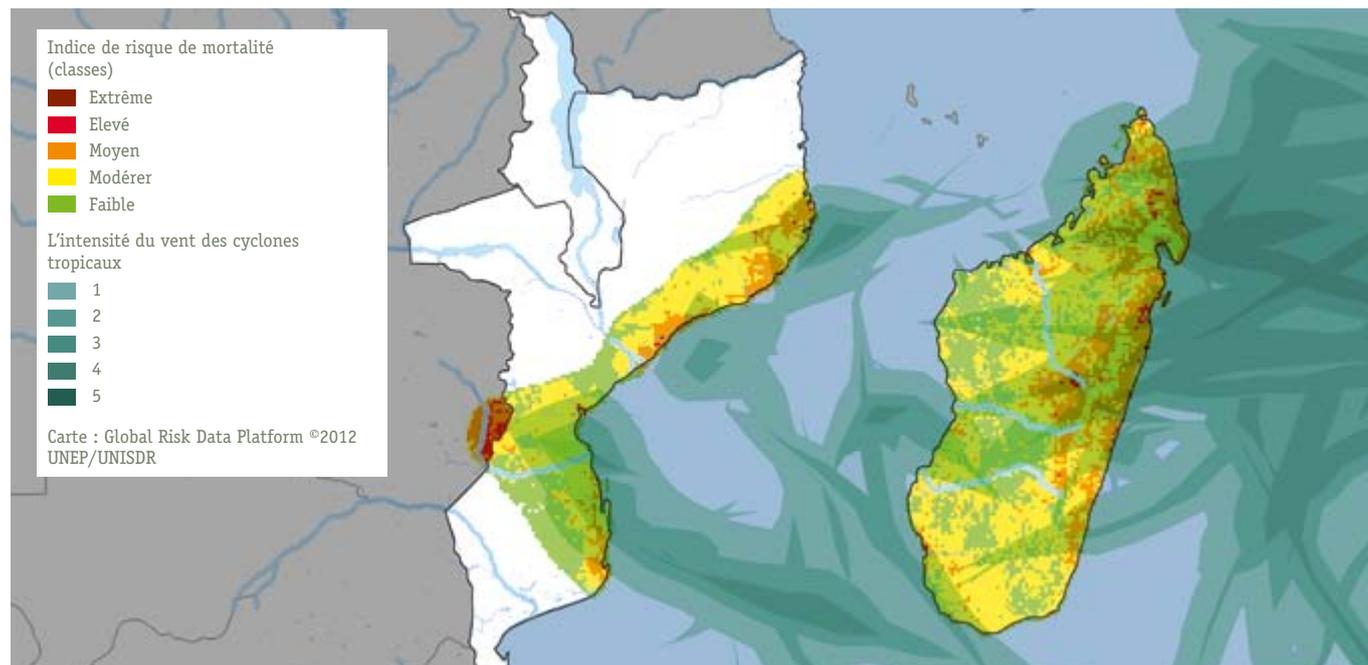
3 Ministère des Affaires Environnementales

Exemples de constructions résistantes aux cyclones et aux vents violents

Le littoral du sud-est de l'Afrique est affecté par les cyclones et les tempêtes tropicales venant de l'Océan Indien qui est l'une des zones cycloniques les plus prolifiques du monde. Avec des vents allant jusqu'à

350 km/heure, Madagascar est le pays le plus vulnérable de la sous-région, suivi par le Mozambique. La saison cyclonique va normalement de novembre à avril et culmine en janvier et/ou en février.

En général, le sud-ouest de l'Océan Indien connaît 12 cyclones par an, avec de fortes précipitations et des ondes de tempête qui peuvent faire monter le niveau de l'océan de 10 mètres. Au cours des



20 dernières années, le nombre de personnes affectées a été estimé à 7,1 millions et le montant des dégâts économiques enregistrés dans les deux pays à 1,6 milliards USD.

Les cyclones ont des impacts dévastateurs sur l'habitat et les équipements publics, notamment leurs toitures, et causent aussi des dégâts aux infrastructures. Les tempêtes et les vents violents

qui n'ont pas l'intensité d'un cyclone entraînent aussi des dégâts importants. Afin d'améliorer la résistance aux cyclones, un certain nombre de solutions architecturales, utilisant des matériaux locaux et conventionnels, a été conçu et mis en œuvre à Madagascar et au Mozambique. Ces solutions s'appliquent aux logements et aux refuges sécurisés.



Figure 11 : Une construction de mauvaise qualité ou la faible prise en compte de l'exposition au risque peuvent résulter en des dommages structurels importants, comme on le voit ici au Mozambique

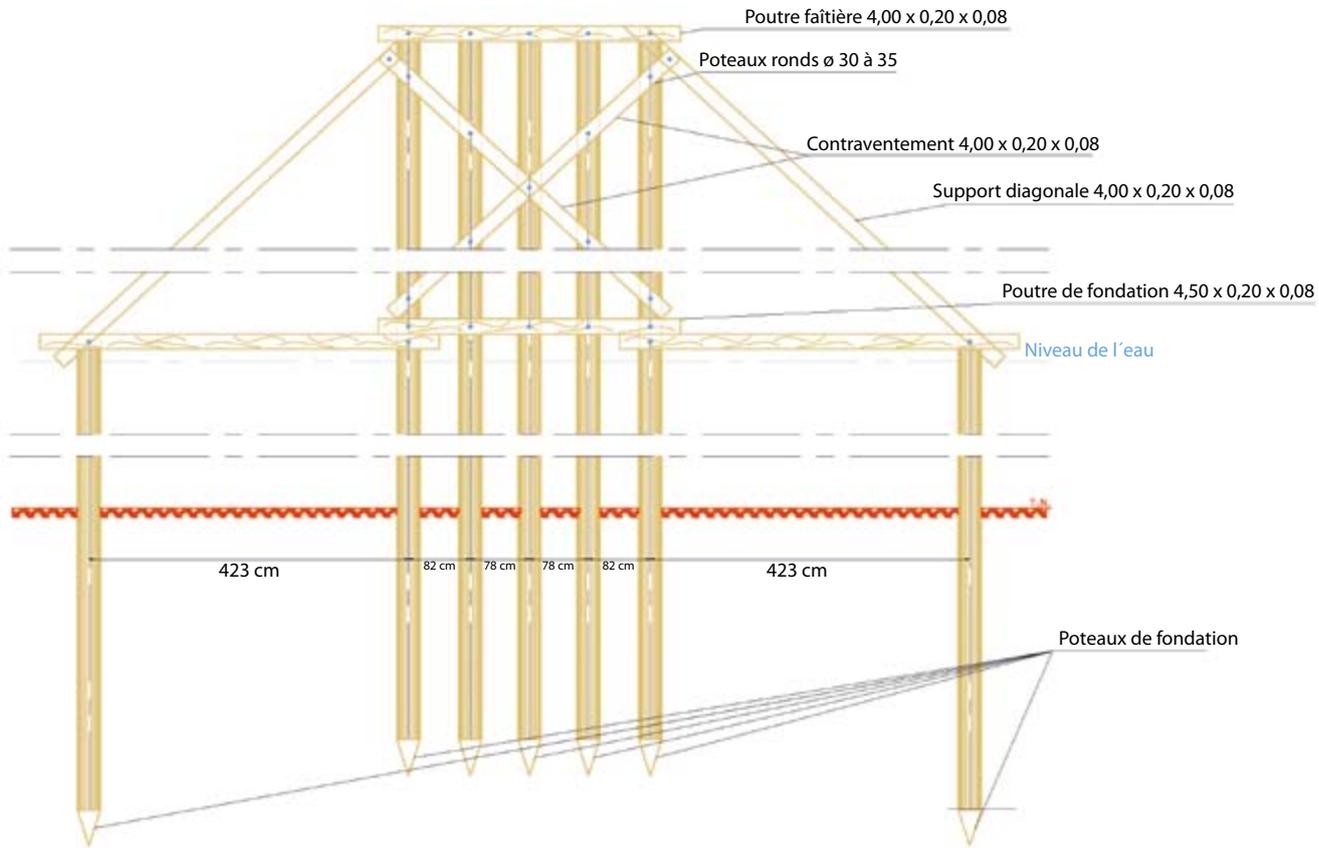
Cas 1 : Maison individuelle – Maroantsetra, Analanjirofo, Madagascar

- Dans le cadre du projet TSARAKOBABY, Medair, en partenariat avec les autorités locales et ONU Habitat, a mis en œuvre des maisons individuelles à faible coût, anticycloniques et réalisées avec des matériaux locaux. Le projet a bénéficié à sept communautés vulnérables du district de Maroantsetra.
- Agence de mise en œuvre : MEDAIR, par l'intermédiaire de DIPECHO
- Partenaire : ONU HABITAT
- Coût : 2.251.508 Ariary



Qu'est-ce qui fait que cette architecture est adaptative ? La conception et la mise en œuvre de la maison intègrent de nombreuses solutions architecturales simples qui n'entraînent pas forcément de coût supplémentaire. Les murs sont faits de tiges de ravenala assemblées avec du bambou, pour les rendre faciles à reproduire par les villageois. La structure doit être étanche et sécurisée pour empêcher le vent de pénétrer par les interstices. Les poteaux de l'ouvrage sont ancrés dans le sol de manière à assurer la stabilité de la maison, tout en protégeant le bois de l'attaque des termites. La maison est surélevée sur des pilotis qui sont entretoisés. Des diagonales sont ajoutées pour transférer la charge horizontale du vent au sol et renforcer la cohésion de la maison.

Pourquoi ce projet est-il reproductible ? Le coût des interventions matériaux-conception est limité, ce qui le rend reproductible. De façon importante, la construction de cette maison repose sur un savoir-faire local amélioré, ce qui facilite la maîtrise et l'assimilation des techniques. Les autorités pourraient utiliser ces exemples et les présenter aux autres communautés dans le cadre de formations sur le tas et de transfert de compétences entre constructeurs locaux.



Cas 2 : Jardin d'enfants – Vilankulos, Province d'Inhambane, Mozambique

- **Projet :** Le jardin d'enfant peut servir d'abri en cas de cyclone. L'école a une surface de 200m² répartis comme suit : une salle polyvalente, une cafétéria, un bureau, une cuisine et des toilettes pour femmes/hommes. Le projet est le fruit de l'atelier de test de prototype tenu par ONU Habitat, en collaboration avec la Municipalité de Vilankulos : un an après cet atelier, la municipalité a spontanément décidé de reproduire une intervention résistante aux cyclones financée par une organisation internationale et a sollicité l'assistance technique d'ONU Habitat.
- **Durée :** 2010-2011 (six mois)
- **Bailleurs :** Associação Moçambique Alemanha
- **Partenaires :** Conseil Municipal de Vilankulos



Qu'est-ce qui fait que cette architecture est adaptative ? Le principe appliqué est que la résistance d'un bâtiment à un cyclone est liée à sa forme et à son poids ou à ses caractéristiques technologiques. Les bâtiments résistants aux cyclones en question présentent une toiture faite avec des voûtes préfabriquées en béton renforcée par un treillis métallique, dont la forme, la pente et le poids offrent la garantie d'une excellente réaction aux cyclones. Dans le cas du jardin d'enfants, les voûtes préfabriquées composant les toitures sont de grande dimension, couvrant chacune trois travées pour une longueur totale de neuf mètres. La coupe ne représente pas un arc en plein cintre mais un arc surbaissé. La technologie du coffrage de la voûte a été développée par l'Institute of Cooperation (Institut de Coopération) et l'United Nation Educational, Scientific and Cultural Organization Chair for Basic Habitability (Chaire de l'Organisation des Nations Unies pour l'Education, les Sciences et la Culture pour l'Habitabilité de Base), Université Technique de Madrid) et a été adaptée par ONU Habitat au Mozambique.

Qu'est-ce qui fait que cette structure est reproductible ? D'après les résultats des tests de construction du prototype, si la technique utilisant du ferrociment préfabriqué est appropriée, elle nécessite de faire appel à des sociétés de construction qualifiées au lieu de constructeurs locaux. Néanmoins, des particuliers de Vilankulos construisent actuellement des maisons privées en utilisant ces techniques. Ceci démontre à quel point le fait d'avoir de bons exemples concrets peut influencer le comportement de construction.

Figure 12 (ci-contre) : Bâtiment d'école maternelle résistant aux cyclones à Vilankulos, Mozambique



Cas 3 : Abri – Maroantsetra, Analanjifofo, Madagascar

- Cet « abri » a été construit par Medair, en partenariat avec l'Union Européenne et ONU Habitat, pour servir de refuge sécurisé au cours des périodes d'urgence. Au cours de la saison non cyclonique, le bâtiment est mis en location pour financer son entretien ou, si possible, appuyer la communauté locale.
- Lieu : Municipalité de Maroantsetra, District de Maroantsetra, Région d'Analanjifofo
- Partenaires : MEDAIR, ONU Habitat, Autorités et Communautés Locales
- Bailleurs : DIPECHO



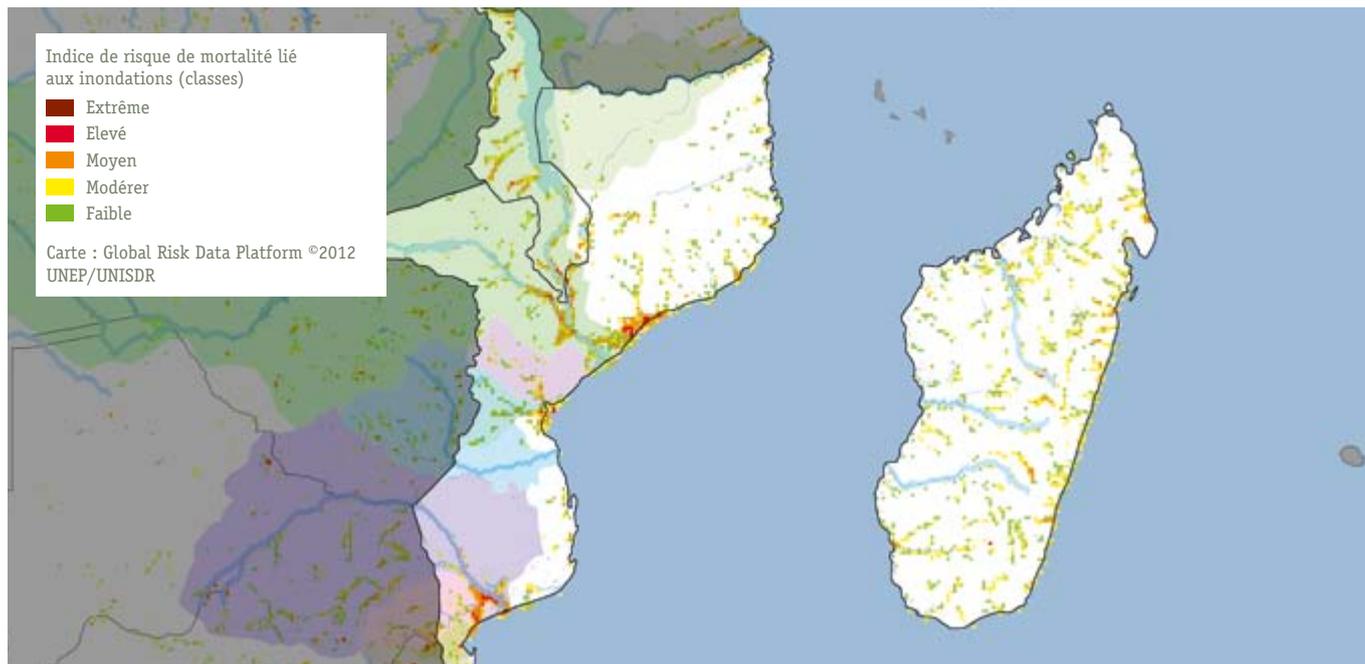
Qu'est-ce qui fait que cette architecture est adaptative ? Dans une zone exposée aux cyclones, la forme rectangulaire offre une résistance égale aux charges du vent, prouvant ainsi que l'atténuation par l'architecture adaptative vise avant tout à construire des structures plus résistantes, sans requérir de ressources supplémentaires. Par ailleurs, le refuge sécurisé est surélevé sur des fondations soigneusement traitées contre les termites, pour parer aux inondations associées aux vents violents et aux pluies apportées par les cyclones. La structure des murs se compose d'un cadre en bois, plaqué de bois, alors que le toit est en tôles. Il faut noter que l'utilisation de matériaux mixtes, en plus des considérations infrastructurelles, permet d'utiliser des matériaux locaux tout en offrant un aspect conventionnel aux constructions. Ceci pourrait encourager les institutions à adopter les modèles et à promouvoir leur reproduction.

Qu'est-ce qui fait que cette structure est reproductible ? Les refuges sécurisés tels que celui-ci promeuvent les constructions à double fonction. Dans le cadre d'une stratégie territoriale appropriée (c'est-à-dire la construction de refuges sécurisés dans les zones stratégiques), ils pourraient être utiles pour une population importante. Néanmoins, leur reproductibilité dépend aussi de la capacité à générer des revenus ou au moins, à financer leur entretien, ainsi que de leur utilité dans la vie quotidienne de la communauté.

Exemples de constructions résistantes aux inondations

En Afrique australe, les inondations sont essentiellement provoquées par des précipitations anormalement abondantes (occasionnées par

les cyclones, par exemple). Ces inondations surviennent le long des dix bassins fluviaux internationaux et des 7 300 kilomètres de littoral de la sous-région et ont affecté plus de 7,5 millions de personnes au cours des 20 dernières années. Plusieurs facteurs liés à l'intervention humaine concourent à accroître la vulnérabilité des communautés aux



inondations, notamment : la dégradation des sols ; le déboisement des bassins versants ; l'accroissement de la densité démographique le long des fleuves ; une mauvaise planification de l'occupation des sols, un mauvais zonage et le manque de contrôle des aménagements dans les plaines d'inondation ; un assainissement inadéquat, notamment dans les villes ; et la mauvaise gestion des rejets provenant des réservoirs des fleuves.

Un certain nombre d'écoles, de refuges sécurisés, de plateformes et de maisons résistantes aux inondations a été piloté dans la sous-région. Ces structures utilisent à la fois des matériaux locaux et conventionnels. L'architecture adaptative peut énormément contribuer à l'atténuation de l'impact des inondations en apportant des adaptations aux zones d'habitation exposées aux inondations.

22



Cas 1 : École surélevée – Village de Maniquenique, District de Chibuto, Province de Gaza, Mozambique

- **Projet :** ONU Habitat, en partenariat avec les institutions nationales, ont facilité des séances de planification participative auprès de communautés données, avec pour priorité la construction d'une nouvelle école. Le village de Maniquenique (situé à 6 kilomètres de Chibuto où l'administration du district est implantée) se trouve dans une zone d'inondation et s'est retrouvé entièrement sous les eaux en 2000, à hauteur d'1 mètre d'eau en moyenne.
- **Partenaires :** Gouvernement du Mozambique, MICOA-DINAPOT, ONU Habitat, organisations à base communautaire
- **Bailleurs :** Global Environment Facility (GEF)/UNEP
- **Coût (y compris la main-d'œuvre) :** 200 m² – environ 30 000 USD
- **Durée :** 2007–2008



Qu'est-ce qui fait que cette architecture est adaptative ? L'école primaire surélevée qui allait être construite à Maniquenique a deux fonctions : elle sert d'école en temps normal et de refuge sécurisé en cas de crue. Pour cela, le plancher de l'école a été construit au-dessus du niveau atteint par les inondations en 2000. De plus, la structure du toit a été renforcée pour servir de plateforme de refuge en hauteur en cas d'événement exceptionnel. L'école est dotée d'un système de récupération des eaux de pluie, étant donné que l'eau potable constitue une des plus grandes préoccupations lors des inondations, et d'installations sanitaires surélevées qui peuvent être utilisées aussi bien en période de crue qu'en période normale. L'école a été conçue en capitalisant au maximum les connaissances, les matériaux de construction et la main-d'œuvre locaux. Les résultats ont été les suivants : construction d'1 école primaire/abri sécurisé, fourniture d'un espace pédagogique à 300 enfants, fourniture d'un abri d'urgence en cas de crue à 150 à 200 membres de la communauté, formation de constructeurs et sensibilisation.

Qu'est-ce qui fait que cette structure est reproductible ? Au cours des inondations de 2013 (bassin du fleuve Limpopo, janvier-février 201), les communautés se sont réfugiées sur la plateforme surélevée de l'école. En plus de bénéficier à la communauté hôte, l'école sert d'exemple et sensibilise la population locale ainsi que des intervenants au niveau national. Les frais encourus sont amortis sur le moyen et le long terme (en ce qui concerne les inondations, leur période de retour semble changer dans certaines zones). Même si leurs coûts sont plus chers que les solutions utilisant des matériaux locaux, ces écoles devraient être reproduites de façon stratégique dans les grandes plaines inondables. La communauté a également élargi ses efforts en construisant une salle de classe utilisant uniquement des matériaux locaux sur une décharge préalablement compactée.



Figure 13 :
Différentes
phases de la
construction
d'une école
surélevée
résistante aux
inondations à
Maniquénique,
Mozambique

Cas 2 : Refuges et habitations sécurisés – District de Chikwawa, Malawi

- Dans l'une des régions les plus exposées aux inondations du Malawi, notamment le District de Chikwawa, ONU Habitat a testé l'approche Living with Floods (Vivre avec les inondations). Sous la coordination et le suivi de DODMA et du MLHUD au niveau national, et avec la participation active du Conseil de District de Chikwawa, le projet a été mis en œuvre avec les communautés locales, qui ont fortement contribué à la sélection du site et à la fourniture des matériaux de construction, en vue de réduire la vulnérabilité des populations vivant dans les bas-fonds et exposées à des inondations faibles à modérées, à travers des interventions d'atténuation à petite échelle impliquant des refuges.
- Lieu : T.A. Makhwira/District de Chikwawa
- Durée : 2010-2012 (20 mois)
- Bailleurs : ECHO/Fonds de l'ONE-UN
- Partenaires : ONU Habitat ; Habitat for Humanity ; District de Chikwawa ; DODMA ; MLHUD ; OC
- Coût (y compris la main-d'œuvre) : Maison : environ 3 500 USD/ ; Refuge sécurisé environ 28 000 USD

Qu'est-ce qui fait que cette architecture est adaptative ? La conception du refuge sécurisé prévoit deux grandes salles d'une capacité de 500 personnes, des toilettes et un espace extérieur couvert pour cuisiner. Il est conçu pour usage normal par les communautés au cours de la saison des pluies. Le site a été sélectionné à travers un processus participatif et dans le respect des connaissances locales des aléas. Un soubassement surélevé maintient le bâtiment à 750 mm du sol et une passerelle surélevée permet d'accéder en toute sécurité et au sec à la cuisine et aux toilettes, même en situation de crue. La toiture est conçue pour résister aux vents violents. La construction du refuge sécurisé a servi de 'formation pratique' pour les constructeurs locaux, ce qui a permis une sensibilisation pérenne et favorise le potentiel de reproduction au niveau des maisons individuelles.

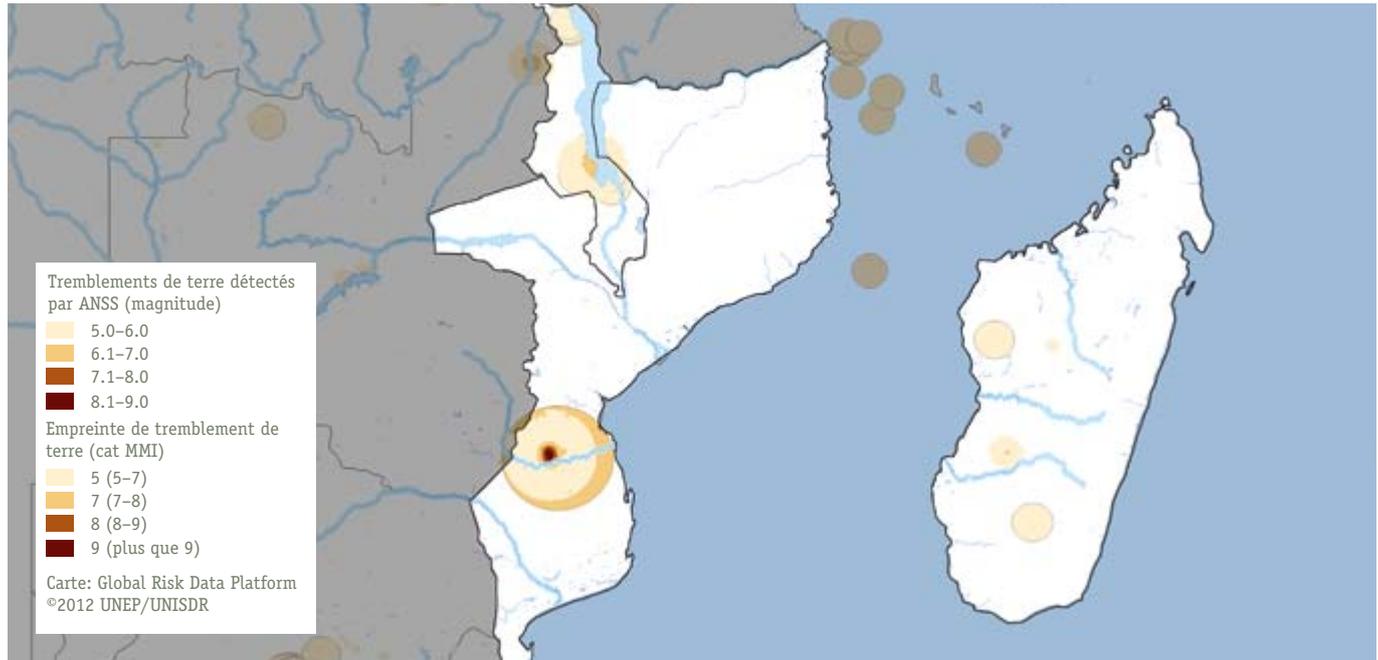
Qu'est-ce qui fait que cette structure est reproductible ? Les entretiens avec les bénéficiaires ont tous fait ressortir la nécessité de reproduire l'expérience. Le refuge sécurisé a accueilli des centaines de personnes déplacées par les inondations en 2013. Suite à ces inondations, la structure a servi de centre de développement pour la petite enfance et à d'autres activités de développement communautaires. Les membres de la communauté ont signalé la nécessité d'un système d'éclairage et d'une clôture pour veiller à la sécurité des biens et des personnes pendant la nuit, ainsi que d'un système de récupération des eaux de pluie pour assurer l'approvisionnement en eau potable en période de crue. De même que pour les abris cycloniques, le refuge sécurisé est reproductible dans la mesure où il a une deuxième fonction (centre de réunion, centre communautaire, école, fonctions) qui permet de générer de petits revenus pour son entretien (location), ou est construit par les autorités nationales dans les zones exposées aux inondations, dans le cadre de programmes de RRC de construction d'écoles.

Exemples de constructions résistantes aux tremblements de terre

Le Malawi et le Mozambique s'étendent au sud du Rift Est-Africain, à la frontière entre deux plaques en cours de séparation, ce qui en

fait une zone de faille active. Le Rift Est-Africain est, presque chaque année, victime de tremblements de terres dévastateurs de magnitude supérieure à 6,0. En 2006, un tremblement de terre de magnitude 7,0 sur l'échelle de Richter a secoué l'est du Mozambique et a été ressenti dans l'ensemble du pays, ainsi que dans certaines parties du

26



Zimbabwe, de l'Afrique du Sud, du Swaziland, du Botswana et de la Zambie. En 2009, le district de Karonga, au Malawi, a été frappé par un tremblement de magnitude 5,8, suivi par un autre de magnitude 6,2 qui ont détruit les habitations et les bâtiments publics. Etant donné que ce genre d'aléas est peu fréquent dans la région, la population touchée et les institutions concernées n'y étaient pas du tout préparées et n'ont pas su comment y réagir.

Le potentiel des tremblements de terre dans la destruction d'habitations et d'infrastructures est très important. Ils peuvent également occasionner des pertes de vie. Les mesures permettant aux bâtiments publics, en particulier les écoles, de résister aux tremblements de terre n'ont rien de superflu. Toutefois, la sous-région ne compte pas beaucoup d'habitations ou d'infrastructures de base faites en matériaux locaux et résistantes aux cyclones ayant fait l'objet de tests. Néanmoins, des lignes directrices sur les constructions sans conception technique sont disponibles au Malawi et au Mozambique et la sensibilisation de la population avance.

Figure 14 (à droite) : Formation sur le tas en construction antisismique dans la province de Manica, Mozambique



Figure 15 (à gauche) : Un exemple de bâtiment résistant aux inondations et aux tremblements de terre à Chikwawa, Malawi

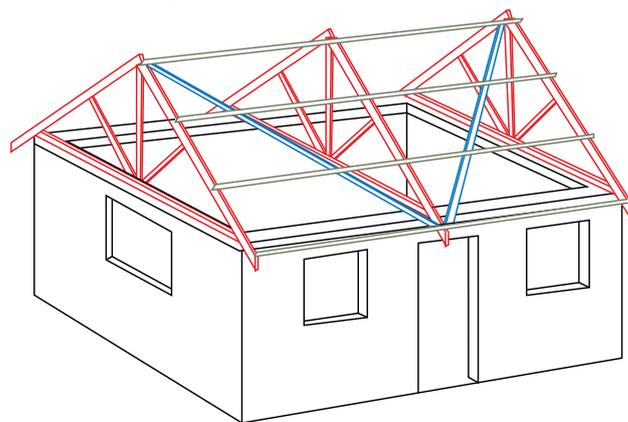
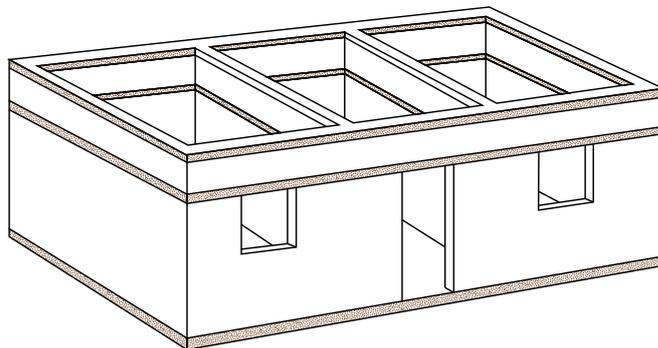


Cas 1 : Reconstruction et modernisation d'habitations, Karonga, Région du Nord, Malawi

- Au lendemain du tremblement de 2009, la Société de la Croix Rouge du Malawi (MRCS) a fourni des abris d'urgence à 6 000 familles déplacées. Afin de réduire la vulnérabilité des ménages affectés sur le long terme et avec l'appui financier de DFID, MRCS a mis en œuvre un projet de fourniture de matériaux, de subvention et de formations, en vue de la construction et de la réparation d'habitations, ainsi que d'installations sanitaires au niveau des ménages et des écoles. Le projet a également disséminé des pratiques de construction meilleures, à travers la formation de promoteurs d'hygiène, la formation d'artisans et d'ateliers de dissémination auprès de bénéficiaires. Un des principes directeurs du projet était que la responsabilité de fournir des habitations sécurisés et appropriés revenait aux chefs de ménages, aux communautés et au gouvernement. Chaque bénéficiaire a eu la possibilité de choisir une conception parmi toute une série et les chefs de ménages aussi bien que les artisans ont reçu une formation visant à garantir la mise en œuvre de détails et de méthodes de construction importants.
- Durée : 2010-2012
- Bailleurs : UK Aid (DFID)
- Partenaires : Société de la Croix Rouge du Malawi ; Conseil du District de Karonga ; MLHUD ; ONU Habitat ; TEVETA (Autorité Technique, Entrepreneuriale, Professionnelle, Pédagogique et Formative) ; OC
- Coût (y compris la main-d'œuvre) : reconstruction environ 4 000 USD ; modernisation 350 USD

Qu'est-ce qui fait que cette architecture est adaptative ? Parmi d'autres spécifications techniques, cet exemple souligne l'importance de la conception de la construction : la forme est un facteur majeur de la conception résistante aux catastrophes, ce qui infirme la croyance répandue que les mesures de résistance aux catastrophes impliquent des coûts beaucoup plus élevés. Ici, la forme carrée et la compacité de la maison, alliées au fait que la distance entre murs non porteurs est inférieure à 5 mètres ; le soubassement est surélevé au-dessus du sol et les murs en briques cuites, selon la coutume locale, sont renforcés. La superficie des ouvertures ne dépasse pas 50 pourcent de celle des murs et une distance minimale de 90 est maintenue entre l'ouverture des fenêtres/portes et les angles des bâtiments.

Qu'est-ce qui fait que cette structure est reproductible ? Les techniques sont faciles à assimiler, la structure utilise des matériaux locaux et les coûts étaient limités, ce qui la rend accessible aux communautés. Tout en intégrant des propriétés lui permettant de résister aux tremblements de terre (et aux vents violents), la maison reste abordable et capitalise d'autres techniques et capacités locales.

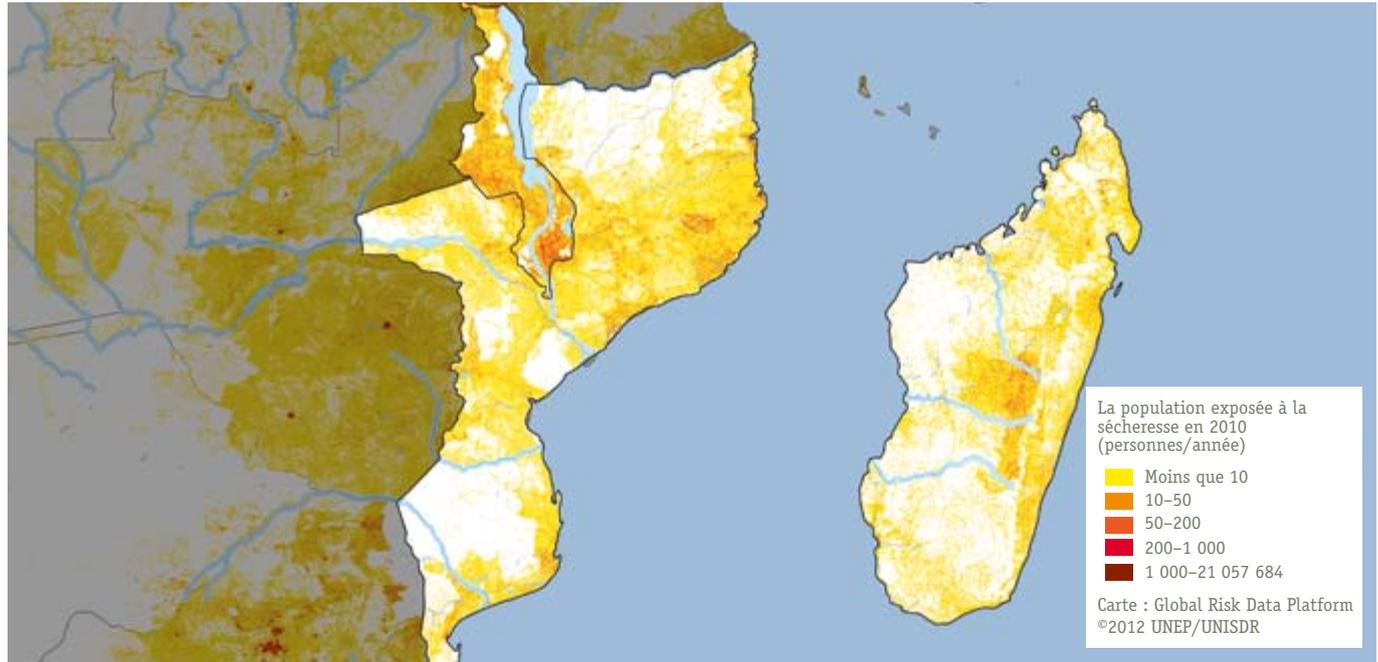


16 (ci-dessus) : Dessins techniques pour des habitations antisismiques à Karonga, au Malawi

Exemples de constructions résistantes aux sécheresses

La sécheresse est un aléa naturel chronique majeur en Afrique australe et elle peut avoir de terribles conséquences pour les populations

touchées. Avec une période de retour très courte, à savoir trois ou quatre ans, les sécheresses accroissent la vulnérabilité des populations pauvres : ces populations n'ont même pas encore réussi à remédier aux impacts économiques et sociaux provoqués par une sécheresse qu'une autre survient déjà.



Même si les infrastructures n'ont pas d'impact direct sur les infrastructures construites, l'architecture adaptative peut contribuer à en atténuer les impacts à travers des techniques et des mécanismes différents, dont la plupart sont à la portée des communautés et présentent de grandes potentialités dans les zones où les précipitations sont faibles et l'accès à l'eau difficile.

Figure 17 (à droite) : Amélioration de l'accès à l'eau grâce à des réservoirs de récupération d'eau à Chicualcuala, Mozambique



Cas 1 : Centre Communautaire Polyvalent, Chicalacuala, Province de Gaza, Mozambique

- **Projet :** Le district de Chicalacuala, dans la province de Gaza, est affecté de façon chronique par la sécheresse. Le projet a entrepris des activités de sensibilisation auprès des communautés locales en introduisant des techniques novatrices de récupération des eaux de pluie. La principale aire de construction comprend des habitations, des bureaux, des salles de réunion, des cuisines, des toilettes, des porches, des espaces de loisirs et de jeux et des parcs publics.
- **Durée :** 2008–2013
- **Bailleurs :** Gouvernement Espagnol/Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD), Fonds pour les Objectifs du Millénaire pour le Développement
- **Partenaires :** Organisation pour l’Alimentation et l’Agriculture (FAO) ; Programme des Nations Unies pour l’Environnement (PNUE) ; ONU HABITAT ; Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel (ONUDI) ; PNUD ; Programme Alimentaire Mondial (PAM) ; INGC ; MICOA
- **Coût de l’intervention (y compris la main d’œuvre) :** environ 4 000 USD pour le grand réservoir d’eau ; et 700 USD pour le petit réservoir d’eau (à l’exclusion du grand bâtiment).

Qu’est-ce qui fait que cette architecture est adaptative ? Le bâtiment principal rectangulaire est constitué de poteaux et de poutres en béton, ainsi que de maçonnerie stabilisée en blocs autobloquants. La pente du toit à un versant a été conçue pour récupérer les eaux de pluie grâce à un système de gouttières et de tuyaux de descente connectés à un système de collecte d’eau qui aboutit à trois réservoirs souterrains d’une capacité totale de 40 000 litres. L’élément le plus intéressant du projet est le système de collecte d’eau de pluie, qui utilise des toits semblables à des canopées déployés au-dessus des champs cultivés. La forme géométrique permet au système de collecte sur toit d’interagir avec les énergies renouvelables, tels que les rayons du soleil, créant ainsi un nouveau type d’agriculture durable. Les pentes du toit convergent vers des trous de collecte servant à canaliser l’eau dans de grands réservoirs, pour permettre l’utilisation de l’eau de pluie à l’irrigation des cultures dans les champs. Même si leur construction représente un défi du point de vue technique, les réservoirs d’eau de pluie communautaires sont une solution qui mérite d’être étudiée plus en profondeur et reproduite.

Qu’est-ce qui fait que cette structure est reproductible ? A part le grand bâtiment, il existe un certain nombre de systèmes de collecte d’eau très simples, utilisant une tuyauterie et des réservoirs de collecte d’eau simples, qui peuvent être intégrés à tous les bâtiments publics, notamment les écoles. Ces solutions sont généralement peu onéreuses, contribuent significativement à atténuer l’impact des sécheresses sur la vie des communautés et leur exploitation ne requiert que des capacités techniques de base. Néanmoins, il faut toujours considérer les risques de contamination de l’eau et une bonne sensibilisation à ce propos doit être une part essentielle de la diffusion de ces pratiques.



Figure 18 (à gauche): Grand réservoir de récupération d'eau en cours de construction au Mozambique

4. Enseignements tirés et Recommandations

Recommandations générales pour des interventions d'architecture adaptative dans la sous-région

Les exemples présentés dans la section précédente donnent un aperçu d'interventions pertinentes en architecture adaptative qui se sont avérées durables, adaptées et abordables (dans un contexte donné) et, chose importante, reproductibles. D'un autre côté, il reste

difficile de tirer des enseignements qui s'appliquent à l'ensemble de l'Afrique australe et du sud-ouest de l'Océan Indien. Le comportement architectural est le résultat composite de l'interaction entre les valeurs culturelles, l'ouverture aux technologies et les compétences techniques, les capacités économiques et l'environnement juridique et légal en général. Mis en œuvre dans des contextes environnementaux différents, par des communautés différentes et dans le cadre de coopérations

34



dotés de cadres institutionnels différents, un même prototype a donné des résultats différents. En utilisant le filtre de la reproductibilité et de l'impact potentiel et en tenant compte des suggestions faites par toutes les parties prenantes interviewées, nous avons pu tirer et arrêter une série d'enseignements et de recommandations pour les reproductions à venir.

En général, les points suivants font consensus :

- La coordination permet d'amplifier les impacts et les possibilités de reproduction des meilleures pratiques en construction ;
- L'équilibre des genres devrait être respecté lors de la mobilisation et de la participation communautaires et il est essentiel à la réussite du projet d'impliquer les groupes vulnérables dès la phase de conception ;
- Pour garantir la viabilité technique, les communautés ont besoin de projets à échelle réduite, simples, à haute intensité de main-d'œuvre et économiquement et socialement viables, qu'elles peuvent elles-mêmes entretenir et exploiter de façon durable ;
- Les interventions doivent toutes se baser sur les connaissances/pratiques existantes ;
- Pour générer un impact maximum et durable, les aspects matériels (construction) doivent aller de pair avec les aspects plus abstraits (sensibilisation, formation) ;
- Le partenariat entre les communautés, le gouvernement et les autres organisations (Nations Unies/ONG) est un facteur critique de réussite et améliore l'accès aux communautés affectées ;
- Il faudrait diffuser des supports conviviaux pour la formation des constructeurs ;
- Il est possible d'améliorer la visibilité des prototypes en en faisant les locaux des comités locaux ;

- Il faudrait cesser les pratiques isolées de construction pilote qui ne s'appuient pas sur les enseignements tirés ni ne s'inscrivent dans le cadre d'une stratégie générale de sensibilisation et d'évaluation auprès des institutions locales et nationales ; et
- Les matériaux locaux sont bon marché et faciles à reproduire ; toutefois, ils sont parfois rejetés par les institutions dans certains pays. Il faudrait systématiquement promouvoir le plaidoyer sur leur utilité.

Analyse coût-efficacité et coût-bénéfice

En bref, construire des bâtiments adaptatifs revient moins cher que reconstruire. La destruction récurrente des habitations et autres infrastructures publiques documentées à chaque catastrophe ne fait que démontrer que chaque année, une part des ressources financières investies par et au sein de chaque pays est perdue dans la reconstruction d'infrastructures. Compte tenu du profil de risques/vulnérabilité de la plupart des pays d'Afrique australe, investir dans des mesures de résistance aux aléas revient à faire des économies sur le moyen à long terme et à rester axé sur le développement national et l'atteinte des objectifs de réduction de la pauvreté. Ceci s'applique d'autant plus qu'avec le changement climatique, la fréquence et l'intensité de ces événements devraient augmenter, ainsi que les données le suggèrent. Pour calculer les avantages économiques tirés de l'application de mesures de résistance dès le début, on peut par exemple soustraire le coût de ces mesures de celui des impacts potentiels :

Tableau 1 : Analyse de rentabilité d'une architecture selon les principes de RRC

Exemple d'analyse coût-bénéfice	
Coût initial de construction d'une salle de classe (IC)	Pays échantillonné en 2012, y compris toilettes et bloc administratif = 24 500 USD
Reconstruction de 500 salles de classe 5 500 USD/Salle de classe (descentes sur le terrain, gestion de contrat, mise en œuvre)	5 500 USD X 500 salles de classe = 2,75 millions USD
Coût des articles et des biens perdus	300 USD/salle de classe x 500 salles de classe (livres, mobilier) = 150 000 USD
Coût de l'intervention d'urgence (CE)	200 USD/salle de classe x 500 salles de classe = 100 000 USD
Coûts projetés de reconstruction de 500 salles de classe	3 millions USD
Intégration de mesures de résistance au projet initial revient à 8 %–15 % du coût initial : (IC) = 2 940 USD par salle de classe	2 940 USD/salle de classe X 500 salles de classe = 1,47 million USD
Economies selon les estimations 3 millions USD – 1,47 million USD = x	x = 1,53 million USD (!)

A long terme (ou à moyen terme, compte tenu de la récurrence des cyclones), une construction plus résistante va revenir moins cher qu'une école qu'il faut reconstruire à chaque fois qu'un évènement naturel sévère se produit. Cette estimation ne tient pas compte des coûts estimatifs associés à la perturbation des services éducatifs sur le long

terme. Au vu des avantages économiques (et sociaux) prévisibles, il est recommandé ce qui suit :

- Adopter graduellement des techniques de reconstruction améliorées (Reconstruire en mieux) pour les habitations ou les infrastructures publiques affectées par un évènement naturel, en les prévoyant dans le budget de réserve des projets de reconstruction ;
- Lancer une campagne nationale et régionale de sensibilisation et d'évaluation du niveau de vulnérabilité des biens bâtis ; et
- Entreprendre des actions visant à entretenir et moderniser les biens bâtis afin de réduire la vulnérabilité des bâtiments existants.

Recommandations spécifiques aux prototypes

Même si les prototypes ont été mis en œuvre dans des contextes géographiques différents, des recommandations applicables à l'ensemble de la sous-région ont été arrêtées pour chacun d'entre eux.

Abris et habitations résistants aux cyclones en matériaux traditionnels

On retrouve ces prototypes sur la côte nord du Mozambique et de Madagascar. Même si les bâtiments à double fonction ne sont pas courants parmi les communautés, quand ils offrent des résultats tangibles, la reproduction se fait de manière spontanée ; cette reproduction et la transposition à plus grande échelle sont, dans la plupart des cas, facilités par l'utilisation de matériaux locaux de construction.

Toutefois, dans de nombreux cas, les institutions ont du mal à accepter d'utiliser des matériaux locaux et de reproduire des constructions utilisant de tels matériaux, en faisant fi de leur rentabilité

financière. A ce propos, les professionnels ne doivent ménager aucun effort pour promouvoir les technologies, techniques et matériaux locaux.

Recommandations

- Toutes les fois que c'est possible, les infrastructures publiques adaptatives devraient toujours avoir une double fonction, c'est-à-dire une fonction autre que celle d'abri d'urgence pour les communautés. Ainsi, elles seront constamment utilisées, mieux entretenues et contribueront à la sensibilisation.
- Les bâtiments à double fonction peuvent servir à faire des simulations et à tenir des formations sur la préparation et l'intervention avec les communautés locales et les enfants.
- En plus de la formation pratique sur la construction, la simple présence d'un bâtiment public résistant améliore le comportement des constructeurs locaux, qui vont souvent prendre exemple sur les infrastructures résistantes dans la communauté.
- Lors des formations sur le tas sur la construction, il faut toujours prévoir des séances sur l'hygiène, l'eau et l'assainissement sachant que les comportements culturels dans ces domaines peuvent réduire l'efficacité des abris au cours des urgences.



Figure 19 (à gauche) : Un abri résistant aux cyclones construit avec des matériaux traditionnels.

Figure 20 (à droite) : Un abri résistant aux cyclones construit avec des matériaux conventionnels.

Abris et habitations résistants aux cyclones : matériaux conventionnels

On retrouve ces prototypes sur la côte centrale du Mozambique et la côte nord de Madagascar. Dans l'ensemble des expériences étudiées, la conception ne prévoit généralement pas de possibilité d'extension ni de modification des bâtiments et des maisons, suivant la tradition locale. Par ailleurs, lorsque les bâtiments comportent des éléments en ferrociment (ex : les voûtes de la toiture), leur coût anéantit toute possibilité de transposition à plus grande échelle, même si le ferrociment coûte moins cher que le béton. Néanmoins, dans le cas de Vilankulos (Mozambique), un certain nombre de maisons privées sont en cours de construction et utilisent ces mêmes mesures, ce qui vient prouver qu'un exemple concret de rentabilité sur le moyen terme pourrait permettre de vaincre les considérations à court terme. Il n'en reste pas moins que les petites sociétés de construction auront plus de facilités que les constructeurs individuels locaux à mettre en œuvre des solutions utilisant du ferrociment.

Recommandations

- Dans la mesure du possible, il faudrait élaborer une « conception de bâtiment par étapes » (ex : la possibilité d'agrandir le bâtiment à mesure que la famille s'élargit) pour être un des principes directeurs de la conception originale de tout prototype.
- Pour faciliter une reproduction spontanée, il serait bon de tenir des séances de formation pratique avec les petites compagnies de construction ou les artisans qui, une fois formés, pourront par la suite former les constructeurs individuels basés sur le terrain ;
- Il serait bon de faire de petits investissements dans le processus d'industrialisation de la construction en ferrociment pour contribuer à réduire son coût de mise en œuvre sur le long terme.

Plateforme surélevée à double fonction : Matériaux conventionnels

On retrouve ces prototypes dans le sud du Malawi et dans l'ensemble du Mozambique, le long des fleuves internationaux. Parfois, la reproductibilité a été réduite par la taille même de l'intervention, notamment dans les zones enclavées. Pourtant, le plus important est que certaines de ces interventions étaient isolées et leur utilisation ne faisait pas l'objet d'une stratégie territoriale, stratégie qui aurait pu éviter le problème de surpopulation noté au cours des inondations récurrentes. Cette surpopulation a aussi bien démontré l'utilité de ces



Figure 21 : Un bâtiment avec une plate-forme surélevée à double usage, construit avec des matériaux conventionnels

structures que souligné leurs limites quand elles ne s'inscrivent pas dans le cadre d'une stratégie démographique territoriale globale et d'une planification d'urgence.

Recommandations

- Les plateformes devraient être construites au moyen de techniques auxquelles les constructeurs sont habitués.
- Les charpentes de toiture en bois peuvent être remplacées par des fermes métalliques, pouvant supporter le poids des personnes venus se réfugier sur le toit du bâtiment.
- Chaque structure devrait être équipée d'un système de récupération des eaux de pluie.



- La plateforme surélevée pourrait être adaptée pour servir non seulement d'école mais aussi de dispensaire ou de toute autre infrastructure publique.
- Les interventions isolées devraient être inscrites dans le cadre d'une stratégie globale de réduction de la vulnérabilité et de développement durable des zones exposées aux inondations.

Habitations résistantes aux tremblements de terre : Matériaux conventionnels

On retrouve ces prototypes dans le nord du Malawi et le centre du Mozambique, le long du Rift Africain, une ligne de faille qui signale la zone sismique de la sous-région. La résilience à cet aléa passe par la sensibilisation sur les risques, l'élaboration de règlements bien fondés et applicables du bâtiment et la promotion, l'utilisation et la transposition à plus grande échelle de solutions simples mais efficaces, au moins pour les bâtiments simples au niveau du sol.

Recommandations

- Le bambou est un matériau très répandu dans les zones exposées aux tremblements de terre du Mozambique et il est bon marché. Il peut servir à créer un cadre entrelacé pour renforcer les tracés des murs, les linteaux et les angles. Les constructeurs de la zone savent déjà comment entrelacer les lamelles de bambous.

Figure 22 : Une habitation antisismique construite avec des matériaux conventionnels

- Il faut tester un plan de bâtiment solide pour les maisons et les écoles : spontanément construit par la communauté et le mettre en œuvre dans l'ensemble de la zone à risque de tremblement de terre.
- L'expérience faite au Malawi avec les transferts d'argent par réseau mobile pour la reconstruction aux bénéficiaires affectés par le tremblement de terre s'est avérée concluante et pourrait être reproduite.



Systèmes de collecte d'eau : Matériaux conventionnels

Si ces prototypes ont été étudiés dans le centre du Mozambique, on les retrouve également dans plusieurs autres pays d'Afrique australe. Même s'ils ne représentent pas une menace pour les infrastructures, les sécheresses sont l'un des aléas qui provoquent les pertes de vie les plus importantes dans la région. En connaissance des zones d'aléas, il faudrait doter toutes les écoles d'un système de récupération d'eaux de pluie rudimentaire ; de même, il est possible de concevoir plusieurs solutions simples pour les habitations.

Recommandations

- Les systèmes de collecte d'eau constituent une approche efficace et, la plupart du temps, bon marché, qui peut être convertie en pratiques et politiques sans avoir de grosses implications en termes de coût.
- Par souci de pérennité, la mise en œuvre doit s'accompagner d'initiatives de sensibilisation et d'activités de formation avec les communautés locales ; ceci s'applique particulièrement aux questions d'hygiène et de contamination de l'eau.
- La dotation en systèmes de collecte d'eau des infrastructures éducatives, s'accompagnant d'une campagne de sensibilisation ciblant les élèves, a été une réussite.

Figure 23 : Système de récupération d'eau

5. Conclusions

L'Afrique australe et le sud-est de l'Océan Indien présentent un certain nombre d'expériences intéressantes, durables et reproductibles dont on peut faire le bilan. L'échantillon d'expériences présentées dans ce document ne représente qu'une fraction des possibilités dont les seules limites sont la connaissance du contexte local, les besoins des communautés et la créativité. Un abrégé plus détaillé est disponible sur le site web d'ONU Habitat et le Portail RRC (www.seadrr.org).

Au vu du profil de risques de la sous-région, l'introduction de mesures d'amélioration de la résistance dans la construction de bâtiments publics n'est pas juste à envisager. Ses avantages, aussi bien en termes de sécurité que d'investissement, sont trop importants pour ne pas en faire des pratiques nationales. D'un autre côté, les expériences faites

avec les constructions en matériaux locaux attestent qu'il est possible de concevoir et de reproduire à échelle, différentes solutions grâce à leur faible coût, à leur simplicité d'exécution et à leur potentiel à sensibiliser. En dernier lieu, tous les pays devraient adopter les pratiques pour Reconstruire en mieux. Madagascar s'est lancé dans ce processus pour des écoles publiques résistantes aux cyclones et le Mozambique est également en train d'intégrer des mesures de résistance aux catastrophes dans ce secteur important. Au Malawi, la promotion de l'approche Vivre avec les inondations et l'adoption des pratiques et règlements sensibles aux aléas progressent. Il s'agit là d'exemples extrêmement importants qu'il faudrait vulgariser au sein de ces mêmes pays et à partir desquels il est possible de tirer des enseignements à appliquer à la sous-région dans son ensemble et à comparer aux expériences des pays voisins.



6. Bibliographie et Lecture Supplémentaire

Bhaduri, S. 2011. Disaster Risk Reduction – A Planning Approach. New Delhi, Inde.

Birkmann, J. 2006. Measuring vulnerability to natural hazards: Towards resilient societies. New York. L'Université des Nations Unies.

Francioni A. 2011. Focus on Mozambique: A decade experimenting disaster and risk reduction strategies. UN-Habitat.

GFDRR. 2011. Climate Risk and Adaption Country Profiles.

IRD. 2012. Reducing Vulnerability to Drought, Cyclones and Climate Change in Mozambique.

Malalgoda, C. Amaratunga, D. and Pathirage, C. 2010. School of the Built Environment. Exploring Disaster Risk Reduction in the Built Environment. University of Salford, Royaume Uni.

Mayunga, J. S. 2007. Understanding and Applying the Concept of Community Disaster Resilience: A capital-based approach. Papier préparer pour Summer Academy for Social Vulnerability and Resilience Building, 22–28 juillet 2007.

Suresh, V. 2002. Promoting Safer Building Construction.

Twigg, J. 2007. Characteristics of a Disaster-resilient Community: A Guidance Note for the DFID Disaster Risk Reduction Interagency Coordination Group.

UN-Habitat. 2009. Malawi Additional Financing for Third Social Action Fund APL II. Project Information Document ; Appraisal stage. Report No. AB5669.

UN-Habitat. 2011. Defining Disaster Resilience: What does it mean for DFID?

UN-Habitat, UNHCR and IFRC. 2010. Shelter Projects.

Consultez www.seadrr.org et la page d'ONU-Habitat pour télécharger le document intégral *Taking Stock of Disaster Risk Reduction Architecture in Southern Africa: lessons from 10 years of adaptive architecture in disaster-prone countries of Southern Africa and South-West Indian Ocean*, ONU-Habitat, DIPECHO III 2013-2014.





Financé par :



Aide humanitaire
et Protection civile

Coordinateur :



ISBN 978-92-5-208342-9



9 789252 083429

I3773F/1/06.14