

L'ARCHITECTURE ET LA CATASTROPHE

Énoncé théorique

École Polytechnique Fédérale de Lausanne

Coline Pernet

2021

L'ARCHITECTURE ET LA CATASTROPHE

Énoncé théorique

École Polytechnique Fédérale de Lausanne

Coline Pernet

Sous la direction de :

Yves Pedrazzini, professeur d'énoncé théorique

Corentin Fivet, directeur pédagogique

Célia Küpfer, maître EPFL

2021

Remerciements

Je tiens à remercier Monsieur Yves Pedrazzini, professeur d'énoncé théorique, pour sa disponibilité et pour ses précieux conseils qui ont contribué à alimenter et orienter ma réflexion.

J'aimerais également remercier Madame Célia Küpfer, maître EPFL, pour son implication et la précision de ses conseils malgré la distance imposée par les conditions sanitaires.

Enfin, je remercie ma famille pour son soutien et ses encouragements.

Table des matières		
Avant-propos	8	
Introduction	12	
Les catastrophes du 21e siècle	12	
Problématique : la construction dans l'urgence	12	
Hypothèse : la reconstruction durable	15	
Première partie : les temps de la catastrophe	16	
1.1 Étude sémantique	16	
1.1.1 Aléas	16	
1.1.2 Enjeux	17	
1.1.3 Vulnérabilité	19	
1.1.4 Résilience	21	
1.1.5 Risques	22	
1.1.6 Catastrophe	24	
1.2 Les acteurs et leurs actions	25	
1.2.1 Les populations sinistrées	25	
1.2.3 Les aides humanitaires et les architectes de l'urgence	26	
1.2.2 Le système de gouvernance	27	
1.2.4 Le rôle de l'architecte	27	
Deuxième partie : le projet de reconstruction	30	
2.1 L'architecture, "disaster friendly"	30	
2.1.1 Impact direct	30	
2.1.2 Impact indirect	32	
2.2 Séisme de 2010 en Haïti	34	
2.2.1 Destruction	34	
2.2.2 Construction et reconstruction	35	
2.2.3 Premier bilan	36	
2.3 La durabilité comme réponse à la catastrophe	37	
2.3.1 Notion de durabilité	37	
2.3.2 Principe de durabilité appliqué à la reconstruction	38	
2.4 Les stratégies de reconstruction	40	
2.4.1 Où reconstruire ?	40	
2.4.2 Quoi reconstruire?	41	
2.4.3 Comment reconstruire?	43	
2.4.4 Avec quoi reconstruire?	45	
Troisième partie : vers une reconstruction par réemploi	46	
3.1 Le réemploi pour la reconstruction post-catastrophe	46	
3.1.1 Les objectifs du réemploi	46	
3.1.2 L'impact sur la vision du projet	48	
3.1.3 Le plan de gestion des éléments provenant de la destruction	49	
3.2 Définition du réemploi post-catastrophe	50	
3.3 Le tri des déchets, des débris et des rejets	52	
3.4 Stratégie de reconstruction post-catastrophe par réemploi	54	
3.4.1 Réemploi des débris	54	
3.4.2 Réemploi des rejets	58	
3.5 Séisme de Java, Indonésie, 2006	60	
3.5.1 Réemploi et techniques locales à Bantul	60	
3.5.2 La reconstruction du village de Ngibikan	64	
3.6 Réemploi des abris temporaires	66	
3.7 Une plateforme "résiliante" à Beyrouth	68	
Conclusion	72	
Références bibliographiques	74	

Avant-propos

Cet énoncé théorique, et le projet de master qui en découlera, représentaient ma dernière opportunité en tant qu'étudiante, de me questionner sur le métier de l'architecte au 21e siècle. Il m'est alors apparu essentiel d'étudier ce thème à travers un sujet d'actualité.

La pandémie, un nouveau paradigme de l'urgence

Mes premières recherches ont été particulièrement influencées par le contexte pandémique mondial. Bien que la Covid-19 s'inscrive dans un monde en « polycrise » victime de catastrophes toujours plus fréquentes, son caractère inédit et mondial a entraîné une prise de conscience collective sur les dysfonctionnements de nos sociétés. Durcissement des mesures économiques ou développement des solidarités, la pandémie a généré une nouvelle vision de la catastrophe comme une opportunité de refonder un monde d'après-crise. Cette prise de conscience a surtout questionné la capacité de nos sociétés du 21e siècle à gérer l'urgence de la catastrophe, qui coïncide avec un certain déni de la vulnérabilité.

Dans un monde "en phase finale de globalisation [...] cet événement global exceptionnel n'est pas traité de manière globale"¹ selon Abdesselam Cheddadi, historien et anthropologue. En effet, excepté une initiative de l'ONU, il n'y a pas eu d'échanges internationaux suffisants et assez rapides. Cette globalisation, soumise au capitalisme, a montré ses limites en mettant en évidence l'incompétence des différentes nations à gérer l'urgence de manière commune. Les populations évoluent dans un système vicieux, qui les ancre dans un déni général des risques, et les empêche d'être préparées à une catastrophe en les rendant incapables de se soumettre à des concessions une fois le désastre annoncé et de prendre une direction commune.

1. IEA-NANTES, ABDESSELAM, Cheddadi, mai 2020. «Au-delà de la pandémie du Covid-19, ce que pourrait être un changement de paradigme civilisationnel» [en ligne]. Consulté le 10 décembre 2020.

2. BUTLER, Judith, 2005. *Vie précaire : Les pouvoirs du deuil et de la violence après le 11 septembre 2001*. Paris: Éditions Amsterdam.

3. NANCY, Jean-Luc, 2012. *L'Équivalence des catastrophes (Après Fukushima)*. Paris: Éditions Galilée.

Les réponses aux catastrophes du 21e siècle sont donc le juste reflet de ces sociétés. L'architecture de l'urgence devient la représentation concrète du système en se résumant à une masse préfabriquée et entreposée. Lorsqu'elle a lieu, l'architecture de la reconstruction, quant à elle, représente une opportunité de globalisation, dépossédant les villes et les métropoles de leur patrimoine bâti.

Les effets de la catastrophe sur l'architecture

Catastrophe et Architecture sont en effet intrinsèquement liées. La seconde étant souvent conséquence, mais peut tout aussi bien en être la cause. La catastrophe crée un bouleversement dans l'architecture qui devient simultanément victime et grande participante au désastre. Cette destruction physique et visible entraîne l'exposition de la vulnérabilité de certaines vies humaines qui méritent d'être sauvées à ce moment précis. L'urgence et la vulnérabilité définissent donc en premier lieu les enjeux visés par l'aide internationale, c'est-à-dire les personnes sans-abris, qui doivent être rapidement relogées.

Cependant, dans un second temps, l'introduction de l'architecture pérenne dans les actions post-catastrophe reconsidère ces enjeux, et définit inévitablement "les vies jugées dignes d'être vécues"², qui auront accès à la résilience. Les personnes les plus vulnérables, qui ont au préalable bénéficié de l'aide internationale ne sont souvent plus considérées et se retrouvent donc piégées dans des constructions temporaires qui ne leur offrent aucune perspective d'avenir.

Force est de constater que l'architecture post-catastrophe est elle aussi devenue un objet du capitalisme, l'architecte a aujourd'hui un rôle important à jouer afin de contrer "l'équivalence des catastrophes"³ qui ne fait qu'aggraver les inégalités. Cette architecture, telle que je la conçois, doit avant tout s'orienter vers l'humain, qui ne devrait pas être relégué au second plan au profit de visées lucratives.

Quelle réponse à la catastrophe du 21e siècle ?

En reconsidérant les véritables enjeux du risque, l'architecte, riche de ses qualités pluridisciplinaires, est capable de concilier l'urgence et la singularité de chaque contexte sinistré. C'est d'après moi l'une des manières d'ancrer la reconstruction post-catastrophe dans une vision durable bénéfique autant d'un point de vue social, que d'un point de vue économique et politique. Les stratégies de relogement dans l'urgence doivent s'inscrire dans un processus global tout en privilégiant la construction pérenne.

Envisager le réemploi des matériaux de ces abris peut constituer une première piste à suivre pour répondre à la catastrophe du 21e siècle. Le projet serait ainsi davantage considéré comme un processus, et non plus comme un produit terminé à la fin du chantier.

La catastrophe a depuis toujours impacté l'imaginaire collectif. Plusieurs projets quelquefois utopiques ou dystopiques, ont tenté de donner une réponse construite et structurée au désastre. Suite à la Deuxième Guerre Mondiale, les projets rationalistes italiens démontrent cet imaginaire particulier. Ils expriment la notion de protection de la multitude dans un système de "plan libre", capable d'accueillir toutes sortes de contingences. Ces projets, certes surréalistes, constituent cependant des entités, des systèmes, comme une réponse capable de sauver et de protéger la multitude dans le temps.

Aujourd'hui, l'architecture doit s'engager à apporter une réponse pour ces événements toujours susceptibles d'advenir, en s'inscrivant dans une "narration collective"⁴. Si elle doit posséder des qualités intrinsèques d'adaptation et de flexibilité face à l'imprévisible et à l'évolution des sociétés, elle doit également être "résiliente" pour les populations sinistrées, en garantissant leur liberté et leur sécurité.

Ci-contre: centre sportif converti en hôpital temporaire à Wuhan, Chine, février 2020
© Chine Nouvelle/SIPA/Shutterstock

Ci-contre: *Non stop city internal landscape*, 1970 © Archizoom Associati

4. ARTHIST, VIATI NAVONE, Annalisa, 2017.
«Architecture de la catastrophe. Lieux et rituels de l'utopie et de la dystopie» [en ligne].
Consulté le 4 décembre 2020.



Introduction

Les catastrophes du 21e siècle

Toujours plus nombreuses et plus virulentes, les catastrophes du 21e siècle, de nature imprévisible, peuvent survenir sur n'importe quel territoire. Elles sont ainsi de véritables menaces pour une partie croissante de la population de la planète. Ce risque, qui tend à se généraliser, provient en partie des effets du changement climatique, de la croissance démographique et de l'exode rural⁵. Mais il est également le reflet de nos sociétés interconnectées qui caractérisent le 21e siècle. Les conséquences des catastrophes ne vont donc pas se limiter à des dommages et à des pertes causées dans un périmètre défini, mais peuvent s'étendre bien au-delà. La catastrophe devient alors un phénomène globalisé auquel bons nombres d'acteurs souhaitent apporter une réponse.

Entre aide humanitaire, planification politique et reconstruction économique, quelle place reste-t-il pour l'architecte confronté à la catastrophe du 21e siècle ? Le but de cet énoncé est de reconsidérer les actions entreprises de nos jours lors de catastrophe afin de redéfinir l'action de l'architecte et donc de mieux comprendre son rôle.

Problématique : la construction dans l'urgence

À la suite d'une catastrophe, les aides humanitaires, telles que les ONG, sont les premiers acteurs à intervenir in-situ. Leurs actions consistent à rétablir le plus rapidement possible les fonctions vitales perdues, en fournissant les soins, la nourriture, les vêtements et les abris indispensables. Ces abris d'ur-

5. AE&CC, SERLET, Murielle, 2016. «Table ronde Cultures Constructives et reconstruction post-catastrophe» [en ligne]. Consulté le 23 octobre 2020.

6. DUYNE BARENSTEIN, Jennifer, 2007. «Quand la reconstruction est un acte de violence», dans: Un seul monde N° 2, DDC. p. 12.

gence sont généralement fournis sous forme de tentes en kit ou de modules préfabriqués. Ils seront ensuite assemblés rapidement à l'extérieur, dans des camps, ou à l'intérieur d'un bâtiment public.

Dans un second temps, des logements temporaires plus résistants seront construits à l'extérieur du périmètre endommagé pour en permettre la reconstruction. Ces abris font régulièrement l'objet de projets plus élaborés, développés au préalable par des architectes de l'urgence, des "urgentistes".

Ces actions immédiates sont évidemment nécessaires et ont le plus souvent un impact positif immédiat sur le contexte sinistré. Cependant, ces interventions standardisées sont plutôt destinées à donner des abris immédiats qui n'ont pas forcément vocation à être utilisés sur le long terme. Or, dans la réalité, leur usage par les sinistrés perdure parfois beaucoup plus longtemps que prévu. La question se pose alors de la nécessité d'apporter une réponse immédiate qui prendrait d'avantage en compte cette notion de pérennité.

Jennifer Duyne Barenstein, anthropologue spécialisée dans la reconstruction post-catastrophe, définit ce phénomène comme la "tyrannie de l'urgence"⁶. D'après elle, il faudrait apporter une aide financière plutôt que matérielle aux populations sinistrées. C'est de cette manière que l'économie locale pourrait être développée, en utilisant la main-d'oeuvre, les matériaux et les techniques de construction locaux. Encore trop souvent, certaines ONG ne tiennent pas suffisamment compte de la dimension culturelle sous prétexte d'une intervention dans l'urgence. Ce qui peut paradoxalement, avoir un effet dévastateur sur le futur développement des sociétés. Celles-ci perdent alors leur organisation spatiale et donc socio-économique, au profit de camps d'abris entreposés de manière répétitive, les uns à la suite des autres. Dans plusieurs cas, les habitants restent plusieurs années dans ces camps, avec une envie de reconstruire. Mais cet élan est souvent entravé par les autorités qui souhaitent imposer leur propre plan de reconstruction lequel demande souvent des années pour être concrètement réalisé.

Le danger, déjà présent, est une tendance à sectoriser les actions apportées suivant les différents temps de la catastrophe : l'urgence, le développement et la réduction des risques. Ce phénomène a pour répercussion une sectorisation des organismes de financement de l'aide et donc à des actions désolidarisées, qui peinent à apporter une réponse globale à la catastrophe.



Hypothèse : la reconstruction durable

Afin d'inverser cette tendance à l'autonomie, l'objectif serait alors d'engager tous les acteurs à tendre vers un même principe, celui d'apporter une réponse commune à la catastrophe. C'est en effet dès les premières interventions qu'une reconstruction cohérente pourrait être envisagée, afin d'améliorer sur le long terme la qualité de vie des populations sinistrées.

Cet énoncé propose donc, dans un premier temps, une étude globale de la catastrophe du 21e siècle. Cette partie permet d'identifier les enjeux et le rôle des différents acteurs, notamment de l'architecte, en amont et en aval d'un tel événement.

La deuxième partie traite des étapes de la reconstruction et de leur interconnexion. L'hypothèse de levier présentée dans cet énoncé est celle de la durabilité qui, appliquée de manière globale aux différentes actions post-catastrophe, peut avoir un impact positif sur le développement des populations. Dans ce sens, l'objectif de l'architecte est d'opérer des choix stratégiques afin de diminuer la vulnérabilité et d'augmenter la résilience des lieux et des sociétés sinistrées.

Dans une troisième partie, il s'agit de développer une possibilité de réponse aux catastrophes à partir du réemploi des éléments de construction provenant de la destruction de l'environnement bâti. Nous verrons que cette solution n'offre pas seulement une réponse écologique, mais permet également de redynamiser l'économie et d'impliquer d'avantage les populations locales dans un processus de résilience.

Les différentes études de cas et exemple présentés dans cet énoncé théorique se concentrent sur les catastrophes séismiques. Ces éléments de réflexions peuvent cependant s'appliquer à d'autres types de catastrophes.

Ci-contre: Haïti après le séisme de 2010
© United Nations Development Programme
on VisualHunt / CC BY-NC-ND

Première partie : les temps de la catastrophe

1.1 Étude sémantique

Afin de comprendre la place de l'architecte et le rôle qu'il peut jouer dans la reconstruction et l'adaptation, il est nécessaire de définir précisément ce qu'est la catastrophe et toutes les notions qui lui sont inhérentes. Dans cet énoncé, la catastrophe sera donc traitée de manière globale, non seulement dans le domaine du bâti, de la politique, de l'économie et de l'environnement, mais aussi dans ses conséquences physiques et psychiques sur l'humain. Plusieurs définitions et théories ont déjà été menées sur ce sujet. Je proposerai donc une description personnelle, en partant d'une équation définie par le laboratoire de recherche CRAterre (ENSAG)⁷, qui traduit ainsi la catastrophe :

Aléas x Enjeux (vulnérabilité) = Risques -> Catastrophe ?

1.1.1 Aléas

L'aléa est un phénomène, un événement ou une action qui, considéré indépendamment, ne produit pas de catastrophe. Un débordement de rivière ne produit pas la catastrophe "inondation" s'il n'y a pas d'activité humaine présente sur la zone touchée. Cependant, dès que les aléas ont un impact direct ou indirect sur les enjeux en modifiant leur fonctionnement interne, cela produit un risque de catastrophe. Un tremblement de terre peut avoir une conséquence directe sur un environnement bâti, en provoquant son effondrement, mais peut aussi causer des dégâts invisibles, en fragilisant sa structure, et en provoquant un effondrement plus tardif.

L'aléa peut être prévisible ou non, mais il est inévitable. C'est pourquoi certaines bases de données telles que EM-DAT (The International Disas-

8. EM-DAT (The International Disaster Database), «Guidelines» [en ligne]. Consulté le 18 octobre 2020.

ter Database), classent les catastrophes en deux catégories distinctes : les catastrophes naturelles et les catastrophes techniques⁸. Dans cet énoncé, cette classification s'accorde d'avantage aux différentes formes d'apparition physique des aléas. En effet, son état au moment d'impacter les enjeux ne reflète pas toujours sa nature première. Un aléa écologique d'origine anthropique peut se manifester sous la forme d'une inondation, un aléa naturel. Par exemple, la déforestation peut causer des glissements de terrain ou la mauvaise gestion de l'écoulement des eaux dans un champ de culture peut provoquer de grandes crues.

C'est pourquoi ces bases de données ne peuvent nous renseigner suffisamment sur ces aléas. En plus de ses origines souvent complexes, l'aléa est aussi composé d'autres facteurs tels que sa puissance et sa temporalité. C'est ainsi en considérant l'aléa sous tous ses aspects que les risques de catastrophe pourront être justement évalués.

1.1.2 Enjeux

Les enjeux peuvent être de nature humaine, économique ou environnementale. Il s'agit le plus souvent de personnes sinistrées, de sociétés, de communautés, de matériel endommagé ou d'environnement bâti détruit. Les systèmes politiques et économiques font également partie des enjeux de la catastrophe.

Ces enjeux sociaux et spatiaux liés à l'activité humaine sont plus ou moins touchés suivant leur degré de vulnérabilité et leurs interconnexions. Ils peuvent être touchés directement par l'aléa ou découler de cet impact. Par exemple, plus la vulnérabilité du domaine bâti est grande, plus sa destruction sera probable, entraînant l'augmentation de pertes humaines.

Nous assistons actuellement à une complexification des enjeux. L'apparition de l'aléa produirait inévitablement un impact sur nos sociétés d'après Jean-

7. GARNIER, Philippe, MOLES, Olivier, CAIMI, Annalisa, GANDREAU, David, HOFMANN, Milo, 2011. *Aléas naturels, catastrophes et développement local*. ENSAG: CRAterre Éditions.

Luc Nancy (2012). Dans son livre "*L'Équivalence des catastrophes*", il affirme "qu'il y a désormais une interconnexion, un entrelacement voire une symbiose des techniques, des échanges, des circulations, qui ne permet plus à une inondation - par exemple - où qu'elle soit localisée de ne pas engager de rapports avec une quantité d'intrications techniques, sociales, économiques, politiques qui empêchent de la considérer comme un dommage ou comme un malheur dont on pourrait, tant bien que mal, tracer la circonscription"⁹.

Ainsi, il ne suffit plus d'identifier l'enjeu par sa nature intrinsèque, mais en considérant tout le domaine d'interconnexions qui l'entoure. Un dommage sur l'une de ces parties connectées produira inévitablement une atteinte à plusieurs autres parties, les rendant à leur tour enjeux et facteurs de l'équation. Ces connexions s'établissent également entre différentes échelles, si bien qu'une fracture à une petite échelle peut rapidement avoir des conséquences mondiales et inversement.

La catastrophe est souvent évaluée en fonction du degré de perte comme le nombre de morts, le nombre de blessés ou la surface détruite. C'est d'ailleurs de cette même façon que la catastrophe est présentée dans les médias, en omettant souvent de prendre en compte le système d'interconnexions dans sa globalité.

L'urgence

L'urgence générée par la catastrophe peut être considérée comme un facteur d'ordre temporel, nécessitant des actions immédiates pour rétablir un état stable des enjeux les plus vulnérables. Cette situation est particulièrement délicate, puisqu'elle mène très souvent à une sectorisation des enjeux et à des actions isolées. Ces dernières proposent très souvent des solutions temporaires qui garantissent un état stable à un certain moment, mais qui limiteront par la suite un bon développement des sociétés sinistrées.

9. NANCY, Jean-Luc, 2012. *L'Équivalence des catastrophes (Après Fukushima)*. Paris: Éditions Galilée. p. 12.

10. GROUPE URD, GARCIA, Carolyn, TRABAUD, Vincent, BOYER, Béatrice, janvier 2015. «Rapport de recherche : Cas des reconstructions post-séisme en milieu rural et péri-urbain en Haïti» [en ligne]. Consulté le 12 novembre 2020.

Ces réponses sont souvent préférées pour satisfaire le bénéfice immédiat de certains acteurs ou par une mauvaise gestion du désastre par les dirigeants qui favorise l'efficacité plutôt que le contexte. Les enjeux principaux, les populations sinistrées et particulièrement les plus démunis, ayant perdu leurs biens suite à la catastrophe, se retrouvent ainsi dans des abris temporaires qui ne correspondent en aucun point à leur mode de vie précédent. De plus, ces habitats construits avec des matériaux bons marché se détériorent rapidement et ne permettent pas aux habitants d'en tirer le moindre profit. Les enjeux de la catastrophe deviennent donc les enjeux d'une seconde catastrophe, celle de la reconstruction.

La reconstruction pérenne

Les personnes sinistrées, aussi considérées comme les enjeux, ne seront pas tous bénéficiaires de la reconstruction. Certaines ONG ont développé des critères qui permettent de définir les personnes ayant droit à un projet de relogement. Ces individus doivent être considérés comme les plus vulnérables (les personnes seules, âgées et les familles nombreuses), ils ne doivent pas avoir été bénéficiaires de l'aide internationale et doivent être propriétaires du terrain de construction¹⁰. Cependant, ces critères ne permettent pas toujours d'identifier toutes les personnes dans le besoin. Les personnes sans emploi et qui ont été logées dans des abris temporaires ne seraient donc pas considérées comme des enjeux de la reconstruction. En outre, ces critères ne considèrent pas l'aide pour des personnes "capables", qui pourraient, une fois relogées, investir et participer au bon développement de la communauté.

1.1.3 Vulnérabilité

La vulnérabilité détermine le degré d'affectation d'un enjeu par un aléa. Excepté si cet aléa est d'une violence absolue telle qu'une éruption volcanique, qui produirait des dommages irréversibles dans toutes situations, un aléa aura un impact différent sur un enjeu ou un système d'enjeux en fonction

de sa sensibilité à la destruction, à un certain moment et dans un certain lieu. Nous pouvons distinguer des facteurs de vulnérabilité avant et après la catastrophe. Ils peuvent être internes ou externes, et concerner les domaines sociaux, politiques ou encore économiques de l'enjeu.

Facteur de vulnérabilité pré-catastrophe

Les facteurs de vulnérabilité pré-catastrophe sont des caractères intrinsèques à une société. L'architecture du domaine bâti en est l'un des plus déterminants. Sa sensibilité à la destruction peut causer l'augmentation du nombre de pertes humaines et de biens matériels. À plusieurs échelles, il peut s'agir de bâtiments à la structure interne fragile, d'une urbanisation anarchique ou encore d'une implantation dans une zone à risque¹¹.

Ces facteurs sont d'autant plus dévastateurs qu'ils touchent le plus souvent des populations en précarité économique, aggravant d'autant plus leur degré de vulnérabilité. En effet, ces populations sont installées sur des terrains à faibles coûts, dans des zones dangereuses, et n'ont pas les moyens suffisants pour construire des logements résistants. Il faut considérer également le manque de prévention et d'information, qui peut mener à l'ignorance de ces risques, et à une mauvaise préparation aux aléas naturels.

Facteur de vulnérabilité post-catastrophe

Après la catastrophe, la vulnérabilité peut être aggravée par une dépendance complète aux aides humanitaires, à une incapacité ou à une réponse inappropriée du gouvernement, qui peut entraver le bon développement des populations sinistrées sur le plan social et économique. Cette vulnérabilité post-catastrophe est donc très souvent déterminée par les acteurs sociaux, politiques et économiques. Par exemple, les déchets et débris provenant des bâtiments endommagés peuvent, par absence de plan d'action, polluer l'environnement, et avoir un impact négatif sur la santé en contribuant à l'aug-

11. DIND, Jean-Philippe, 2006. *Reconstruction, réduction de la vulnérabilité et développement durable*. Mémoire de DESS, UNIL.

mentation de l'insalubrité publique.

Cette vulnérabilité peut aussi révéler un manque d'équité dans les actions post-catastrophe. En effet, les individus d'une société n'ont pas tous le même degré de vulnérabilité. Dans certains cas, leur état de santé et condition sociale ne leur permettent pas d'avoir un accès complet aux bénéfices de la reconstruction. Il s'opère alors une inégalité dans la redistribution des ressources qui touche directement l'intégration de l'individu, mais pèse également sur le bon développement de toute la société.

1.1.4 Résilience

La résilience est la capacité d'un enjeu à retrouver un état stable suite à une perturbation. Elle est donc directement liée aux enjeux. Il existe plusieurs modèles de processus expliquant les différentes étapes menant à la résilience, tel que le cycle adaptatif. Cette notion implique un facteur temps, mais également un facteur d'expérience et de connaissance.

Le terme de résilience est souvent opposé à celui de vulnérabilité. Cependant, un système peut être vulnérable à un aléa, mais faire preuve de résilience et inversement. En effet, certaines populations peuvent être des victimes récurrentes de catastrophes, tout en possédant un degré élevé de résilience intrinsèque qui leur permet de reconstruire de manière autonome leurs biens détruits. Cela demande néanmoins des conditions sociales, économiques et politiques adéquates. Des sociétés déjà fragilisées dans ces domaines peineront à se reconstruire après la catastrophe, car les faibles ressources seront utilisées pour les besoins de première nécessité.

La résilience est donc définie ici comme une composante de l'enjeu, au même titre que la vulnérabilité, mais sans relation directe avec celle-ci. Ainsi, l'augmentation de la résilience ne peut diminuer la vulnérabilité d'un système. C'est pourquoi elle ne peut être l'unique objectif à atteindre dans la

conception d'un projet d'architecture post-catastrophe. Elle doit être prise en compte au même titre que la vulnérabilité.

Pour faciliter la récupération et avoir un impact durable sur les enjeux, le projet post-catastrophe devrait alors proposer un processus global, composé d'un équilibre entre réduction de vulnérabilité et augmentation de la résilience. En fait, cet impact durable dans la reconstruction ne peut être atteint qu'en considérant l'état de la communauté avant l'événement, c'est-à-dire l'évaluation de son degré de vulnérabilité, mais également de sa faculté à se relever de la catastrophe, c'est-à-dire sa capacité de résilience.

1.1.5 Risques

Le risque est le dommage potentiel qu'un aléa peut avoir sur les enjeux. Cette notion est donc une combinaison de probabilités que l'aléa apparaisse à un moment donné, et l'addition des conséquences négatives qu'il pourrait provoquer sur les enjeux, comme des pertes ou des dommages sur des personnes, des biens et des systèmes. Nous pouvons donc reprendre la formule de départ et en proposer un exemple simple :

$$\begin{array}{c} \text{Débordement de rivière (aléa)} \\ \times \\ \text{[Activité humaine (enjeu) + Solidité des digues (vulnérabilité)]} \\ = \\ \text{Risques -> Inondation (catastrophe) ?} \end{array}$$

La perception de la catastrophe avant et après son apparition peut très clairement influencer le degré de vulnérabilité d'une personne, d'une communauté ou d'un système et donc en modifier la nature et la gestion du risque. La catastrophe étant un événement imprévisible et souvent brutal, l'acquisition des connaissances, qui permettront d'y apporter une réponse complète, ne peuvent de manière générale, s'opérer qu'avant le choc en étudiant les risques.

Actuellement, les types de données disponibles sur la catastrophe sont de l'ordre de la prévention en amont, et de l'information en aval. Toutes communications obtenues qui apparaissent durant ces deux temps distincts doivent être pris en considération par l'architecte. En effet, celui-ci doit être conscient que les sources d'information disponibles peuvent non seulement avoir un impact sur les enjeux, mais aussi sur tous les acteurs de la reconstruction, et donc sur leurs réponses à la catastrophe.

Prévenir

La prévention peut jouer un rôle essentiel en amont à condition qu'elle soit accessible à tous. Elle peut s'effectuer dans le domaine social, généralement opéré par les ONG, en informant suffisamment les habitants d'une zone dangereuse sur les risques de catastrophes, mais aussi sur la manière de réagir pour s'en protéger. Dans le domaine bâti, cela peut être l'élaboration de constructions préventives telles que des endiguements, des surélévations, des barrages ou la mise aux normes para-sinistre. Dans certains cas, le gouvernement met en place un plan de gestion de crise qui permettra notamment de gérer les finances et de coordonner les différents plans d'actions dans l'urgence et sur le plus long terme.

Toutes ces initiatives préventives permettent de diminuer l'impact de la catastrophe et donc de réduire expressément le degré de vulnérabilité des sociétés exposées. Des actions dans ce sens ont déjà été entreprises par Le Bureau des Nations Unies pour la réduction des risques de catastrophes à travers le Cadre de Sendai de 2015. Ce dernier vise à "renforcer la réduction des risques de catastrophe afin de réduire les pertes en vies humaines et d'atténuer les dégâts matériels qu'elles entraînent dans le monde"¹².

12. NATIONS UNIES, Assemblée générale, juin 2015. «Cadre de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe (2015-2030)» [en ligne]. Consulté le 18 octobre 2020.

1.1.6 Catastrophe

La catastrophe est le changement souvent imprévisible, brutal et grave d'un enjeu suite à l'apparition d'un aléa. On parle de catastrophe lorsque l'enjeu ne peut pas continuer à fonctionner avec ses seules ressources. Cependant, cette explication ne suffit pas à définir le degré auquel un événement est considéré comme une catastrophe. Il existerait donc un autre paramètre qui aurait un impact sur l'évaluation de l'importance de la catastrophe.

Informer

Au 21^e siècle, les informations post-catastrophe occupent une place plus importante que la prévention, et influencent donc inévitablement notre perception. Actuellement, le degré de gravité d'une catastrophe est évalué en fonction du nombre de morts et de blessés. Toujours suivant la base de données EM-DAT, pour qu'une catastrophe soit enregistrée comme telle, celle-ci doit avoir provoqué au moins 10 décès, touché au moins 100 personnes (blessés et/ou sans domicile) ou entraîné la déclaration d'un état d'urgence par le pays affecté¹³.

C'est donc très souvent de cette manière réductrice et décontextualisée que les médias présentent un "événement" comme une catastrophe. Bien que cette méthode renforce le manque de connaissances globales sur les différents temps de la catastrophe, c'est bien par l'utilisation de ces chiffres que certains acteurs tentent de légitimer leurs actions.

De même, l'importance des donations est aussi proportionnelle à la médiatisation de la catastrophe du 21^e siècle. Lors du tsunami de 2004 en Indonésie, le nombre démesuré de secouristes envoyés par des ONG étrangères a pesé sur les ressources locales déjà faibles et étouffé les actions réalisées à l'échelle locale, fruits d'initiatives indépendantes.

13. EM-DAT (The International Disaster Database), «Guidelines» [en ligne]. Consulté le 18 octobre 2020.

Ces seuls critères cités précédemment détermineraient donc, d'une certaine mesure, le droit d'être sauvé ou, en tout cas, d'être protégé pour une certaine durée.

En outre, la reproduction frénétique d'abris d'urgence a-t-elle vraiment la vocation de diminuer la vulnérabilité des sociétés les plus démunies sur le long terme ? Ne réduirait-elle pas l'action à des valeurs quantitatives plutôt que qualitatives ?

1.2 Les acteurs et leurs actions

Les acteurs sont les personnes ou les systèmes qui ont une action avant ou après la catastrophe. Par leurs actes, ils peuvent donc agir sur le niveau de résilience et sur le niveau de vulnérabilité. Ces acteurs peuvent faire partie des enjeux directs. Un bien détruit, telle qu'une habitation, peut être reconstruit directement par son propriétaire de manière individuelle. Mais cette opération peut aussi être le résultat d'un projet de reconstruction à plus grande échelle, menée par des acteurs indirects tels que les aides humanitaires, les ONG, des entreprises de construction ou le gouvernement.

1.2.1 Les populations sinistrées

Le niveau d'implication des populations dans le rétablissement de leur société dépend de plusieurs facteurs tels que la vulnérabilité dans les domaines sociaux, économiques (publics et privés) et politiques. La catastrophe cause ainsi davantage de dégâts pour les populations dans la précarité, détruisant leur peu de ressources disponibles. Les premières actions menées dans l'urgence se concentrent donc sur le rétablissement de ces ressources vitales (soins, nourriture, abris), ce qui a comme conséquence de retarder la reconstruction de l'environnement bâti et donc aussi tout le processus de résilience. Les personnes dans une situation financière déjà fragilisée, par un emploi instable et peu rémunéré, ne peuvent se risquer à consacrer du temps à la

reconstruction ou à la défense de leurs droits. Dans ces cas, la récupération autonome des habitants est impossible et dépend donc, souvent entièrement, des interventions extérieures et du degré d'implication du gouvernement et de l'aide humanitaire.

Certaines populations parviennent néanmoins à développer une dynamique commune impliquant directement tous les habitants de la société. Cela peut être une solidarité entre habitants, des comités ou des associations de quartiers, mais également un soutien des organisations civiles (églises, presse, associations). Ce sont des appuis indispensables au bon développement post-catastrophe des sociétés. S'ils sont bien dirigés et correctement financés, ils peuvent offrir des emplois en favorisant une main-d'œuvre locale et ainsi participer à l'augmentation de la résilience.

1.2.3 Les aides humanitaires et les architectes de l'urgence

Les aides humanitaires, les organisations non-gouvernementales (ONG), sont des institutions capables d'envoyer rapidement sur place des techniciens de l'urgence, préparés à intervenir dans différents contextes sinistrés. Leur rôle est d'opérer immédiatement après la catastrophe, dans un temps très court, pour apporter le secours nécessaire à rétablir les fonctions vitales d'une société (soins, nourriture, vêtements, abris). Ces interventions sont alors financées par un processus de dons, gérés directement par les organismes internationaux. Dans certains cas, les ONG peuvent endosser le rôle de maître d'ouvrage, de maître d'œuvre et de directeur de travaux. Ce rôle multiple peut alors entraîner un manque d'appropriation du projet par des autorités locales et des bénéficiaires, comme constaté lors de la reconstruction en Haïti suite au séisme de 2010¹⁴.

Les abris sont souvent élaborés au préalable par des architectes. Étant donné le temps réduit d'intervention, les différentes phases de projet, de l'étude préliminaire au chantier, ne peuvent être respectées. Les urgentistes ont

14. GROUPE URD, GARCIA, Carolyn, TRABAUD, Vincent, BOYER, Béatrice, janvier 2015. «Rapport de recherche : Cas des reconstructions post-séisme en milieu rural et péri-urbain en Haïti» [en ligne]. Consulté le 12 novembre 2020.

donc développé des techniques de constructions efficaces, souvent temporaires et préfabriquées. Ces constructions génériques peuvent être transportées par voie aérienne et montées rapidement dans presque n'importe quel endroit touché par une catastrophe. D'autres ONG spécialisées comme «les Architectes de l'urgence», peuvent proposer des interventions de reconstruction dans un développement à plus long terme.

1.2.2 Le système de gouvernance

Le gouvernement a un rôle décisif puisqu'il décide du type et du degré d'implication des différents intervenants et de leurs propositions sur le territoire sinistré. Cependant, à cause d'une administration souvent hiérarchisée, les gouvernements sont souvent trop éloignés des réels besoins de leur population. Ils peuvent être de plus corrompus. Pour faciliter la récupération des sociétés sinistrées, les systèmes politiques doivent promouvoir une coordination adéquate entre les différents acteurs de la catastrophe et prendre en compte leurs attentes et leur savoir. Leur rôle est donc de diriger de manière claire et transparente les différents plans d'action à différentes échelles (de l'individu à l'échelle nationale). Par exemple, pour que la gestion d'après-crise soit correctement réalisée, il est essentiel d'élaborer et de financer des projets de prévention en amont, afin que des actions soient menées aussi bien dans l'urgence que sur le plus long terme.

1.2.4 Le rôle de l'architecte

C'est dans un monde de "très grandes" catastrophes que l'architecte doit trouver sa place. Et ces premières définitions nous donnent quelques clés pour comprendre dans quels domaines, avec quels acteurs, et à quels moments de la catastrophe il pourrait intervenir de manière plus durable.

Qu'il soit "urgentiste" ou acteur de la reconstruction pérenne, le rôle de l'architecte est encore trop souvent assimilé à des dimensions techniques.

Pourtant, par sa culture pluridisciplinaire, il serait capable d'avoir un impact beaucoup plus général dans le traitement de la catastrophe, autant sur les points sociaux, culturels et économiques. Il pourrait ainsi participer à l'élaboration de l'ensemble d'une stratégie de programme, dès les premières actions entreprises dans l'urgence.

Les premières réponses à une catastrophe, pour sauver des vies et préserver les moyens de subsistance, ont un impact décisif sur le futur redressement. Si les solutions sont basées uniquement sur l'urgence, elles ne pourront offrir de réponses durables au développement post-catastrophe et pourront même entraver le bon déroulement de celui-ci.

Afin de proposer une meilleure cohérence entre les différentes phases post-catastrophe, l'architecte devrait avoir les clés d'une compréhension globale du contexte, et veiller à l'introduction de matériaux locaux et de bonne qualité, qui puissent être réemployés dans de futures constructions.

Une fois les fonctions vitales rétablies, l'architecte pourrait proposer un projet global et durable qui viserait à diminuer la vulnérabilité, mais aussi à augmenter la résilience des populations sinistrées. Cela signifierait le retour à un équilibre et à de meilleures conditions de vie, tout en prenant en compte les risques d'autres catastrophes.

Dans le but d'apporter une réponse adaptée à la situation et au développement futur, l'architecte devrait avoir la possibilité de considérer et d'arbitrer les actions de tous les acteurs du projet, comme les architectes locaux ou les spécialistes d'aide au développement, qui sont aussi de précieux collaborateurs.

Il apparaît donc essentiel de considérer le degré de vulnérabilité préexistant des populations, tel que leur exposition aux risques, et leurs réponses préventives (plan de gestion de crise, construction d'endigements, de barrières

15. UNISDR, 2015. *Cadre d'action de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe 2015 - 2030*. Genève. p. 13.

paravalanches, etc.). D'autre part, il devrait considérer tous les facteurs préexistants permettant d'augmenter la résilience ; ainsi par exemple la valorisation des ressources de matériaux locaux et la valorisation des méthodes de construction traditionnelles.

Dans ce cadre, l'architecte pourrait également être une nouvelle source d'information et de prévention. Il ne suffit pas de donner les outils pour être moins vulnérable à une attaque, il faut aussi montrer comment s'en servir. L'un des principes directeurs du Cadre de Sendai pour réduire le risque est également le partage des responsabilités entre "le gouvernement central et les autorités, secteurs et intervenants compétents au niveau national [...]". La réduction des risques de catastrophe suppose aussi de donner à tous, sans exclusivité et sans discrimination, les moyens et la possibilité de participer¹⁵.

C'est d'après moi effectivement de cette manière que l'architecte peut rassembler et rendre possible cette force collective, ce qui lui permettrait de valoriser les méthodes locales de reconstruction tout en leur associant les avantages des nouvelles technologies.

Deuxième partie : le projet de reconstruction

2.1 L'architecture, "disaster friendly"

L'impact d'une catastrophe est bien sûr très différent selon les enjeux et la vulnérabilité d'un lieu donné. En témoigne le contraste entre les bilans du séisme de Haïti (7,3 sur l'échelle de Richter) qui a engendré 225'000 décès, et celui survenu la même année au centre du Chili (8,8 sur l'échelle de Richter) qui a entraîné la mort de 525 personnes¹⁶. L'architecture et l'urbanisme sont des enjeux dont le degré de vulnérabilité peut avoir un impact direct sur le nombre de pertes, mais également indirect comme nous le verrons dans l'étude de cas à la fin de ce chapitre.

2.1.1 Impact direct

Suivant son niveau de résistance face à un aléa, l'environnement bâti peut grandement influencer le degré d'impact de la catastrophe. L'architecture est donc l'un des enjeux décisifs dans cet événement, et occupe une place prépondérante dans l'évaluation de la vulnérabilité de toute une société. Ainsi, la destruction du bâti, provoqué par la force de l'aléa et des faiblesses de conception, peut entraîner une augmentation considérable du nombre de pertes humaines et matérielles. Elle peut, de plus, causer la disparition brutale des moyens de subsistance et donc encore une fois augmenter le nombre de victimes.

Que ce soit à grande ou petite échelle, les populations les plus touchées sont inévitablement les plus pauvres, les plus vulnérables. Elles sont d'autant plus touchées que leurs habitations ne sont pas dimensionnées pour résister aux chocs ou se trouvent sur des zones à risque, et donc s'effondrent, entraînant toujours plus de pertes humaines et de biens.

16. GROUPE URD, GARCIA, Carolyn, TRABAUD, Vincent, BOYER, Béatrice, janvier 2015. «Rapport de recherche : Cas des reconstructions post-séisme en milieu rural et péri-urbain en Haïti» [en ligne]. Consulté le 12 novembre 2020.



Fissures en croix dans un mur de remplissage en maçonnerie © Marc Badoux

Ci-contre: effondrement du rez-de-chaussée d'un bâtiment © Marc Badoux

17. BADOUX, Marc, GÖKSU, Ersan, LESTUZZI, Pierino, STUDER, Jost, janvier 2000. «Le séisme de Kocaeli en Turquie - Mission de reconnaissance», dans IAS Bulletin technique de la Suisse romande, N°. 01/02.

Séisme de Kocaeli, Turquie, 1999

Lors du séisme de Kocaeli de 1999 en Turquie, survenu pendant la nuit, un grand nombre de victimes s'est retrouvé piégé dans des bâtiments pourtant récents, mais dont la plupart se sont effondrés. Les murs de remplissage en maçonnerie non-armée présentaient une rigidité plus importante que la structure en béton, ce qui a provoqué une concentration des efforts et d'importantes fissurations. Dans certains cas, leur effondrement a entraîné de grandes déformations structurelles menant pour la plupart à la ruine.

La vulnérabilité de ces immeubles n'était cependant pas entièrement dépendante de caractéristiques structurelles. D'autres facteurs tels que la typologie et la qualité des sols ont également participé à leur degré de fragilité face à l'aléa. La présence de galeries marchandes ouvertes, au rez-de-chaussée des bâtiments, a produit une discontinuité des murs et donc une concentration très forte des efforts horizontaux sur certains points. En outre, à cause de la proximité de la mer, les bâtiments ont été construits sur des sols alluvionnaires mous, favorisant les glissements de terrain et les effondrements¹⁷.



Les déchets

La quantité considérable de déchets engendrés par l'effondrement est une conséquence qui, si elle n'est pas gérée rapidement, peut aussi être un facteur d'augmentation de la vulnérabilité. Ces amas de déchets hétérogènes peuvent avoir un impact déterminant sur la santé, la salubrité publique et sur la pollution de l'environnement. On observe une multiplication des décharges à la périphérie des villes. En outre, ces débris peuvent également nuire à l'utilisation des voies de transports pourtant essentielles au bon déroulement des premières actions post-catastrophe.

2.1.2 Impact indirect

Depuis quelques années, le secteur du bâtiment a été reconnu comme une composante importante de la consommation énergétique mondiale, autant au niveau de la construction que dans l'utilisation même des bâtiments. Si c'est un facteur à prendre en compte dans la reconstruction post-catastrophe, notamment en terme de durabilité, il faut également être conscient de l'impact de l'architecture sur la vulnérabilité des sociétés sinistrées et donc sur leur développement à long terme.

Parfois, les abris d'urgence, construits initialement pour reloger les personnes de manière temporaire, sont devenus permanents. Les actions menées dans l'urgence accaparent en effet une part importante du budget post-catastrophe. Si les moyens financiers manquent et si la gestion des différents acteurs est mal entreprise par les autorités, la reconstruction prend alors beaucoup de temps. Les personnes sinistrées sont donc contraintes de vivre dans ces abris de fortune pendant plusieurs années avant de retrouver un logement adéquat. Cela peut avoir pour conséquence le basculement d'une population déjà vulnérable dans la pauvreté. Les camps, formés par ces habitations provisoires, sont en général établis à l'extérieur des villes pour des raisons sanitaires évidentes. Mais cette délocalisation empêche les

populations d'entrer dans une dynamique de résilience, en les éloignant de leur environnement, de leur attachement culturel, de leur travail et des activités publiques qui retrouvent petit à petit leurs fonctions d'origine.

En outre, ces refuges temporaires sont généralement à usage unique et peu résistants aux éventuelles catastrophes futures. Le réemploi ou le recyclage de leurs composants est généralement peu efficient. Ces abris préfabriqués amenés par voie aérienne ne sont pas des solutions durables d'un point de vue social, économique et écologique.

Le camp Corail -Cesselesse en Haïti

Trois mois après le séisme de janvier 2010, un campement de premier secours a été installé à 20 km de Port-au-Prince. Cette solution a permis de reloger 70'000 sans-abris dans l'urgence, mais elle n'a pas été pensée pour une utilisation sur le long terme. Pourtant, trois ans après la catastrophe le camp était toujours habité par manque de financement du gouvernement pour une meilleure alternative¹⁸. De nombreuses personnes se sont retrouvées dans des situations de vie précaires, sans accès aux ressources et isolés de la ville. Ce manque de planification de l'urbanisme et de l'architecture devient ainsi la cause d'une seconde catastrophe.

18. BORNES, Laetitia, 2014. *Vers une organisation mondiale pour la reconstruction post-catastrophe*. Mémoire de Master, EN-SAPVS.

Le camp provisoire Camp Corail, à 20 km au nord de Port-au-Prince, le 1er novembre 2010 © Eduardo Munoz / Reuters



2.2 Séisme de 2010 en Haïti

Les deux temps d'impact de l'architecture se sont particulièrement illustrés après le séisme de 2010 en Haïti. Comme évoqué au début de ce chapitre, la conception du domaine bâti est un facteur déterminant dans l'évaluation de l'impact de la catastrophe. Plusieurs exemples en Haïti seront utilisés pour expliquer d'une part, les causes de cette vulnérabilité constructive, et d'autre part, pour démontrer la possible deuxième catastrophe que peut engendrer une mauvaise gestion des projets de relogement.

2.2.1 Destruction

Le 12 janvier 2010, Haïti a été gravement touchée par un séisme provoquant d'importantes pertes humaines et des dégâts matériels colossaux. Un million de personnes se sont alors retrouvées sans abris. La pauvreté, qui touche la majorité de la population, est l'un des principaux facteurs de vulnérabilité et implique donc une forte exposition aux risques liés à une catastrophe. En Haïti, la conception de certains bâtiments s'est révélée particulièrement destructrice à la suite du tremblement de terre.

En raison d'une volonté de palier à l'insécurité, de se protéger des cyclones et d'aspirer à un confort moderne occidental, les logements traditionnels en bois ont été délaissés au profit de constructions en blocs de béton¹⁹. Si cette solution s'est révélée plutôt efficace face aux cyclones, qui touchent régulièrement de pays, elle a cependant rendu les habitations particulièrement vulnérables aux secousses sismiques. En absence de normes et de contrôles au niveau de la mise en œuvre, les matériaux employés étaient de mauvaise qualité, et les techniques de maçonnerie chaînée mal maîtrisées. De plus, par manque de moyens, le temps de construction a souvent été allongé de plusieurs années durant lesquelles les matériaux ont été soumis à des intempéries, détériorant encore davantage leur qualité et leur résistance.

19. GROUPE URD, GARCIA, Carolyn, TRABAUD, Vincent, BOYER, Béatrice, janvier 2015. «Rapport de recherche : Cas des reconstructions post-séisme en milieu rural et péri-urbain en Haïti» [en ligne]. Consulté le 12 novembre 2020.



T-Shelter dégradé à Bainet © B. Bourdon



Agrandissement en bois © A. Albert



Remplissage en maçonnerie © Ojucah Haïti



Enduit des façades © Ojucah Haïti

2.2.2 Construction et reconstruction

Dans les mois suivant le séisme, de nombreux abris transitoires appelés "T-Shelters" ont été construits par les aides humanitaires. Suite à d'importants fonds levés, mais également à l'absence de plan d'urbanisme et de gestion des questions foncières, des milliers d'abris ont été construits dans les campagnes. Si ces logements ont effectivement permis de répondre à des besoins urgents, leur durée de vie a été estimée à trois ans en moyenne. En Haïti, de nombreuses familles relogées dans ces abris se sont retrouvées dans l'impossibilité de financer une solution plus pérenne. Les "T-Shelters" sont donc devenus des habitats permanents avec un impact fort sur le paysage, alors qu'ils ne permettent pas d'offrir une solution durable et une qualité de vie suffisante.

Leur structure, constituée de matériaux légers, permet de limiter les risques pour les habitants en cas de séisme, mais augmente leur vulnérabilité face aux cyclones. Les matériaux de mauvaise qualité ont rapidement été détériorés et n'ont pas pu être réemployés ou même revendus par les habitants pour en assurer le moindre profit. En outre, la main-d'œuvre locale a dû se satisfaire que d'emploi à court terme. Ces logements ont été particulièrement critiqués sur ces points, et notamment sur le coût important engendré par leur importation. Tous ces facteurs ont ainsi limité la relance économique dans le domaine de la construction.

Certaines ONG ont donc proposé des projets de "pérennisation" de ces abris temporaires avec par exemple, le remplacement des matériaux légers par de la petite maçonnerie. Cependant, ces actions ont amené d'autres problèmes comme un surcoût unitaire de 15 % par rapport à la construction de nouveaux logements ou l'introduction d'une propriété foncière suite à la transformation en habitat permanent.

2.2.3 Premier bilan

Dès lors apparaît clairement l'impact dévastateur sur le long terme des décisions prises ou imposées dans l'urgence. Une mauvaise gestion des aides financières peut mener à une inégalité et à une déconnexion des actions. Les projets applicables dans l'urgence sont souvent favorisés, bien qu'ils soient développés à l'étranger sans réelle phase de diagnostic. Or, il est essentiel que toutes actions post-catastrophe soient impliquées dans un seul système flexible et durable, qui anticipe l'évolution des stratégies suivant les besoins de la population.

Dans la reconstruction post-catastrophe du 21^e siècle, les logements temporaires constituent très souvent un frein au bon développement du programme. Les enjeux de la construction de ces abris doivent donc être clairement définis, afin d'établir des objectifs clairs sur le court et le long terme. Ces logements devraient constituer un potentiel pour l'avenir des sinistrés. Les matériaux devraient être réutilisés pour la construction d'une maison permanente ou revendus. Une autre option serait d'utiliser à bon escient des matériaux locaux ou provenant de la destruction, afin de financer en premier lieu la reconstruction des bâtiments détruits.

2.3 La durabilité comme réponse à la catastrophe

La durabilité dans l'architecture implique comme premier précepte une notion d'efficacité énergétique, c'est dire la limitation de l'empreinte carbone autant dans la phase de construction que dans celle de l'utilisation. Cela se traduit notamment par un engouement pour l'élaboration de matériaux et de techniques de construction écologiques et par des innovations motivées par la volonté d'utiliser des énergies renouvelables (photovoltaïque, géothermie, etc.).

2.3.1 Notion de durabilité

La durabilité implique également la considération du cycle de vie complet du bâtiment. Ainsi, la destruction du bâtiment est de plus en plus prise en compte au début de la construction. On ne prévoit donc plus de construire des bâtiments éternels, mais d'inscrire l'architecture dans un cycle en prévoyant par exemple, le réemploi de ses composants²⁰. Cette pratique permet entre autres de ne plus percevoir la durabilité comme une succession de réponses indépendantes, mais de l'inscrire de manière plus globale, à plus large échelle, notamment en développant une économie circulaire.

Cependant, lorsque la destruction du bâtiment est provoquée de manière imprévisible et prématurée lors d'une catastrophe, cela interrompt le cycle de vie initialement prévu. Il apparaît donc indispensable de considérer le risque d'une destruction brutale, d'autant plus dans les pays touchés par la précarité.

Par ailleurs, plus récemment, la durabilité s'est traduite par la capacité de transformation, d'adaptabilité et de flexibilité d'un bâtiment. De nombreuses recherches ont été effectuées sur ce sujet, notamment dans le domaine académique, et particulièrement suite au premier confinement de mars 2020 engendré par la crise sanitaire de la Covid-19. En effet, l'intro-

20. HEGNER-VAN ROODEN, Clementine, GUTZWILLER, Isabel, 2019. «Halle 118 à Winterthour : faire avec l'existant», dans TRACÉS 2019 14-15, Filière réemploi.

duction du télétravail a produit un changement dans l'usage des logements qui n'étaient pas, pour la plupart, préparés à cette demande. Ce besoin de flexibilité doit impérativement être pris en compte pour faire face aux futurs aléas de nos sociétés.

2.3.2 Principe de durabilité appliqué à la reconstruction

Dans son projet de reconstruction post-catastrophe, l'architecte doit donc apporter une réponse "généraliste". Il lui faut viser les besoins présents des trois piliers que sont la société, l'environnement et l'économie, à travers le prisme du développement durable²¹. Et c'est bien dans ces domaines que l'architecte devra apporter une amélioration dans un projet post-catastrophe, afin d'augmenter la résilience et de diminuer la vulnérabilité des populations tout en prenant en compte les probables prochaines catastrophes. Il n'est donc pas seulement question de promouvoir le développement durable, mais de l'utiliser comme un outil contribuant à apporter cette réponse globale.

Les principes du durabilité peuvent en effet être appliqués dans un processus de reconstruction directement lié au contexte. Il est tout à fait possible de reconstruire durable. Et ceci même avec des matériaux de reconstruction limitant l'impact sur l'environnement, que ce soit dans le mode d'extraction, de transport ou de recyclage. Nous pouvons également construire de manière flexible, et permettre ainsi des changements d'usage liés aux différents temps de la catastrophe. Différentes techniques para-sinistres ont été développées et peuvent donc soutenir l'architecte dans la conception de logements mieux résistants aux aléas, afin de permettre aux habitants d'être moins vulnérables. Ces différents facteurs d'une construction durable sont aujourd'hui connus, l'architecte a donc toutes les cartes en main pour promouvoir une reconstruction cohérente.

21. DIND, Jean-Philippe, 2006. *Reconstruction, réduction de la vulnérabilité et développement durable*. Mémoire de DESS, UNIL.

À travers le prisme du développement durable, le pilier société ne devrait pas être négligé. Or, la durabilité telle que nous la connaissons ne prend pas encore suffisamment en compte un enjeu pourtant essentiel, celui de la capacité de résilience de l'individu et de la communauté. La résilience est considérée ici d'un point de vue psychologique, comme étant la capacité d'acceptation et de réaction face aux aléas. Dans le cas d'une catastrophe, cette résilience pourrait être augmentée par la participation des individus aux projets de reconstruction. Cette force collective ne doit pas être sous-estimée. Au contraire, en étant valorisée, elle pourrait devenir un véritable vecteur de durabilité. Cette participation serait bénéfique sur différents points¹.

- La participation des habitants permettrait de stimuler les solidarités locales, et d'aider les individus plongés dans un état post-traumatique en les reliant à leur communauté, une identité culturelle avec laquelle se projeter dans l'avenir. Elle favoriserait d'autant plus l'intégration de toute la population, en promouvant l'équité entre les différents groupes sociaux, dans leur accès aux ressources et aux bénéfices de la reconstruction. Il serait alors essentiel d'informer toute la population des actualités du projet.

- Cette participation redynamiserait l'économie locale grâce à la création d'emplois et l'utilisation d'une main-d'oeuvre locale pour différentes phases du projet, elle revaloriserait également les personnes qui ont perdu leur emploi dans la catastrophe. Cette participation pourrait prendre la forme de concertations, mais également d'une participation active au développement du projet, au tri des déchets et à la reconstruction physique.

- Enfin, elle valoriserait les intelligences locales, les méthodes de constructions locales et vernaculaires. Elle favoriserait une appropriation culturelle et une autonomie des habitants notamment par rapport aux décisions gouvernementales. Certains habitants acquerraient ainsi de nouvelles compétences professionnelles et seraient ainsi plus aptes à faire face à une autre catastrophe.

2.4 Les stratégies de reconstruction

A partir des constats établis dans les études de cas en Haïti, en Turquie et en Indonésie, ce chapitre propose de mettre en lumière les différents enjeux qui nécessitent d'être pris en compte dans le projet de reconstruction. Cette vision générale permet d'inclure simultanément les enjeux humains et matériels ainsi que les différentes stratégies qui guideront un futur projet post-catastrophe.

2.4.1 Où reconstruire ?

La qualité de l'environnement est l'un des critères primordial qui conditionne la qualité de l'habitat. La question du lieu de reconstruction est souvent la plus ardue puisqu'elle doit prendre en compte plusieurs facteurs qui déterminent s'il est préférable de reconstruire à l'identique directement in-situ, ou différemment dans un nouveau lieu. Le choix du site de reconstruction est déterminé par son prix, les avantages liés à sa localisation et la sécurité qu'il peut offrir²².

Il faut bien sûr d'abord prendre en compte le niveau de dommages sur l'environnement bâti. Si le bâtiment et sa structure présentent des dommages mineurs, alors il est envisageable de les réparer. Si l'environnement bâti est détruit ou présente des dégâts majeurs, il peut être reconstruit directement sur son emplacement d'origine ou sur un terrain proche. Si la reconstruction in-situ est impossible, si le site se trouve trop exposé à de nouveaux risques, ou que les débris provoquent une insalubrité sur le site, il faut reconstruire dans un autre périmètre plus sécurisé. Ce qui implique la délocalisation et le relogement des habitants souvent à l'extérieur des villes. Cette étape est particulièrement difficile si les individus refusent de quitter leurs biens et d'autant plus si les nouvelles habitations leur infligent une situation encore plus précaire que la précédente. L'acquisition d'un nouveau lieu demande également de nombreuses démarches administratives qui nécessitent du

22. MAYHEW, Laura, 2017. *Le relogement suite à une catastrophe naturelle : vers une reconstruction autonome du pays?*. Mémoire de Master, ENSAPVS.

temps. Dans une optique de durabilité, il est également impératif que le site de reconstruction permette l'accès aux emplois et aux activités publiques, par une proximité des transports publics par exemple.

Vient ensuite la question de l'échelle. La reconstruction ne demande pas la même gestion s'il s'agit d'un village ou d'une métropole. Les mesures administratives peuvent ainsi prendre d'avantage de temps dans une grande ville, notamment pour des questions de densité. Les dégâts sont, en effet, plus nombreux et les débris plus abondants. Les phases d'urgence sont plus longues, il faut évacuer, soigner et reloger un nombre important d'habitants. Les grandes destructions de villes, causées par des guerres ou des incendies, ont souvent été des vecteurs de grandes transformations au niveau de l'urbanisme, imposées par le gouvernement. L'étude est alors beaucoup plus longue et peut parfois même faire l'objet de concours. Cependant, dans ces cas de reconstruction à gros budget dirigée par de grandes puissances, la population subit le joug des instances dirigeantes.

2.4.2 Quoi reconstruire?

Avant de déterminer ce qu'il faut reconstruire, il est nécessaire de revenir rapidement sur le processus global de relogement suite à la catastrophe. Celui-ci s'effectue en trois étapes²⁰ : l'abri de secours, l'abri temporaire et la reconstruction. Afin de garantir un bon développement post-catastrophe, ces trois étapes doivent être développées conjointement, afin d'optimiser les ressources et de permettre aux sinistrés de retrouver au minimum leur qualité de vie précédente.

L'abri de secours

Les abris de secours peuvent s'établir dans des bâtiments publics ou à l'extérieur. Dans ce cas, les aides humanitaires envoient des abris standards, sous forme de tentes en kit, différents selon le climat et les besoins.

L'abri temporaire

Après quelques semaines, des abris temporaires, plus résistants sont construits pour être habités en attendant la reconstruction et le relogement définitif. Dans tous les cas, il faut que les habitants puissent retrouver non seulement un logement, mais également un accès aux activités publiques (écoles, commerces) et un emploi. Ces secteurs devront donc être réhabilités et retrouver rapidement leur fonction.

La construction permanente

L'environnement bâti existant peut être impacté de diverses manières et donc nécessiter différents types d'intervention. Il peut être entièrement détruit ou présenter des dommages structurels irréversibles qui en impliquent la démolition. Les impacts peuvent être mineurs ou ponctuels et nécessiter alors une réparation. Le bâtiment peut ne présenter aucun dommage. Dans ce cas, aucune intervention ne sera entreprise.

Suivant le type de dommages, il faut ensuite décider du type d'intervention à mener. Ainsi, suivant les besoins immédiats, un bâtiment sans dommage peut rapidement retrouver sa fonction initiale ou au contraire, être employé pour un autre usage comme accueillir des logements temporaires par exemple. En considérant les risques d'une nouvelle catastrophe, il faut alors tirer profit de la réparation d'un bâtiment pour le renforcer et appliquer les normes para-sinistres locales.



Abris de secours : tentes UNHCR pour les réfugiés somaliens à Dadaab, Kenya, 2011 © HCR/B.Bannon



Abris temporaire : Paper Log House en tubes de carton recyclables par Shigeru Ban, Kobe, Japon, 1995 © Takano Sakuma



Construction permanente du village Luman Casimir, Haïti, 2014 © Corentin Fohlen

2.4.3 Comment reconstruire?

L'introduction de technique para-sinistre doit permettre à la reconstruction d'être plus résistante à un certain type d'aléas et ainsi permettre de diminuer la vulnérabilité d'une population. C'est l'un des points essentiels vers lequel doit s'orienter le projet de logement permanent afin de réduire l'impact des prochaines catastrophes.

Les techniques para-sinistres

Dans le cas d'une inondation, les techniques d'ordinaire employées sont la surélévation par la construction sur pilotis ou d'un vide sanitaire, le renforcement des murs et des fondations, ou encore la construction d'un abri de refuge.

Dans les mois qui ont suivi le séisme de 2010 en Haïti, des ONG ont développé des projets de relogement à partir de techniques parasismiques pour palier à la vulnérabilité des bâtiments existants. Deux options de structures parasismiques ont alors été proposées aux bailleurs suivant le rapport de recherche du groupe URD produit en 2015²³ :

La première, dite structure "flexible", construite en bois et en métal, est ductile et donc capable de recevoir des déformations plastiques, donc irréversibles. La résistance de l'ensemble de la structure n'est donc pas atteinte de manière significative et ne provoque pas l'effondrement du bâtiment.

La seconde est appelée structure "rigide", telle que la maçonnerie chaînée de bloc qui permet à toute la structure porteuse d'accumuler l'énergie dynamique, provenant autant d'un séisme que d'un cyclone.

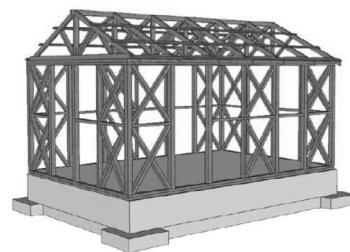
Les techniques locales

Les pratiques para-sinistres seules ne peuvent garantir une bonne qualité de vie et une appropriation du logement par les habitants. Lorsque la reconstruction se fait de manière autonome par la population, certaines méthodes locales efficaces sont alors développées. Pour que la reconstruction soit efficace, elle doit également prendre en compte ces intelligences locales, y déceler les bénéfices, et les conjuguer avec des techniques d'ingénieries actuelles. Dans ce sens, plusieurs programmes de relogement proposent dorénavant des formations à certaines pratiques de construction.¹ La reproductibilité des constructions est essentielle pour assurer la pérennité du programme de relogement.

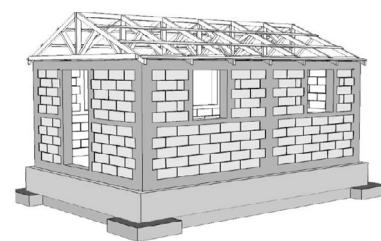
La flexibilité des typologies

Dans un premier temps, la construction de logements permanents doit garantir un certain niveau de sécurité et d'intimité. Le projet doit ensuite permettre de répondre aux besoins sociologiques des sinistrés. Cela demande donc des typologies de logement flexibles, qui puissent s'adapter à différents modes de vie. Dans certains cas, l'intérieur devra être découpé en plusieurs pièces ou nécessitera une galerie en façade comme pour les maisons haïtiennes. Un accès à l'eau et à l'assainissement ainsi qu'un espace pour la cuisine et le stockage sont indispensables²⁴. L'architecture de la reconstruction a comme objectif de faciliter le processus de résilience de la population sinistrée, en garantissant une certaine flexibilité qui puisse également répondre à de futurs besoins voire des changements d'usage.

Enfin, la relation entre le domaine public et privé doit aussi être étudiée. Cette relation est très souvent porteuse d'identité sociale propre à une culture. Un lien avec l'environnement proche doit donc être conservé, tout comme un accès aux services et aux transports.



Structure flexible en bois mise en oeuvre par Medair - Aide d'urgence et reconstruction (ONG) © Groupe URD



Structure rigide en maçonnerie chaînée © Groupe URD

24. GROUPE URD, GARCIA, Carolyn, TRABAUD, Vincent, BOYER, Béatrice, janvier 2015. «Rapport de recherche : Cas des reconstructions post-séisme en milieu rural et péri-urbain en Haïti» [en ligne]. Consulté le 12 novembre 2020.

2.4.4 Avec quoi reconstruire?

L'accès à des matériaux de bonne qualité est un objectif primordial pour garantir la durabilité des programmes de construction d'habitats. La définition claire d'un point de relais de matériaux provenant en priorité du marché local peut ainsi permettre aux habitants et aux dirigeants locaux d'assurer la maintenance et de faire évoluer les maisons.

Un matériau possède un taux de vulnérabilité différent suivant le type d'aléa auquel il est confronté. Les structures en bois possèdent une bonne résistance aux secousses sismiques de par leur comportement ductile. L'absorption du choc par sa déformation limite les risques d'effondrement, qui peuvent être plus importants avec l'utilisation du béton. L'utilisation du bois, un matériau renouvelable, doit donc être davantage considéré dans la reconstruction parasismique, d'autant plus s'il caractérise les constructions traditionnelles du lieu sinistré.

Troisième partie : vers une reconstruction par réemploi

3.1 Le réemploi pour la reconstruction post-catastrophe

Toute catastrophe génère une quantité importante de rejets, de déchets et de débris. Il faut donc très vite opérer au déblaiement pour libérer les voies de transport et rendre possible l'acheminement du matériel indispensable. Un retard à ce niveau peut très vite aggraver la situation d'insalubrité et rendre la population encore plus vulnérable.

Si le tri des déchets en lui-même va déjà permettre de retrouver certaines fonctions, l'utilisation de ces éléments provenant de la destruction devrait aussi être perçue comme une opportunité de réemploi.

3.1.1 Les objectifs du réemploi

En effet, dans une optique de développement durable, la réutilisation d'une partie de ces ruines peut être une voie à suivre. Le réemploi est une manière d'apporter des réponses à certaines problématiques soulevées précédemment. Promouvoir une architecture accessible aux habitants, dont les composantes ne leur sont pas inconnues, peut réduire une trop grande dépendance.

Société

La participation au tri et à la reconstruction augmente ainsi la résilience des populations sinistrées. Développer des emplois, et permettre de retrouver un travail perdu est essentiel. Si les techniques de réemploi sont transmises, un rétablissement à plus long terme avec des constructions plus résistantes est davantage envisageable. De plus, cela permet une valorisation des sinistrés, des ressources locales, mais aussi des ruines, celles-là même qui appar-

tiennent à l'identité culturelle. C'est une manière de préserver la mémoire collective à travers la sauvegarde des matériaux et la conservation d'une connexion avec la vie d'avant. Permettre la renaissance d'une dynamique locale, et même une participation dans le système de gouvernance, c'est également favoriser une prise de conscience des collectivités pour construire seulement en tenant compte des besoins réels.

Économie

La catastrophe a affaibli les ressources matérielles et financières, notamment les infrastructures de transport et donc d'approvisionnement. Pour les populations vulnérables, beaucoup de ressources passent dans l'aide d'urgence pour retrouver les fonctions vitales. Le fait de déblayer, de trier et de réutiliser permet de prendre en compte les limites des moyens financiers et de palier au manque en utilisant une partie des ressources présentes sur place. Cela donne la possibilité de construire avec les moyens locaux et donc de développer un système d'économie circulaire capable d'augmenter l'autonomie de ces sociétés. Entre diminution des coûts de transport, de location de terrains (pour le stockage) et d'achat de nouveaux matériaux, les économies réalisées peuvent être conséquentes.

Environnement

Le réemploi permet naturellement une meilleure prise en compte des enjeux environnementaux et une gestion plus écologique des déchets. En terme de développement durable, cela permet de réduire les déchets de démolition, l'énergie utilisée ainsi que les émissions de CO₂ dues à la reconstruction. Cela apporte donc aussi un élément de réponse à la crise environnementale actuelle et donc à l'augmentation des catastrophes naturelles. Réduire l'espace occupé par les décharges en dehors des villes est aussi très bénéfique. Dans certains cas, ce sont bien les victimes directes de la catastrophe qui interviennent de manière indépendante pour reconstruire les biens dé-

truits, avant ou même à la place des aides humanitaires et des actions du gouvernement. Ces collectivités locales développent des initiatives de projets à partir des ressources disponibles, souvent des matériaux provenant des ruines, en les récupérant, les réutilisant et en les valorisant. Il faut soutenir ces démarches puisqu'elles participent parfaitement à un plan de reconstruction durable. C'est pourquoi j'illustrerai mon propos de cas effectifs de reconstruction autonome et des cas où cela aurait pu être mis en place. L'idée est de partir d'observations à l'échelle d'un village pour parvenir ensuite à appliquer les principes à une plus grande échelle.

3.1.2 L'impact sur la vision du projet

Utiliser le réemploi dans un projet d'architecture peut en modifier toute la conception. Le développement du projet va ainsi s'opérer en fonction des matériaux disponibles, ce qui modifie radicalement le système de création habituel.

Dans un projet de reconstruction post-catastrophe, il faut considérer à la fois un réemploi en amont, c'est-à-dire avec l'utilisation des éléments provenant de la destruction, et un réemploi en aval, avec l'idée que le bâtiment subira d'autres catastrophes et sera potentiellement détruit et à nouveau réemployé²⁵.

Un réemploi en aval est beaucoup plus complexe à mettre en place si l'on considère la catastrophe comme marquant la fin de vie d'un bâtiment. En effet, on ne peut prévoir la force et l'impact de l'aléa et donc la capacité de réemploi des composantes du bâtiment. Néanmoins, comme nous le verrons dans des études de cas suivantes, quelques techniques de construction permettent déjà de favoriser le réemploi. La limitation des connexions entre les éléments ou encore l'usage de matériaux ne nécessitant pas d'importantes transformations dans l'optique d'un réemploi en font partie.

25. FIVET, Corentin, 2019. «Sortir de l'esthétique du bricolage», dans TRACÉS 2019 14-15, Filière réemploi.

3.1.3 Le plan de gestion des éléments provenant de la destruction

Suite à la catastrophe, il est essentiel de mettre en place un plan de gestion afin de trier, déblayer puis stocker les débris qui peuvent être recyclés et d'enterrer ou d'incinérer les autres. Les déchets et les débris sont, en effet, susceptibles d'avoir un impact sur l'environnement, la santé et la salubrité publique. Il faut donc agir rapidement. Actuellement, ce sont les ONG et les habitants qui travaillent à déblayer et à amener les déchets dans les décharges. Ce processus s'étale quelquefois sur plusieurs années par manque de cohésion et d'action efficace du gouvernement, ou même à cause de la force de la catastrophe. Ainsi, une inondation ou une coulée de boue peut entraîner la déportation de débris et d'éléments de construction sur plusieurs kilomètres.

En incluant un processus de réemploi dans le plan de gestion des débris, on limite notamment le phénomène de prolifération des décharges à la périphérie des villes. Les éléments ou matériaux peuvent être réemployés directement in-situ, ce qui réduit aussi les besoins de lieux de stockage et le transport inutile. Dans ce cas, cela demande de prévoir dans les plans de tris les nouveaux paramètres de réutilisation directe des éléments. C'est donc un véritable échange qu'il faut opérer entre l'architecte et les personnes chargées du déblaiement. Il faut anticiper ce qui va pouvoir être réutilisé dans un bâtiment donné, mais aussi prendre en compte le fait que certains déchets inutiles ici peuvent s'avérer utiles ailleurs. Il est nécessaire d'élaborer des plans de tris rigoureux pour pouvoir attribuer les différents éléments à tel ou tel projet (logements ou infrastructures publiques par exemple). L'évaluation de la qualité des matériaux apparaît alors comme une étape cruciale.

3.2 Définition du réemploi post-catastrophe

En 2017, selon le rapport sur la situation globale produit par l'UNEP en 2018²⁶, la construction et l'exploitation des bâtiments ont représenté 36 % de la consommation globale d'énergie dans le monde et ont produit 40 % des émissions en CO₂. Depuis le début du 21e siècle, le lien entre la production et la consommation d'énergie dans ce secteur est devenu l'une préoccupation principale pour bon nombre de scientifiques, d'ingénieurs et d'architectes. Dès lors, plusieurs études ont été entreprises pour tenter d'apporter des réponses durables par le biais de nouvelles techniques, et ainsi limiter cette participation à la catastrophe écologique annoncée.

Le processus de réemploi est de plus en plus étudié, notamment pour une application à grande échelle afin de favoriser également l'introduction d'une économie circulaire. Le réemploi aurait ainsi le potentiel d'avoir un impact global, autant sur le plan environnemental qu'économique. C'est pourquoi il est pertinent d'étudier son application dans la gestion post-catastrophe. En effet, en plus de fragiliser les caractéristiques sociales, économiques et l'organisationnelles d'une ville ou d'un pays, la catastrophe génère dans un temps très court une quantité importante de déchets, de débris et de rejets. D'après FEMA (Federal Emergency Management Agency, États-Unis), elle produirait entre 5 à 15 fois la production annuelle de déchets de la population sinistrée²⁷. À titre d'exemple, le tremblement de terre à Kobé en 1995 a produit 18 millions de tonnes de déchets dont 11 millions de tonnes de béton et 2,31 millions de tonnes de bois²⁸.

Il devient alors essentiel de tenter d'exploiter au maximum ces matériaux dans une logique de préservation de l'environnement, mais aussi de redressement économique des zones sinistrées.

Suivant le Code de l'environnement (Article L541-1-1) , le réemploi constitue "toute opération par laquelle des substances, matières ou produits qui

26. United Nations Environment Programme, 2018. «2018 Global Status Report. Towards a zero emission, efficient and resilient buildings and construction sector» [en ligne]. Consulté le 12 novembre 2020.

27. Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME), 2013. *Intégration des déchets en situations exceptionnelles dans les Plans de prévention et de gestion des déchets non dangereux et dangereux*. Angers: ADEME Éditions.

28. Association Robin des Bois, 2011. «L'After choc» [en ligne]. Consulté le 9 novembre 2020.

29. Agence de la transition écologique (ADEME), 2020. «Le réemploi et la réutilisation» [en ligne]. Consulté le 23 octobre 2020.

30. ATLANTIS PRESS, SUNOKO, Kahar, SUMADYO, Amin, YULIARSO, Hari, 2019. «Spontaneous Innovation in the Reuse of Post-Earthquake's Buildings Ruins as Sustainable Building's Construction Models» [en ligne]. Consulté le 28 novembre 2020.

ne sont pas des déchets sont utilisés de nouveau pour un usage identique à celui pour lequel ils avaient été conçus"²⁹. Cette définition suggère donc une conservation de la forme et de la fonction et se distingue de la réutilisation qui constitue "toute opération par laquelle des substances, matières ou produits qui sont devenus des déchets sont utilisés de nouveau".

Dans cet énoncé, le réemploi post-catastrophe diffère donc quelque peu de cette définition. Suite à la catastrophe, certains produits tels que des éléments de construction peuvent avoir subi des dommages qui empêchent leur réemploi direct. Cependant, si sa majeure partie n'a pas perdu ses propriétés et reste opérationnelle, le produit peut être adapté sur place et réemployé pour sa fonction initiale ou pour une autre fonction. Le réemploi post-catastrophe englobe donc la notion de réutilisation, mais se différencie du recyclage, où la matière déchet est transformée pour retrouver un état de matière première.

Le réemploi dans la reconstruction post-catastrophe se présente sous trois formes, suivant la définition donnée par une étude à l'Université de Surakarta sur des modèles innovants de reconstruction en Indonésie³⁰ :

• **Forme 1**

Utilisation d'un matériau différent, provenant d'un bâtiment différent, pour une même fonction (une colonne en béton remplace une colonne en bois).

• **Forme 2**

Utilisation d'un même matériau, provenant d'un même bâtiment, pour une fonction différente (des rejets de bois assemblés pour former une poutre).

• **Forme 3**

Utilisation d'un même matériau, provenant d'un même bâtiment, pour une même fonction (une poutre en bois réemployée en poutre).

3.3 Le tri des déchets, des débris et des rejets

L'évacuation et le tri des déchets est donc une étape essentielle, qui, correctement planifiée, peut apporter une réponse immédiate (déblaiement des voies) et durable (réemploi des matériaux). Cette action permet notamment de "stimuler l'économie locale et d'engager un redémarrage économique"³¹.

Il apparaît donc indispensable d'anticiper les différentes réutilisations possibles en fonction des dommages constatés. Un aléa peut en effet avoir eu un impact majeur sur la solidité et les propriétés d'un matériau. Par exemple, le bois en contact avec l'eau perd de sa résistance et le béton peut se fissurer voire se fracturer à la suite de trop grandes vibrations du sol. Il est alors impossible de le réemployer sous sa forme initiale et pour sa fonction initiale. Cependant, il peut aussi être recyclé s'il n'a pas été pollué. Si l'élément de construction est intact, tel que des briques ou du bois, alors il est possible de le réemployer pour construire, réparer ou renforcer.

En considérant le réemploi envisageable des éléments tel qu'énoncé précédemment, je propose de distinguer trois groupes d'éléments de construction. L'appartenance d'un élément à un groupe en fonction de son endommagement détermine ensuite la manière dont il est utilisé pour la reconstruction. Je m'intéresse ici uniquement aux éléments matériels du bâti (et non aux produits ménagers ou biologiques par exemple).

• Les déchets

Ce sont des matières ou produits qui ont perdu leurs propriétés et leur forme suite à l'impact de l'aléa (eau, vent, boue, feu etc.), à la destruction de l'environnement bâti ou à la pollution. Ils se trouvent alors sous une forme inutilisable et doivent donc être recyclés ou faire l'objet d'un autre traitement spécifique pour être utilisés à nouveau. Si les dommages sont trop importants, ils seront incinérés et ensevelis.

31. DURAND, Mathieu, POPESCU, Roxana, D'ERCOLE, Robert, mai 2015. «Les déchets post-catastrophe à Haïti : les jeux d'acteurs d'une gestion informelle», dans VertigO, volume 15, N°1.

• Les débris

Les matières ou produits qui ont perdu leur forme initiale et qui se trouvent sous forme de fragments tels que des gravats.

• Les rejets

Les matières ou produits désolidarisés, mais dont la forme est entièrement ou partiellement conservée comme des colonnes en béton, des poutres en bois, des tuiles ou des briques.

Suivant le type de catastrophe, la proportion de déchets, de débris et de rejets ne sera pas la même et le plan de gestion devra donc être adapté. Une inondation par exemple, peut avoir d'avantage d'impact sur l'état des matériaux qu'un séisme. Dans le cas d'un séisme, les éléments provenant de la destruction d'un bâtiment restent localisés sur leur zone d'origine. L'inondation ou le cyclone peuvent au contraire déporter ces éléments et provoquer des amas de matières hétérogènes et de surcroît humidifiées et salies de boue. L'opération de tri en sera d'autant plus périlleuse puisque ces déchets pollués présentent un risque de putréfaction menaçant la santé publique et la nature du sol³². Il faut donc agir rapidement. Dans ces cas de catastrophe, la proportion de rejets qui pourrait être réemployés directement in-situ est réduite. Le réemploi dans le cas d'inondation est alors plus complexe et demande donc plus de temps. Les matériaux et les sols sont fragilisés par le contact avec l'eau et la boue. Le réemploi est donc une solution plus efficace et plus appropriée en cas de séisme. C'est pourquoi ce type d'événement sera traité en priorité dans ce chapitre.

32. Association Robin des Bois, 2019. «Déchets post-catastrophe: les inondations d'août 2018 au Kerala (Inde)» [en ligne]. Consulté le 9 novembre 2020.

3.4 Stratégie de reconstruction post-catastrophe par réemploi

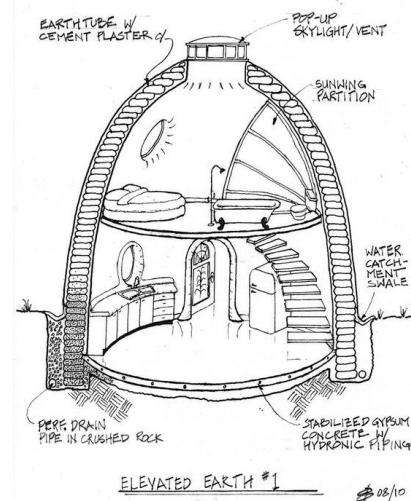
Le projet d'architecture post-catastrophe doit être conçu en lien direct avec les ressources disponibles. Mais s'il veut aussi inclure la notion de durabilité, il dépend également du contexte géographique et culturel, des méthodes de construction locales, du type de bâtiment construit et des techniques para-sinitres à employer. Les éléments de réemploi peuvent être utilisés directement pour la reconstruction du même bâtiment détruit, pour la consolidation d'un autre bâtiment, ou encore pour la construction d'un nouveau bâtiment. Nous verrons plus loin quelques possibilités de réemploi dans des constructions qui diminuent la vulnérabilité et augmentent la résilience. Il apparaît nécessaire de moins mixer les composants pour que le tri soit facilité lors d'une éventuelle future catastrophe. Tout projet de reconstruction par réemploi doit avoir pour objectif la réduction du nombre de pertes humaines, matérielles et économiques dans le cas d'une autre future catastrophe.

3.4.1 Réemploi des débris

Les éléments de construction en béton et en brique présentent un niveau de dommage élevé en cas d'effondrement de la structure. Ils se retrouvent alors sous la forme de gravats et ne peuvent être recomposés. Mais ces débris peuvent être réemployés comme éléments de remplissage ou recyclés en poudre et utilisés comme agrégats.

Super Adobe

L'architecte Nader Khalili propose une nouvelle technique nommée "Super Adobe" qui permet de réaliser des abris dans une situation d'urgence à partir de sac de sable. Les sacs de polypropylène sont remplis par de la terre humidifiée et extraite directement du lieu de construction. Ils sont en-



Coupe d'un Eco-Dôme © Taflin Laylin



Construction d'un Eco-Dôme
© Taflin Laylin

33. BORNES, Laetitia, 2014. *Vers une organisation mondiale pour la reconstruction post-catastrophe*. Mémoire de Master, ENSAPVS.



Blocs de construction produits à partir de débris © The Mobile Factory

34. United Nations Development Programme (UNDP), octobre 2011. «Haitians clear half of quake rubble» [en ligne]. Consulté le 28 décembre 2020.

35. DURAND, Mathieu, POPESCU, Roxana, D'ERCOLE, Robert, mai 2015. «Les déchets post-catastrophe à Haïti : les jeux d'acteurs d'une gestion informelle», dans VertigO, volume 15, N°1.

suite empilés de manière à former un dôme et maintenus par des fils de fer barbelés. Le séchage de la terre permet de rigidifier l'ensemble. Ce procédé de construction en dôme s'avère particulièrement économique et permet, en outre, de limiter les échanges thermiques et d'offrir une très bonne résistance à divers aléas. Nous pouvons cependant contester sa forme très affirmée pouvant nuire à l'affirmation d'une architecture locale³³.

The Mobile Factory

Le projet "The Mobile Factory" concerne la création d'une petite usine, sous la forme d'un container pouvant être transporté sur les zones sinistrées. L'usine permet, à partir des gravats des ruines de concevoir des briques qui peuvent être assemblées facilement pour construire rapidement des maisons directement sur le site détruit. Encore une fois, cette technique, bien qu'innovante, ne permet pas de prendre en compte les dimensions culturelles du lieu.

Les deux modèles de construction présentés ci-dessus ne doivent cependant pas être écartés. Ils présentent en effet de nombreux avantages et pourraient tout à fait être adaptés à certains lieux de reconstruction suivant le lieu de construction.

Déblaiement et reconstruction en Haïti

Suite au séisme de janvier 2010, l'effondrement d'environ 80'000 bâtiments de Port-au-Prince et des environs a produit 10 millions de mètres cube de décombres, soit l'équivalent de 4'000 piscines olympiques de béton, d'acier et d'autre débris³⁴. Suite à l'ampleur des dégâts et à une faible action des acteurs publics, la gestion des débris s'est opérée sur différents fronts. Selon une analyse sur la diversité des acteurs dans la gestion des déchets post-catastrophe en Haïti³⁵, plus de la moitié des déchets a été collectée de manière informelle par la société civile, comme les propriétaires de bâtiments endommagés. Les

acteurs internationaux ont quant à eux oeuvré à l'évacuation de 30 % des débris. L'UNDP (le Programme de Nations unies pour le développement) en collaboration avec le gouvernement haïtien, a mis en place une opération de déblaiement au niveau national. Leurs actions coordonnées ont permis, d'une part, la réhabilitation de certains quartiers et, d'autre part, d'établir des normes de tri, afin de préparer le gouvernement et la population à une gestion efficace des déchets en cas de nouvelles catastrophes.

Ces actions ont également permis à l'ONG Entrepreneurs du Monde de développer, avec le BIT (Bureau International du Travail) un programme de recyclage et de réemploi des matériaux pour la reconstruction de logements ou de l'infrastructure publique. Ce programme a été mis en place dans le quartier de Carrefour Feuilles, une zone recouverte par 300'000 m³ de débris.

"L'objectif du programme est de développer une filière de matériaux de construction à forte valeur ajoutée qui favorisera la création d'emplois tout en contribuant à la réutilisation des gravats qui occupent l'espace public et freinent la reconstruction. Par la suite, les entrepreneurs continueront leur activité en utilisant les matières premières classiques dans ce secteur."³⁶

A l'aide du laboratoire de recherche CRAterre (ENSAG) et des partenaires haïtiens de la PADED (Plateforme d'Agroécologie et Développement Durable), des modèles de construction paracyclonique et parasismique ont été développés à partir des savoirs traditionnels identifiés et des connaissances scientifiques. Dans ces modèles, la structure est constituée d'une ossature en bois, contreventée par une croix de Saint-André et dont le remplissage est en maçonnerie de pierre³⁷. La typologie de logements et les techniques de construction ont été élaborées dans le respect des traditions architecturales du pays. Les gravats recyclés sont utilisés pour le remblayage et les finitions à l'extérieur de la maison comme les tuiles, les pavés, les bordures³⁸ et peuvent également être utilisés pour la création de mobilier.

36. Entrepreneurs du monde, 2011. «Recyclages des débris» [en ligne]. Consulté le 28 décembre 2020.

37. Field Actions Science Reports, CAIMI, Annalisa, VIEUX-CHAMPAGNE, Florent, GARNIER, Philippe, GUILLAUD, Hubert, MOLES, Olivier, DAUDEVILLE, Laurent, SIEFFERT, Yannick, GRANGE, Stéphane, 2014. «Savoirs traditionnels et connaissances scientifiques pour une réduction de la vulnérabilité de l'habitat rural face aux aléas naturels en Haïti» [en ligne]. Consulté le 28 décembre 2020.

38. United Nations Development Programme (UNDP), janvier 2012. «Haitians recycle rubble into new communities» [en ligne]. Consulté le 28 décembre 2020.

Réutilisation des débris recyclés dans la construction de logements parasinistres
© UNDP Haiti



Modèle de construction intégrant des produits issus sur recyclage des débris et inspiré de typologie locale
© Haïti Entrepreneurs du Monde



3.4.2 Réemploi des rejets

Le bois

Le bois possède une meilleure résistance au séisme de par sa ductilité qui lui permet de se déformer sans se rompre. L'impact de l'effondrement peut le désolidariser des autres éléments de construction, mais sa forme d'origine peut rester plus ou moins intact. Il peut donc être réemployé soit dans une forme proche de celle d'origine, soit dans un autre usage, par exemple comme élément de clôture ou de coffrage. Les panneaux de portes et les cadres de fenêtres sont souvent réemployés tels quels. L'assemblage du bois ne nécessite pas de matériaux ou d'outils spéciaux. Le bois peut être découpé sur place à la scie et assemblé par clouage.

Cependant, les dommages causés par le feu et l'eau sur le bois sont beaucoup plus importants. Cela va de l'atteinte aux propriétés techniques jusqu'à la totale destruction.

Le béton et la brique

Le béton et la brique possèdent une très bonne résistance aux incendies, mais sont beaucoup moins ductiles que le bois. La vulnérabilité des éléments conçus avec ces matériaux est donc plus élevée en cas de choc. Cela peut même provoquer leur complète destruction.

Le métal

Cette matière peut assez facilement trouver un réemploi. Ainsi, par exemple, certains débris de métal peuvent être rassemblés et utilisés comme éléments de renforcement ou comme armature dans des colonnes en béton. Le zinc peut être utilisé pour la toiture.



Ci-contre: déchets produits à la suite de la Tempête Xynthia à Bourcefranc-le-Chapus, France, 2010 © SIPA NOSSANT

3.5 Séisme de Java, Indonésie, 2006

L'Indonésie est un pays fréquemment touché par les séismes, causés par le mouvement de subduction de la plaque océanique le long de l'île de Sumatra. Le 27 mai 2006, un séisme de magnitude 5,9 à 6,3 sur l'échelle de Richter a frappé violemment la région de Yogyakarta, au centre de l'île de Java, endommageant gravement 140'000 habitations et causant la mort de 5'700 personnes.

3.5.1 Réemploi et techniques locales à Bantul

Après ce séisme, certaines populations du territoire de Yogyakarta ont alors reconstruit de manière autonome leurs habitations, avant l'intervention du gouvernement ou des ONG. Des techniques de tri et de réemploi ont alors été développées à partir des rejets produits par la destruction de l'environnement bâti. Ce modèle est particulièrement pertinent puisqu'il met en exergue les principes de durabilité à travers le réemploi et le développement des techniques de construction locales. La simplicité d'exécution de ce modèle de logement tout respectant la culture architecturale du lieu (forme, typologie, usage et habitude vie) a permis d'augmenter la résilience des populations qui y résident encore actuellement, mais également de les rendre moins vulnérables grâce à une architecture plus solide et résistante aux aléas.

Les méthodes de réemploi

La reconstruction de l'habitat a donc été déterminée par la disponibilité des matériaux et leur état. Dans la ville de Bantul, le réemploi des matériaux après le séisme s'est élevé à 86 %. Une étude menée à l'Université de Surakarta en Indonésie³⁹ a montré que le modèle développé par les habitants s'appuyait sur les trois formes de réemploi, exposées précédemment et qu'il convient maintenant de développer d'avantage.

39. ATLANTIS PRESS, SUNOKO, Kahar, SUMADYO, Amin, YULIARSO, Hari, 2019. «Spontaneous Innovation in the Reuse of Post-Earthquake's Buildings Ruins as Sustainable Building's Construction Models» [en ligne]. Consulté le 28 novembre 2020.



Plan de Ngibikan avant le séisme (2006)

© Eko Prawoto



Plan de Ngibikan avant le séisme (2009)

© Eko Prawoto

Comme déjà dit donc dans la première forme de réemploi, une colonne en béton provenant d'un autre type de construction, peut être réemployée à la place d'une colonne en bois, utilisée généralement dans la structure des habitations locales. Cependant, dans le cas étudié, certaines constructions en béton, comme les enclos pour animaux, ne s'étaient pas effondrées pendant le tremblement de terre. Certains éléments ont donc pu facilement être réemployés. L'élément réemployé a néanmoins défini une nouvelle hauteur de référence à partir de laquelle il a fallu redimensionner toute la structure de la nouvelle construction.

La deuxième forme de réemploi suggère l'adaptation d'un élément pour une nouvelle fonction tout en conservant le matériau d'origine. Ainsi, une poutre peut être constituée par une combinaison de plusieurs éléments de bois non endommagés, qui peuvent être adaptés pour être assemblés puis maintenus ensemble par des boulons. Cette technique a permis à Bantul de former à partir d'éléments de plus petites dimensions, des éléments de structure plus longs ou plus larges. L'assemblage des éléments s'est opéré ensuite suivant les techniques locales indonésiennes.

Enfin, la troisième forme est le réemploi d'un élément pour sa fonction d'origine. Cependant, suite au séisme et à la destruction du bâtiment, certains dommages étaient trop importants. Il en a résulté la nécessité d'éliminer la partie détruite. Ce qui a entraîné à nouveau des modifications de taille et donc de nouvelles dimensions. Une colonne a pu ainsi être réemployée pour un même usage, mais avec une taille réduite. Ce qui a bien sûr eu des conséquences sur la hauteur de l'étage ou de la toiture.

La réduction de la taille des matériaux de construction a pu également entraîner un changement dans la typologie de l'habitation. En Indonésie, les maisons traditionnelles se composent d'un corps principal surmonté d'une toiture à deux pans à forte inclinaison pour faciliter l'écoulement des eaux en cas de pluies importantes. De part et d'autre peuvent s'ajouter des parties



Modèle de maison pour le village de Ngibikan © Eko Prawoto



Construction de la structure en bois, 2010
© Aga Khan Award for Architecture

40. FIVET, Corentin, 2019. «Sortir de l'esthétique du bricolage», dans TRACÉS 2019 14-15, Filière réemploi.

secondaires dont la toiture à un pan vient en extension de la toiture principale. Suivant l'étude menée à l'université de Surakarta¹, l'utilisation d'environ 86 % d'éléments de réemploi a permis de reconstruire des habitations dont la taille correspondait à un tiers de celle d'origine. Les 14 % restant correspondent à de nouveaux éléments de construction, fournis par des aides extérieures ou par des exploitations forestières.

Dès à présent, face à ces premières démonstrations d'un réemploi possible, conçu avec intelligence, on ne peut nier la possibilité d'allier l'urgence et la durabilité, le tout dans un contexte de redressement économique local et de respect de l'environnement. On est ici au-delà d'un réemploi individuel et décontextualisé. C'est un véritable processus qui s'est établi à Bantul, du tri des déchets, à la construction jusqu'à leur utilisation encore d'actualité. L'architecture présentée ici utilise le réemploi par nécessité, et non pour en prouver les capacités et l'importance à travers une image esthétique du bricolage⁴⁰. Si ces constructions restent modestes et ne peuvent être appliquées partout, c'est ici le processus qui importe et qui doit être pris comme exemple dans l'évolution du métier de l'architecte et dans un développement du réemploi à grande échelle.

Moins vulnérables

Les modifications imposées par le réemploi d'éléments endommagés n'affectent en rien la résistance des nouvelles habitations aux futurs aléas. Dans le cas d'un nouveau séisme, de plus petites dimensions rendent même l'habitation plus compacte et permettent de diminuer l'intensité des secousses dans la structure. De plus, les connexions entre les éléments sont réduites au maximum, ce qui permet de limiter l'effet de cisaillement sur ces zones sensibles.

Plus résilients

Ces constructions ont une structure simple composée d'un système de poteau-poutre assemblés par boulonnage. Les matériaux et structure ne sont pas composés, il n'y a pas de colle ou de mélange. Cet aspect est encore un avantage dans le cas d'un nouvel effondrement. Les éléments de construction sont aussi plus facilement identifiables lors d'une nouvelle période de tri et réutilisables directement sur place sans avoir besoin d'être recyclés et séparés.

En outre, la simplicité d'exécution a également permis aux populations de reconstruire eux-mêmes et donc d'acquérir plus facilement une forme de résilience non assistée.

Ces communautés possèdent une culture et des mœurs basées sur l'acceptation des réalités et de ses contingences par des habitudes de vie simple. Cette vision est l'un des facteurs décisifs qui les a encouragés dans ce processus de résilience non-assistée. Ce modèle n'est donc pas seulement un exemple pour les architectes, mais peut être aussi un élément de réflexion sur notre propre manière de réagir aux catastrophes et aux différentes crises du 21e siècle.

3.5.2 La reconstruction du village de Ngibikan

Cependant, sur un même territoire et à la suite de la même catastrophe, certaines victimes se retrouvent dans l'incapacité de reconstruire par eux-mêmes. Le manque de connaissances ou les actions imposées par le gouvernement ou les ONG les rendent impuissants. C'est alors aux administrations locales et à l'architecte d'intervenir pour engager les populations dans une réponse pertinente et adéquate.



Nouvel habitat inspiré des maisons limasan traditionnelles, 2010 © Aga Khan Award for Architecture

41. SHIM, Brigitte, 2010. «Reconstruction of Ngibikan Village, Yogyakarta, Indonesia». On Site Review Report for the Aga Khan Award for Architecture [en ligne]. Consulté le 18 octobre 2020.

Reprenons le cas du séisme de Java en 2006, le village de Ngibikan, situé à 10 kilomètres de l'épicentre, a été entièrement détruit. Les survivants ont établi un campement provisoire proche des rizières dans des abris constitués de bambous et de bâches en plastique. Une aide de première nécessité leur a été apportée.

Le premier projet de reconstruction a été proposé par des ONG. Il consistait à la construction d'abris temporaires de petites tailles (environ 15 m²) pour 200 Euros⁴¹. Les habitants ont alors préféré participer eux-mêmes à la reconstruction. En effet, une première étude après le tremblement de terre avait démontré que les constructions traditionnelles en bois étaient moins vulnérables que les constructions en béton armé, car d'avantage élastiques, plus légères et surtout mieux maîtrisées.

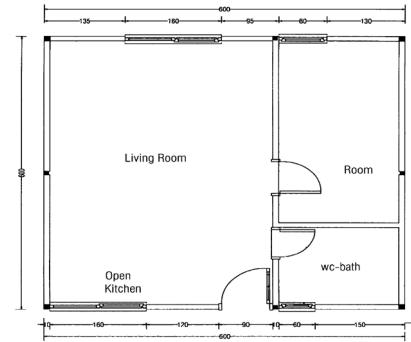
C'est donc avec le soutien financier d'un journal local et l'aide de l'architecte local Eko Prawoto que les habitants ont pu contribuer activement à la reconstruction de 65 maisons en moins de 90 jours. Ces habitations ont été conçues dans le respect de l'architecture vernaculaire (maison limasan) et des ressources locales. Les structures des maisons sont en bois, et les éléments de remplissage proviennent de la récupération des matériaux ou du réemploi de certains éléments encore utilisables de maisons en ruine. L'application de nouvelles techniques novatrices a permis de conserver et de renforcer la résistance des structures légères en bois aux séismes et de répondre ainsi aux normes parasismiques tout en conservant la culture architecturale traditionnelle.

3.6 Réemploi des abris temporaires

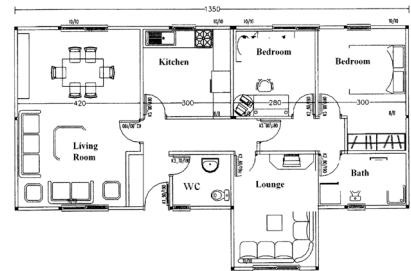
Il n'en reste pas moins que suite à la destruction des habitations, il est indispensable de fournir rapidement un logement temporaire dans un environnement sain et sécurisé. Cette phase de secours est également nécessaire pour le bon déroulement de la reconstruction. Une fois le patrimoine bâti reconstruit, les populations peuvent rejoindre les logements permanents dans leur ville ou village d'origine. Mais qu'advient-il alors de ces abris temporaires ?

En Turquie, une étude a posteriori a démontré que le coût des abris temporaires se montait à 15 % des dépenses engendrées à la suite du tremblement de terre de 1999 à Izmit en Turquie⁴². Dans un processus de reconstruction durable, il est donc essentiel d'une part de concevoir ces abris pour leur usage à court terme, c'est à dire en limitant leur coût et leur consommation d'énergie. Et d'autre part, en les rentabilisant par un processus de réemploi de composants, ou de transformation en logements permanents ou pour toute autre fonction.

Suite au séisme en Turquie, 300'000 habitations ont été détruites et 600'000 personnes se sont retrouvées sans abri. Dans un premier temps, des camps ont été déployés à l'extérieur avec l'usage de tentes, et à l'intérieur de bâtiments publics. Une année après, 63'000 unités de logement temporaires ont été construites sur différents sites. L'un des projets, le "Beci Temporary Earthquake Housing" à Duzce a fait l'objet d'une étude par l'architecte Hakan Arslan sur sa potentielle transformation en maison permanente. Une partie des éléments utilisés pour cette transformation provenait d'autres abris temporaires proches qui ont été démontés par des étudiants bénévoles. Cette étape s'est donc montrée particulièrement efficace et économique mais également intéressante en terme de consommation d'énergie puisque les éléments de construction n'étaient pas préfabriqués, ce qui a facilité leur séparation et évité une transformation trop importante.



Plan d'une unité temporaire pour une famille
2005 © Hakan Arslan



Nouveau logement pour une famille formé
par deux unités, 2005 © Hakan Arslan

42. ARSLAN, Hakan, 2007. «Re-design, re-use and recycle of temporary houses», dans Building and Environment Volume 42, Issue 1, pp. 400-406.



Maison temporaire pour deux familles
© Hakan Arslan

Comme nous l'avons vu en Indonésie, il a fallu déterminer un plan pour le tri des déchets avant la reconstruction. Dans ce cas, ce sont les éléments de reconstruction prêts à l'emploi qui ont été répartis en trois catégories :

- Le produit provenant du réemploi d'un élément sans changement de forme ni de matière (réemploi d'une bouteille en verre après son nettoyage)
- Le matériau provenant du désassemblage d'éléments (une bouteille en verre recyclée produit la matière première "verre")
- La matière première provenant du recyclage (des agrégats de béton produits par le recyclage d'une bouteille en verre)

L'objectif de cette intervention était de transformer une unité temporaire composée de deux logements en une habitation permanente plus spacieuse. La structure des parois intérieures et la charpente de l'extension ont été construites avec des éléments en bois. Ils ont été taillés après récupération dans les anciens logements. Les cadres de portes et les éléments de toiture ont également été réutilisés.

La réponse durable à la catastrophe ne dépend donc pas seulement du projet de reconstruction de l'architecte, mais doit aussi s'opérer en amont, lors de l'élaboration d'abris temporaire. Ces abris doivent ensuite pouvoir profiter à la reconstruction, en réduisant les coûts et la consommation d'énergie et en permettant un futur autre usage grâce à la flexibilité de leur conception.

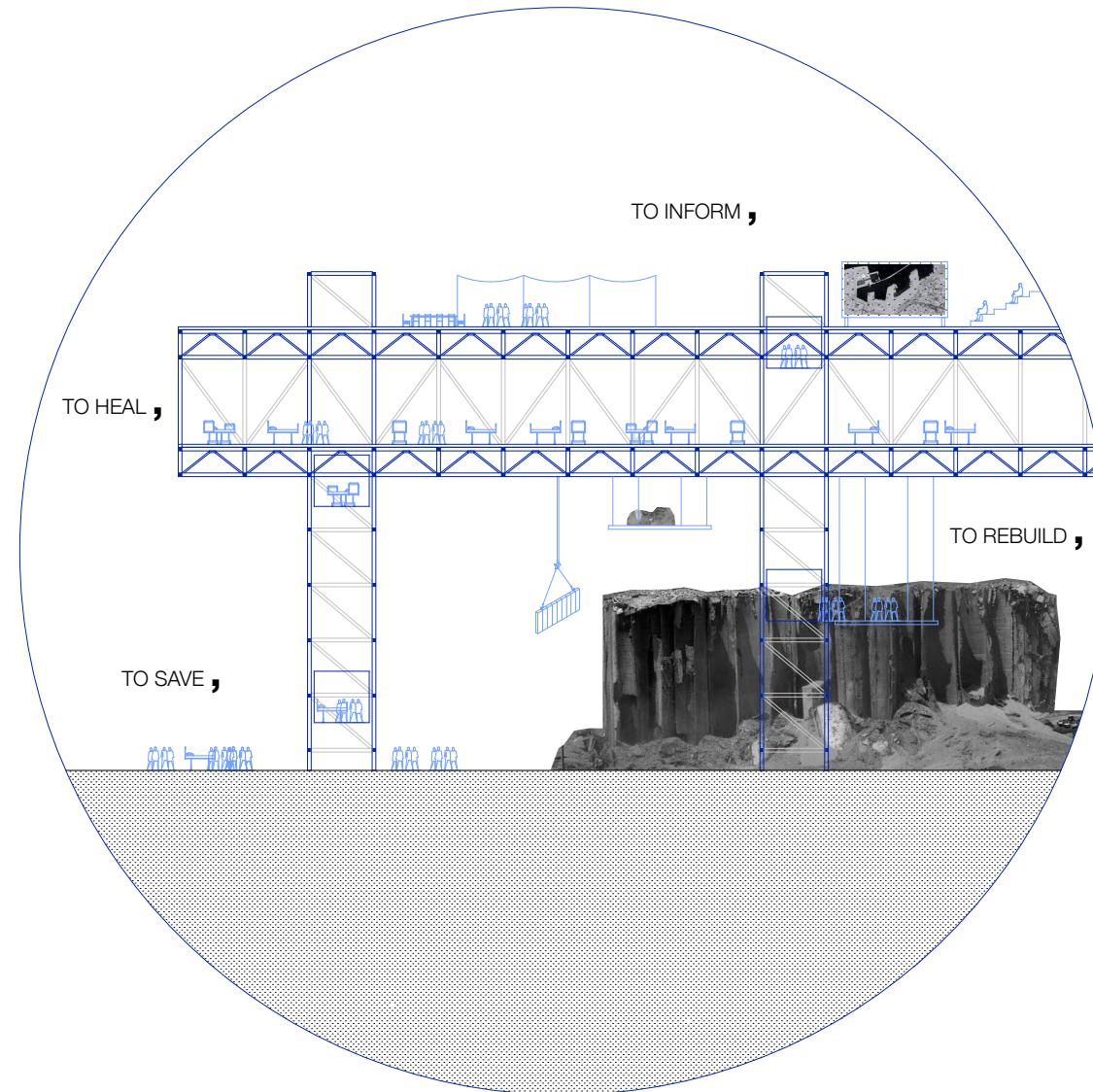


Artwork © Irene Salinas Akhmadeeva, 2020

3.7 Une plateforme "résiliente" à Beyrouth

Dans le cadre du cours Superstudio B, dirigé par Roberto Gargiani pendant le semestre d'automne 2020 à l'EPFL, nous avons développé un projet théorique à propos de la catastrophe dans la métropole. La ville de Beyrouth a été utilisée comme support pour le développement du projet, non seulement puisqu'elle a été récemment touchée par une catastrophe, mais également parce qu'elle présente un contexte socio-économique particulier. L'exposition, survenue le 4 août 2020, a dévasté le port et engendré d'importantes pertes humaines et matérielles dans les quartiers historiques alentours. Plus de 300'000 personnes se sont alors retrouvées sans logement.

Ce projet, certes surréaliste, cherche à représenter de manière théorique cette idée de généralisation du processus de résilience d'une population sinistrée. Dans une vision idéaliste, les acteurs de la catastrophe pourraient se retrouver dans une seule et même structure, une plateforme, construite directement au-dessus des ruines. Cette plateforme permettrait d'offrir à la fois un espace pour soigner, pour loger et pour reconstruire. Les acteurs seraient ainsi rassemblés dans une structure qui leur permettrait d'ancrer leurs interventions dans un processus commun, celui de la résilience.



Ci-contre: Coupe et schéma de la plateforme © Collectif Komma, EPFL, 2020



Ci-contre: "Grand Desssein" de la plateforme
 © Collectif Komma, EPFL, 2020

Directement après la catastrophe, la plateforme viendrait s'établir au-dessus des ruines afin d'offrir un espace nécessaire pour les actions urgentes. Dans un premier temps, les blessés secourus y seraient transférés et y recevraient les soins nécessaires. Cette même plateforme permettrait également de loger temporairement les personnes ayant perdu leur habitat. De ce fait, cette plateforme construite directement au-dessus du lieu sinistré éviterait l'isolement des populations dans des camps d'urgence en dehors de la ville.

Dans un second temps, les personnes pourraient retrouver un travail toujours dans au sein de cette plateforme en participant à la reconstruction de leur ville. Sur la toiture s'établirait un espace d'échange, qui permettrait aux habitants et à tous les acteurs de la catastrophe de s'informer sur la ville, de son histoire, afin d'y développer ensemble un projet cohérent. Une fois le choix d'une direction commune et globale établie, les acteurs de la reconstruction seraient directement sur place pour commencer le tri avant la reconstruction.

Le fait d'établir le projet au-dessus des ruines permettrait de reconsidérer ce qui a été détruit, plus seulement comme des déchets, mais comme des ressources disponibles pouvant être exploitées et revalorisées. Afin de faciliter la reconstruction, la plateforme apporterait à la fois la technique nécessaire à la reconstruction (eau, électricité, etc.) ainsi que des espaces pour stocker les matériaux de réemploi.

La reconstruction à l'échelle de la métropole implique forcément de nouveaux enjeux. Elle tient compte d'autres phénomènes urbains tels que la densité ou les réseaux de transport qui participent eux aussi au développement d'une reconstruction durable. Il faut néanmoins s'appuyer sur les techniques de reconstruction développées à plus petite échelle pour tenter d'élaborer un processus global.

Conclusion

La reconstruction post-catastrophe conçue dans une vision d'ensemble permet fondamentalement d'améliorer les conditions de vie des populations sinistrées. Il est essentiel que tous les acteurs, et particulièrement l'architecte, s'engagent à tendre vers ce même but. Le nouveau rôle de l'architecte est ainsi lié au cycle complet de reconstruction, des premières interventions au relogement définitif des habitants. Ses objectifs sont donc multiples. Il lui faut contribuer à la gestion de tri des déchets dans une optique de réemploi, participer à la valorisation des méthodes traditionnelles de construction tout en conjuguant les nouvelles techniques para-sinistres.

Ainsi, le projet d'architecture est un processus qui n'a plus comme finalité la fin de la construction du bâtiment, mais son cycle complet, de l'acquisition des matériaux jusqu'au réemploi de ces composantes dans un nouveau projet. En élargissant sa vision, il faut chercher de nouvelles stratégies qui puissent répondre à l'urgence de la situation, tout en travaillant sur du long terme.

Le réemploi est une option qui doit trouver toute sa place. Il nécessite une meilleure collaboration entre les aides humanitaires, les urgentistes, les architectes et les collectivités locales, afin de planifier ensemble un projet durable de reconstruction. Les différents exemples cités dans cet énoncé ont montré qu'il était tout à fait possible de revaloriser des matériaux provenant non seulement des ruines, mais également des abris temporaires.

La reconstruction évolutive en Indonésie a également montré qu'il existait une voie dans cette direction. Elle permet justement d'inclure la disponi-

bilité des matériaux à un certain moment, mais également d'accueillir aussi bien des changements d'habitude de vie, que des imprévus climatiques. C'est donc dans cette voie que s'ouvrent de nouvelles perspectives pour l'architecte et dans lesquelles il va devoir donner une réponse collective, globale et durable aux catastrophes du 21e siècle ...

Références bibliographiques

Livres

BUTLER, Judith, 2005. *Vie précaire : Les pouvoirs du deuil et de la violence après le 11 septembre 2001*. Paris: Éditions Amsterdam.

NANCY, Jean-Luc, 2012. *L'Équivalence des catastrophes (Après Fukushima)*. Paris: Éditions Galilée.

FELLI, Romain. *La Grande Adaptation*. Paris: Éditions du Seuil, 2016.

Rapports, études, articles et mémoires

DUYNE BARENSTEIN, Jennifer, 2007. «Quand la reconstruction est un acte de violence», dans: Un seul monde N° 2, DDC. p. 12.

GARNIER, Philippe, MOLES, Olivier, CAIMI, Annalisa, GANDREAU, David, HOFMANN, Milo, 2011. *Aléas naturels, catastrophes et développement local*. ENSAG: CRA-terre Éditions.

DIND, Jean-Philippe, 2006. *Reconstruction, réduction de la vulnérabilité et développement durable*. Mémoire de DESS, UNIL.

BORNES, Laetitia, 2014. *Vers une organisation mondiale pour la reconstruction post-catastrophe*. Mémoire de Master, ENSAPVS.

HEGNER-VAN ROODEN, Clementine, GUTZWILLER, Isabel, 2019. «Halle 118 à Winterthour : faire avec l'existant», dans TRACÉS 2019 14-15, Filière réemploi.

MAYHEW, Laura, 2017. *Le relogement suite à une catastrophe naturelle : vers une reconstruction autonome du pays?*. Mémoire de Master, ENSAPVS.

FIVET, Corentin, 2019. «Sortir de l'esthétique du bricolage», dans TRACÉS 2019 14-15, Filière réemploi.

BADOUX, Marc, GÖKSU, Ersan, LESTUZZI, Pierino, STU-DER, Jost, janvier 2000. «Le séisme de Kocaeli en Turquie – Mission de reconnaissance», dans IAS Bulletin technique de la Suisse romande, N°. 01/02.

Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME), 2013. *Intégration des déchets en situations exceptionnelles dans les Plans de prévention et de gestion des déchets non dangereux et dangereux*. Angers: ADEME Éditions.

DURAND, Mathieu, POPESCU, Roxana, D'ERCOLE, Robert, mai 2015. «Les déchets post-catastrophe à Haïti : les jeux d'acteurs d'une gestion informelle», dans VertigO, volume 15, N°1.

ARSLAN, Hakan, 2007. «Re-design, re-use and recycle of temporary houses», dans Building and Environment Volume 42, Issue 1, pp. 400-406.

Références en ligne

IEA-NANTES, ABDESSELAM, Cheddadi, mai 2020. «Au-delà de la pandémie du Covid-19, ce que pourrait être un changement de paradigme civilisationnel». Consulté le 10 décembre 2020. URL : https://www.iea-nantes.fr/fr/actualites/au-dela-de-la-pandemie-du-covid-19-ce-que-pourrait-etre-un-changement-de-paradigme-civilisationnel-disponible-uniquement-en-francais_936.

ARTHIST, VIATI NAVONE, Annalisa, 2017. «Architecture de la catastrophe. Lieux et rituels de l'utopie et de la dystopie». Consulté le 4 décembre 2020. URL : <https://arthist.net/archive/17008>.

AE&CC, SERLET, Murielle, 2016. «Table ronde Cultures Constructives et reconstruction post-catastrophe». Consulté le 23 octobre 2020. URL : <https://aecc.hypotheses.org/777>.

EM-DAT (The International Disaster Database), «Guidelines» [en ligne]. Consulté le 18 octobre 2020. URL : <https://www.emdat.be/guidelines>.

GROUPE URD, GARCIA, Carolyn, TRABAUD, Vincent, BOYER, Béatrice, janvier 2015. «Rapport de recherche : Cas des reconstructions post-séisme en milieu rural et péri-urbain en Haïti». Consulté le 12 novembre 2020. URL : https://www.sheltercluster.org/sites/default/files/docs/urd_la_reconstruction_d_habitats_en_haiti_final_compresse_1.pdf.

NATIONS UNIES, Assemblée générale, juin 2015. «Cadre de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe (2015-2030)». Consulté le 18 octobre 2020. URL : <https://undocs.org/pdf?symbol=fr/A/RES/69/283>.

EM-DAT (The International Disaster Database), «Guidelines». Consulté le 18 octobre 2020. URL : <https://www.emdat.be/guidelines>.

UNISDR, 2015. «Cadre d'action de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe 2015 - 2030». Consulté le 18 octobre 2020. URL : https://www.preventionweb.net/files/43291_frenchsendaiframeworkfordisasterris.pdf.

United Nations Environment Programme, 2018. «2018 Global Status Report. Towards a zero emission, efficient and resilient buildings and construction sector». Consulté le 12 novembre 2020. URL : <https://www.worldgbc.org/news-media/2018-global-status-report-towards-zero-emission-efficient-and-resilient-buildings-and>.

Association Robin des Bois, 2011. «L'After choc». Consulté le 9 novembre 2020. URL : <https://robindesbois.org/lafter-choc/>.

Agence de la transition écologique (ADEME), 2020. «Le réemploi et la réutilisation». Consulté le 28 novembre 2020. URL : <https://www.ademe.fr/expertises/dechets/passer-a-laction/eviter-production-dechets/reemploi-reutilisation>.

ATLANTIS PRESS, SUNOKO, Kahar, SUMADYO, Amin, YULIARSO, Hari, 2019. «Spontaneous Innovation in the Reuse of Post-Earthquake's Buildings Ruins as Sustainable Building's Construction Models». Consulté le 28 novembre 2020. URL : <https://www.atlantispress.com/proceedings/senvar-18/55913057>.

Association Robin des Bois, 2019. «Déchets post-catastrophe: les inondations d'août 2018 au Kerala (Inde)». Consulté le 9 novembre 2020. URL : <https://robindesbois.org/dechets-post-catastrophe-les-inondations-daout-2018-au-kerala-inde/>.

United Nations Development Programme (UNDP), octobre 2011. «Haitians clear half of quake rubble». Consulté le 28 décembre 2020. URL : <https://www.undp.org/content/undp/en/home/presscenter/pressreleases/2011/10/12/haitians-clear-half-of-quake-rubble.html>.

Entrepreneurs du monde, 2011. «Recyclages des débris». Consulté le 28 décembre 2020. URL : https://www.entrepreneursdumonde.org/downloads/HAITI_EDM_Recyclage_FP2011_FR.pdf.

Field Actions Science Reports, CAIMI, Annalisa, VIEUX-CHAMPAGNE, Florent, GARNIER, Philippe, GUILLAUD, Hubert, MOLES, Olivier, DAUDEVILLE, Laurent, SIEFFERT, Yannick, GRANGE, Stéphane, 2014. «Savoirs traditionnels et connaissances scientifiques pour une réduction de la vulnérabilité de l'habitat rural face aux aléas naturels en Haïti». Consulté le 28 décembre 2020. URL : <https://journals.openedition.org/factsreports/2827>.

United Nations Development Programme (UNDP), janvier 2012. «Haitians recycle rubble into new communities». Consulté le 28 décembre 2020. URL : <https://www.undp.org/content/undp/en/home/presscenter/articles/2012/01/12/haitians-recycle-rubble-into-new-communities.html>.

SHIM, Brigitte, 2010. «Reconstruction of Ngibikan Village, Yogyakarta, Indonesia». On Site Review Report for the Aga Khan Award for Architecture. Consulté le 18 octobre 2020. URL : <https://www.akdn.org/architecture/project/ngibikan-village-reconstruction>.

