

**École Nationale Supérieure d'Architecture de Nancy**  
**Institut National Polytechnique de Lorraine**  
**Université Henri Poincaré (Nancy 1)**  
**Centre de Recherche Public Henri Tudor Luxembourg**

Mémoire de Master Design Global,  
Spécialité « Architecture Modélisation Environnement »

# **Modélisation paramétrique des abris et camps d'urgence**

**L'architecture numérique pour des besoins humanitaires**

Présenté par

**DAHER Elie**

Sous la direction de

**KUBICKI Sylvain** docteur en sciences de l'architecture

Année 2013 / 2014



## Remerciements

Je souhaite exprimer mes remerciements aux personnes qui ont contribué à apporter une aide au développement de ce travail de recherche.

Ce travail a pris place au Centre de Recherche Public Henri Tudor (CRP-HT), je tiens à remercier M. Sylvain Kubicki docteur en sciences de l'architecture et chercheur au CRP H-T Tudor. M. Kubicki a dirigé et encadré mon stage et m'a accueilli au sein du groupe SSI du CRP H-T dans les meilleures conditions. Je lui exprime par la présente ma gratitude pour son aide en assurant le bon fonctionnement de mon stage.

Un remerciement particulier pour M. Gilles Halin, Directeur scientifique adjoint du Centre de Recherche en Architecture et Ingénierie, qui a enrichi mon travail par ses remarques et suggestions.

Je tiens à remercier également M. Conrad Boton et M. Daniel Zignale pour leurs aides et leurs accueils.

**Mes parents...**





# Sommaire

Remerciements.....	3
Liste des illustrations .....	7
Liste des abréviations.....	9
<b>1 Introduction .....</b>	<b>11</b>
1.1 Action humanitaire .....	11
1.2 Conception d'abris d'urgence et développement de camps de réfugiés .....	14
1.3 Cadre de recherche .....	16
1.3.1 Contexte du travail .....	16
1.3.2 Le projet CHARISM.....	17
1.3.3 Plan du mémoire .....	17
<b>2 Questions de recherche .....</b>	<b>19</b>
2.1 Architecture paramétrique et méthode générative .....	19
2.1.1 Architecture paramétrique .....	19
2.1.2 Les méthodes génératives .....	19
2.1.3 Questions théoriques de conception générative et conception humanitaire .....	20
2.2 Objectifs du Travail .....	20
<b>3 Problématique .....</b>	<b>21</b>
3.1 Justification de l'intérêt du sujet.....	21
3.2 Délimitation du champ de recherche .....	22
3.3 Enonciation des hypothèses.....	22
<b>4 Etat de l'art : abris et camps d'urgence .....</b>	<b>25</b>
4.1 Les abris .....	25
4.1.1 Définition des abris.....	25
4.1.2 Les propriétés de l'abri .....	26
4.2 Les camps .....	27
4.2.1 Définition des camps.....	27
4.2.2 Les propriétés des camps .....	29
4.3 Revue de travaux similaires.....	30
4.3.1 Au niveau des abris ou logements .....	30
4.3.2 Au niveau des projets urbains .....	33



4.3.3	Conclusion et positionnement de notre recherche .....	36
<b>5</b>	<b>Méthode de recherche .....</b>	<b>37</b>
5.1	La première partie : L'abri .....	37
5.2	La deuxième partie : Le camp .....	38
<b>6</b>	<b>Propositions .....</b>	<b>39</b>
6.1	Justification .....	39
6.2	Les paramètres .....	39
6.2.1	Variables Contextuelles .....	40
6.2.2	Variables Climatiques .....	41
6.2.3	Variables physiques de l'abri .....	42
6.2.4	Variables physiques du camp .....	44
6.3	Les opportunités du paramétrage dans le design des abris et camps .....	46
6.4	Le développement d'un abri .....	46
6.4.1	Les éléments retenus dans la conception de l'abri .....	47
6.4.2	Le processus de conception de l'abri .....	49
6.5	La conception des camps .....	58
6.5.1	Les variables retenus du camp .....	58
6.5.2	Le processus de conception des camps : .....	59
6.6	Le choix du logiciel .....	61
<b>7</b>	<b>Expérimentations et discussion .....</b>	<b>63</b>
<b>8</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>65</b>
8.1	Difficultés et limites .....	66
8.2	Perspectives .....	66
	<b>Annexe: .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>



## Liste des illustrations

<b>Figure 1</b> : le phénomène d'urbanisation dans les villes.....	12
<b>Figure 2</b> : Conflits et guerres continus dans le monde – 2013, source Source Wikipedia .....	12
<b>Figure 3</b> : Les réfugiés syriens au Liban et le besoin des abris. ....	13
<b>Figure 4</b> : Destruction suite à une catastrophe naturelle.....	14
<b>Figure 5</b> : 1755 German Corpperplate image. Les abris de Lisbon après le tremblement de terre 1531. Source Wikimedia commons. ....	25
<b>Figure 6</b> : Types des abris. Source Ten Design IFRC 2011.....	26
<b>Figure 7</b> : Figure résumant le travail mené par Yeung pour l'ouvrage des latrines des Iles de Solomon, Source Yeung 2010.....	30
<b>Figure 8</b> : Les étapes de conception utilisées (étape 8 à 14). Source Deborah 2011.....	31
<b>Figure 9</b> : Sliders permettant une utilisation simplifiée, source Jinuntuya 2007.	32
<b>Figure 10</b> : L'aspect génératif testé pour les conteneurs. Source Sener 2009..	32
<b>Figure 11</b> : Variations des différents arrêts de bus. Source Hulin 2011 .....	33
<b>Figure 12</b> : Zaha Hadid Archiects, Kartal-Pendik Master plan, Istanbul, Turkey, 2006.....	34
<b>Figure 13</b> : Deux distributions différentes des bâtiments dûesaux organisations différentes des terrains. Source Steino (PARAMETRIC THINKING IN URBAN DESIGN – a geometric approach). ....	34
<b>Figure 14</b> : Un modèle paramétré avec des connections spatiales autour des bloques individuels. Source Steino (A Parametric Approach to Urban Design Tentative formulations of a methodology) .....	35
<b>Figure 15</b> : Remplacement des enveloppes solaires par des bâtiments, Source Saleh 2012.....	35
<b>Figure 16</b> : Schéma de la méthodologie. ....	37
<b>Figure 17</b> : Classification schématique des différents types de paramètres .....	40
<b>Figure 18</b> : Abri circulaire au nord Burkina Faso, Source Development workshop .....	42
<b>Figure 19 et 20</b> : Type rectangulaire d'abri utilisé au Côte d'ivoire 2010 (gauche) et au Nicaragua 2007 (droite), Source Shelter Case Studies 2011, UNHCR, UN Habitat, IFRC & RCS. ....	43

<b>Figure 21, 22 et 23</b> : Trois types d'abris développés avec toitures et inclinaisons différentes.....	46
<b>Figure 24</b> : Les grammaires de forme pour la génération de l'espace intérieur. Source Gonçalves, 2014.....	50
<b>Figure 25</b> : Processus de modélisation de la surface intérieure.....	51
<b>Figure 26 et 27</b> : (Haut) Processus de modélisation de la dalle avec les extensions. (Bas) Les paramètres de la dalle. ....	53
<b>Figure 28 et 29</b> : (Haut) Processus de modélisation de la toiture. (Bas) Les paramètres de la toiture. ....	55
<b>Figure 30 et 31</b> : (Haut) Processus de modélisation de la mezzanine. (Bas) Paramètres de la mezzanine. ....	56
<b>Figure 32</b> : Le module à générer dans le site.....	60
<b>Figure 33</b> : Un démonstrateur sur une forme du site choisi .....	60
<b>Figure 34</b> : Environnement de modélisation paramétrique.....	61
<b>Tableau 1</b> : Augmentation du nombre d'événements climatiques, source Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft, GeoRisks Research, NatCatSERVICE – As at January 2013.....	11

## Les abréviations

E-Shelter	: « Emergency Shelter » Abris d'urgence immediate.
T-Shelter	: « Transitional / Temporary » Abri transitoire ou transitionnel.
P-Shelter	: « Progressive shelter » Abri progressif.
ONG	: Organisation non gouvernementale.
ONU	: Organisation des Nations Unies.
(I)RC	: (International) « Red Cross » Croix Rouge.
NU	: Les Nations Unies.
CAO	: Conception assistée par ordinateur.
MAP-CRAI	: Modèles et simulations pour l'Architecture et le Patrimoine – Centre de Recherche en Architecture et Ingénierie.
CRP H-T	: Centre de Recherche Public – Henri Tudor.
NFIP	: National Flood Insurance Program.
BOQ	: Bill of quantities (cahier de charge).
GIS	: Geographical Positioning System.
BIM	: Building Information Modelling.
CNC fabrication	: Computer numerically controlled fabrication.
GA	: Genetic algorithm.
RC-SRU	: Red Cross, Shelter Research Unit.



# 1 Introduction

## 1.1 Action humanitaire

À l'heure actuelle, le monde est confronté à des problèmes majeurs et récurrents concernant le besoin de logements. De nombreux facteurs liés à la nature et/ou aux activités humaines jouent un rôle négatif dans l'augmentation des risques autour du logement. En 1992, l'ONU a élaboré «Agenda 21», qui note que « l'accès à un logement sûr et sain est essentiel à l'intégrité physique, le bien-être psychologique, social et économique d'une personne et devrait être un élément fondamental de l'action nationale et internationale» (ONU, 1992). Plusieurs organisations et projets au sein du domaine de l'architecture d'urgence ont apporté des initiatives et des améliorations dans les bidonvilles. Le risque de catastrophe au niveau mondial est en augmentation, l'accroissement de la population, la destruction de l'environnement, le changement climatique et l'urbanisation rapide mettent en danger la vie humaine et accroissent le besoin de logements.

D'abord, la terre fait face à des phénomènes climatiques extrêmes, notamment liés à des changements météorologiques qui déclenchent une augmentation des catastrophes naturelles. Il faut noter que le nombre des catastrophes augmente chaque année (Tableau 1). En 2012, 902 événements catastrophiques ont été dénombrés alors qu'en 2050 le nombre de personnes touchées par les catastrophes naturelles devrait atteindre 200 millions<sup>1</sup>.

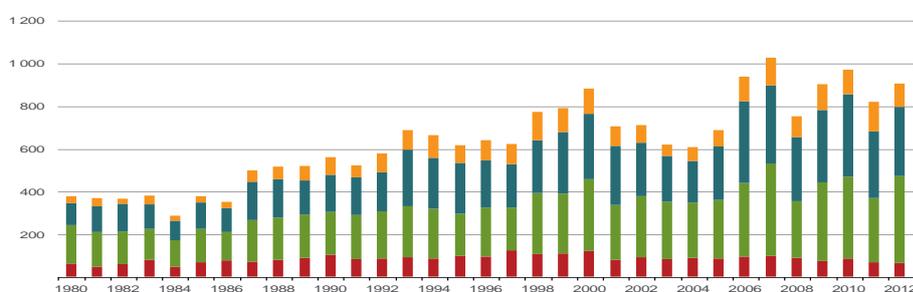


Tableau 1 : Augmentation du nombre d'événements climatiques, source Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft, GeoRisks Research, NatCatSERVICE – As at January 2013

<sup>1</sup> Environmental Justice Foundation, *No Place Like Home: Where Next for Climate Refugees?*, Londres, 2009,

En même temps, on connaît une augmentation de la population qui devrait atteindre 9 milliards d'individus en 2050<sup>2</sup>, alors que plus de la moitié de la population mondiale vit dans un contexte urbain en 2010. L'urbanisation rapide dans les villes des pays en développement génère des difficultés à fournir les services et infrastructures de base à cette population importante de nouveaux



citoyens (fig.1). Ainsi, la croissance de la population qui vit dans un contexte urbain se poursuit et devrait atteindre 70% d'ici 2050.

Figure 1 : le phénomène d'urbanisation dans les villes.

En particulier les milieux urbains pauvres sont les plus vulnérables aux catastrophes. En outre, un grand nombre de méga-villes<sup>3</sup> sont situées dans des emplacements soumis à des risques de catastrophes naturelles<sup>4</sup>.

De plus des populations qui souffrent de conflits politiques et de guerres partout dans le monde, auront à gérer des situations de crise et de catastrophes (fig. 2). L'instabilité politique est en augmentation. Ceci force des populations à quitter leurs pays d'origine ou bien leurs maisons et à s'installer dans des autres endroits. Le nombre de réfugiés en 2013 a atteint les 51 millions d'individus.

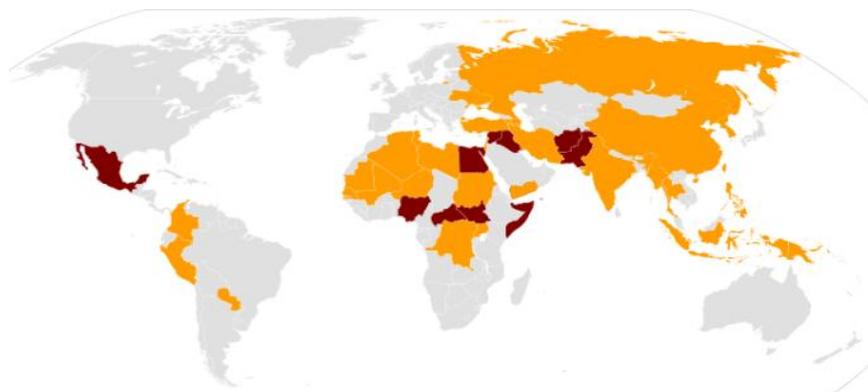


Figure 2 : Conflits et guerres continus dans le monde – 2013, source Source Wikipedia

<sup>2</sup> D'après le Centre d'Actualité des Nations Unies

<sup>3</sup> Les villes avec les populations de plus de 10 millions

<sup>4</sup> D'après la IRIN Humanitarian news and analysis "a service of the UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs", Cities: A helping hand for Urban poor. [www.irinnews.org](http://www.irinnews.org)

Ces principales catastrophes et crises mondiales ont des impacts destructifs sur les populations, l'environnement et l'économie. Plus de 15 milliards de Dollars US<sup>5</sup> ont été dépensés dans la période entre Juillet 2009 et Juin 2010.

Ces nombreux facteurs créent une demande accrue et croissante de logements pour des réponses rapides, efficaces, durables et environnementales aux catastrophes. Les organisations nationales et internationales interviennent pour répondre aux besoins des déplacés<sup>6</sup> (fig. 3).

Alors que les pertes physiques deviennent de plus en plus importantes, et que les catastrophes augmentent avec le temps, il est devenu primordial de répondre aux besoins de logement qui se créent. Ainsi, la prévision et l'anticipation des solutions à implémenter sont devenues des éléments très importants dans le développement durable de la reconstruction.



Figure 3 : Les réfugiés syriens au Liban et le besoin des abris.

<sup>5</sup> Global Facility for Disaster Reduction and Recovery, Annual Report 2010

<sup>6</sup> Les gens qui ont été obligés à quitter leurs maisons suite à des situations de crise.

## 1.2 Conception d'abris d'urgence et développement de camps de réfugiés

Les réponses informelles<sup>7</sup> suite aux catastrophes reposent principalement sur des savoir-faire de la population locale. Elles n'ont souvent que peu de qualités urbaines (organisation des abris, des services) ou de qualités spatiales nécessaires pour fournir des conditions de vie dignes. D'autre part, le secteur des organisations « formalisées »<sup>8</sup> produit des solutions urbaines « monotones » basées sur des considérations logistiques, et sur le concept d'une production en masse pour répondre à des besoins d'urgence. Bien qu'offrant tout de même ce qui est nécessaire pour la vie humaine, ce secteur ne répond aucunement à la personnalisation des abris. Les gouvernements, les habitants ainsi que les organisations humanitaires n'investissent pas forcément de manière appropriée aux besoins pour venir en aide aux populations à reloger. Cela se traduit par des camps d'urgence qui se transforment fréquemment en bidonvilles. Il faut noter que la durée de vie de ces camps dits « d'urgence » est un facteur important à prendre en considération et qui peut atteindre jusqu'à 17 ans<sup>9</sup>.



Figure 4 : Destruction suite à une catastrophe naturelle

<sup>7</sup> Secteur local, population locale

<sup>8</sup> Organisations nationales, gouvernementales et internationales

<sup>9</sup> D'après l'INNEE, un réseau national pour l'éducation en cas d'urgence. <http://www.ineesite.org/fr/>

D'autre part, l'intervention d'architectes dans ces contextes est limitée. Cela est dû à leurs frais qui peuvent être élevées, ainsi qu'au temps nécessaire pour concevoir des solutions convenables pour chaque situation en prenant en compte tous les facteurs qui peuvent affecter la conception.

L'intervention de l'urbaniste est aussi réduite par les experts des organisations non gouvernementales qui se basent sur des savoir-faire d'ordre logistiques et des expériences passées pour des situations similaires.

L'urbanisation en cours, la pauvreté, les guerres et les catastrophes naturelles sont à l'origine de la définition de notre problème de la recherche. En outre le besoin qui résulte des problèmes cités forme la base de ce travail. La définition du problème aidera à se concentrer sur les solutions architecturales spécifiques, à comprendre les solutions à proposer et les conditions à prendre en considération pour un meilleur apport dans le domaine de la conception humanitaire.

Comme solution, l'intervention architecturale doit être préparée en avance pour les futurs risques accrus (en particulier les catastrophes naturelles). Définie par une vision architecturale, elle doit donc réussir à implémenter les abris nécessaires ainsi que les camps. En outre, vu l'urgence, la proposition doit donc aider dans la prise de décision pour réduire le temps nécessaire à l'intervention. Cela peut permettre de sauver des vies et d'offrir des logements au plus vite aux populations déplacées.

D'autre part, les technologies digitales s'infiltrant dans le domaine d'architecture à travers des différentes approches, tel que le BIM (Building Information Management) et la modélisation architecturale paramétrique.

La conception paramétrique est bien établie dans l'ingénierie et imprègne de plus en plus le champ de la conception architecturale. L'intérêt de cette approche est de rendre les objets statiques, itératifs et interactifs. En plus, elle aide les architectes dans la génération des nouvelles formes assez complexes, tout en permettant des modifications durant le processus de développement de manière aisée.

Dans cette recherche nous nous sommes intéressés à l'apport de l'architecture paramétrique aux actions humanitaires. Ce travail part du postulat que les contraintes et les exigences dans la conception de l'abri et des camps d'urgence peuvent être reliées à la conception numérique paramétrique à travers des variables. Ceci sera illustré par une liste des paramètres qui traduisent les contraintes définies à la fois à l'échelle des abris et à celle des camps. Ainsi, nous considérons que la modélisation paramétrique réduira le temps requis pour les architectes dans le domaine de conception et de prise de décision optimale du projet.

## **1.3 Cadre de recherche**

### **1.3.1 Contexte du travail**

La structure de travail dans laquelle ce travail a été réalisé est le Centre de Recherche Public Henri Tudor au Luxembourg. Le CRP H-T est une organisation de recherche et innovation basée au Luxembourg. Son objectif est de traduire les résultats de la recherche en innovations utiles pour l'économie et la société. Sa direction et ses thèmes de recherche stratégiques sont donc déterminés par les besoins du marché et de la société.

Les départements de recherche du CRP H-T ont développé des compétences dans les technologies de matériaux avancés, les technologies environnementales, les technologies de la santé, technologies de l'information et de la communication et dans l'organisation et la gestion d'entreprise. En travaillant en étroite collaboration avec les réseaux de partenaires qui regroupent les organismes de recherche et d'innovation nationaux et internationaux (RTOS), les universités et les entreprises ; aujourd'hui, le CRP H-T est impliqué dans de nombreux projets au niveau européen, en tant que partenaire et coordonnateur.

CRP H-T joue un rôle actif dans la réputation internationale de la communauté scientifique Luxembourg. Il produit et diffuse des connaissances originale et innovante et améliore en permanence son expertise technologique.

### 1.3.2 Le projet CHARISM

Le stage s'inscrit dans une collaboration initiée en 2013 entre le CRP H-T et l'unité de recherche sur les abris (Shelter Research Unit - SRU) de la Croix-Rouge (Benelux).

Un projet collaboratif désigné CHARISM est actuellement en cours. Les équipes du CRP H-T travaillent à la réalisation d'une base de données d'abris d'urgence, à partir de données fournies par le SRU. Cette base d'abri, accessible via mobile, permettra dans un premier temps aux humanitaires sur le terrain d'accéder à des solutions d'abris déjà éprouvées. Par la suite le projet ambitionne de définir un système d'aide à la décision, qui fournira de solutions constructives ou des principes de solution en fonction de critères prédéterminés.

Le sujet de stage de recherche a été élaboré en parallèle de ce travail en cours, avec l'idée d'explorer des techniques de modélisation d'abris innovantes basées sur l'architecture paramétrique.

### 1.3.3 Plan du mémoire

Ce présent mémoire de recherche s'organise comme suit :

1. Dans un premier temps, nous avons présenté la structure d'accueil où cette recherche est réalisée ainsi que le lien avec le sujet proposé.
2. Dans un deuxième temps, nous proposerons un état de l'art des différentes notions du sujet : les abris, les camps et les projets similaires.
3. Dans un troisième temps, nous nous intéresserons à la méthode utilisée pour réaliser un prototype (démonstrateur) appliqué à un cas concret suivant plusieurs critères que nous énoncerons par la suite.
4. Enfin dans un quatrième temps, nous expérimentons le prototype avec des réflexions des avis des experts. Nous montrons les problèmes et difficultés rencontrés.



## **2 Questions de recherche**

### **2.1 Architecture paramétrique et méthode générative**

#### **2.1.1 Architecture paramétrique**

C'est une nouvelle approche numérique de conception architecturale. Cette approche aide les architectes dans la génération des formes et des géométries assez complexes en exploitant des données qui peuvent être environnementales, structurelles, sociales ou physiques...

L'intérêt d'une telle approche est que tout au long du processus du développement, des relations ou contraintes définissant des objets sont maintenues, ces relations ou paramètres sont sous des aspects physiques reliés aux dimensions, géométries ou sous des aspects qualitatifs reliés aux qualités des objets / matériaux... L'approche paramétrique permet une configuration des éléments prédéfinis facilitant la conception architecturale, cette qualité est la raison pour laquelle cette approche est diffusée au milieu d'architecture et de construction (Burry, 2003).

La diffusion de l'approche numérique dans le milieu architectural est réalisée grâce aux logiciels comme le « Grasshopper » ou le « Dynamo ». Dans cette recherche le logiciel utilisé est le « Grasshopper »

#### **2.1.2 Les méthodes génératives**

Les méthodes génératives sont des techniques qui exploitent des paramètres choisis pour aider dans la génération des produits ou solutions rapides (Sener et al., 2009). L'intérêt des aspects génératifs dans les méthodes de conception paramétriques est la rapidité à proposer automatiquement plusieurs solutions variées tout en tenant compte des standards et contraintes déjà définis en avance, et à aider les concepteurs à choisir la solution la plus optimale.

### 2.1.3 Questions théoriques de conception générative et conception humanitaire

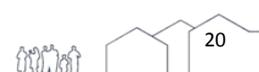
Les contraintes et la nécessité de (re)loger des populations en urgence portent les experts et les organisations à trouver des solutions assez rapides et des innovations dans les réponses. Il faut noter que dans les besoins humanitaires, des centaines de maisons sont produites avec une forme typique mais des tailles différentes en relation avec le nombre des personnes dans chaque logement. L'opportunité d'utiliser l'architecture paramétrique dans les besoins humanitaires est que des paramètres peuvent être développés, construits et testés rapidement.

En plus un système paramétrique peut offrir un outil de support pour les développements des abris et camps et il sera employé pour limiter le coût, notamment des études, mais aussi en maîtrisant finement les quantités de matériaux à trouver sur place ou à faire expédier. (Wendy K. Y, 2011).

## 2.2 Objectifs du Travail

Les principaux objectifs du travail sont :

- a) Etendre les moyens d'intervention dans le domaine humanitaire pour assurer les besoins d'abri aux populations ainsi que de développer des espaces urbanisés qui aident les gens à mener une vie normale et digne.
- b) Organiser une liste des paramètres qui sont utilisés dans la conception humanitaire et les traduire dans un langage algorithmique, mathématique.
- c) En particulier, étudier l'apport de l'architecture paramétrique pour des besoins humanitaires dans la conception des abris et camps d'urgence.
- d) Aider les organisations à faire en sorte que les constructions réalisées sont conformes aux standards et pratiques agréés au niveau mondial.



## 3 Problématique

### 3.1 Justification de l'intérêt du sujet

Ce stage étudie la possibilité qu'offre l'architecture paramétrique dans les processus de conception liés à l'action humanitaire. Mais au-delà de ce point, ce travail interroge également la possibilité d'assister les concepteurs (qu'ils soient humanitaires, architectes, militaire...) en mettant en place des contraintes dans la modélisation du projet. Ainsi plus de temps et d'énergie peuvent être consacrés à créer des abris présentant de véritables qualités architecturales (confort, protection à l'environnement, convivialité, prise en compte des habitudes des populations etc.).

C'est dans ce contexte que se positionne cette recherche. Pour l'heure, l'architecture paramétrique s'infiltré dans le domaine humanitaire mais il n'existe aucune étude qui traite les besoins des déplacés à l'échelle d'un camp, que l'on pourrait qualifier d'espace « urbanisé ».

En effet, la plupart des études connues à ce jour traitent les abris soit de manière individuelle sous des considérations le plus souvent matérielles, technologiques et logistiques, soit de manière collective pour des réponses temporaires. Cependant, sachant que la durée de vie moyenne des abris est de 10 ans alors que les familles peuvent demeurer en moyenne jusqu'à 17 ans dans un camp, il devient primordial de penser le futur espace urbanisé ainsi que tous les services nécessaires. Les camps mal organisés se transforment souvent en des bidonvilles avec une grande densité de population et des conditions de vie extrêmement dures. Les bidonvilles peuvent créer des problèmes politiques et sociaux d'où l'intérêt de les anticiper par une planification à l'échelle urbaine qui devrait leur permettre une plus grande longévité.

Une problématique essentielle est d'agir directement à l'échelle urbaine du camp après les crises plutôt que d'attendre les périodes calmes ou stables (Corsellis et al., 2005).

D'autre part, la conception industrielle est supportée par des outils de génération informatique qui rendent la production plus rapide et contrôlée. Dans les cas de catastrophes et de crises, le besoin des abris est de plus en plus important et la conception doit répondre à des contraintes multiples (techniques, sociologiques), de tels outils de génération peuvent donc être des solutions optimales pour répondre à ce besoin (Sener et al., 2003).

L'intérêt de ce sujet est ce qu'il porte de personnalisation dans la production de chaque abri tout en bénéficiant de la production en masse. Les bénéficiaires peuvent ainsi explorer des nouvelles techniques de construction et mieux s'approprier les abris.

### **3.2 Délimitation du champ de recherche**

Le champ de recherche se délimite par l'identification de paramètres pour la modélisation d'un prototype d'abri. Ce prototype est inspiré par les abris conçus par la CR suite à des catastrophes dans plusieurs régions. De plus, une réflexion à l'échelle d'un camp est proposée en utilisant quelques relations identifiées entre les échelles de conception des camps et d'abris.

Les aspects liés aux matériaux de construction ne seront pas pris en compte dans ce travail de recherche. Quant au développement à l'échelle urbaine, il est testé à la fin du stage avec seulement quelques prototypes et expérimentations, ceci étant dû au manque de temps.

### **3.3 Enonciation des hypothèses**

Répondre à ces problématiques, c'est également s'intéresser à « la reconstruction d'une vie ». Cette reconstruction de la vie humaine se fait par la réhabilitation des maisons détruites ou la construction de nouvelles maisons temporaires ou durables, tout en couvrant les aspects anthropologiques<sup>10</sup>.

En outre l'usage de la modélisation paramétrique, exploitant des données, des éléments significatifs et des variables d'un contexte particulier, se justifie par

---

<sup>10</sup> Reliée aux sciences humaines (tradition, culture...)

sa dimension adaptative et générative. Ce type de modélisation s'appuie sur un processus itératif<sup>11</sup> et interactif. On peut le diviser en trois grandes étapes : (1) la fouille et la préparation des données, (2) la modélisation numérique ou paramétrique, (3) la génération, l'interprétation et la validation des résultats. Pour cette étude, il est alors nécessaire de travailler à l'échelle humaine et urbaine et de transposer les éléments identifiés sous forme numérique et algorithmique. Ainsi, cette recherche prend place dans le domaine de la modélisation numérique pour l'architecture et s'applique à des besoins humanitaires dans des situations d'urgence.

La question posée dans cette recherche porte plus particulièrement sur les *capacités de la modélisation architecturale paramétrique à être utilisée comme un outil d'aide à la décision dans la conception des abris et camps d'urgence comme futurs espaces urbanisés.*

Pour répondre à ce sujet, nous formulons les premières hypothèses suivantes :

- L'architecture paramétrique peut être utilisée comme un outil d'aide à la décision dans la conception des abris et camps d'urgence en cas de crise.
- Les conditions contextuelles et climatiques ont une influence sur les paramètres individuels d'un abri.
- Les paramètres impliqués dans la planification des camps d'urgence à l'échelle urbaine sont en relation avec les paramètres individuels de l'abri.

---

<sup>11</sup> Fréquent, peut être répété et génératif.



## 4 Etat de l'art : abris et camps d'urgence

Dans cette partie nous élaborons les types de solutions implémentées par les organisations nationales et internationales. Nous définissons les types des abris ainsi que ceux des camps et nous passons après pour citer des ouvrages généraux ou plus spécifiques sur la question de recherche pour positionner à la suite notre recherche en fonction des ouvrages mentionnés.

### 4.1 Les abris

#### 4.1.1 Définition des abris

L'abri est un besoin humain fondamental. Après les catastrophes, de personnes dont les maisons ont été endommagées, détruites, ou qui ont été déplacées à la suite des crises, s'efforceront de répondre à ce besoin par tous les moyens possibles qu'elles ont. (fig. 5).



Figure 5 : 1755 German Copperplate image. Les abris de Lisbon après le tremblement de terre 1531. Source Wikimedia commons.

Des définitions comme « Emergency Shelter », « Transitional shelter », « progressive Shelter » and « core Shelter » ... sont souvent utilisées pour classer les types des abris utilisés suivant la situation des crises (fig. 6) (IFRC et RC, 2011).

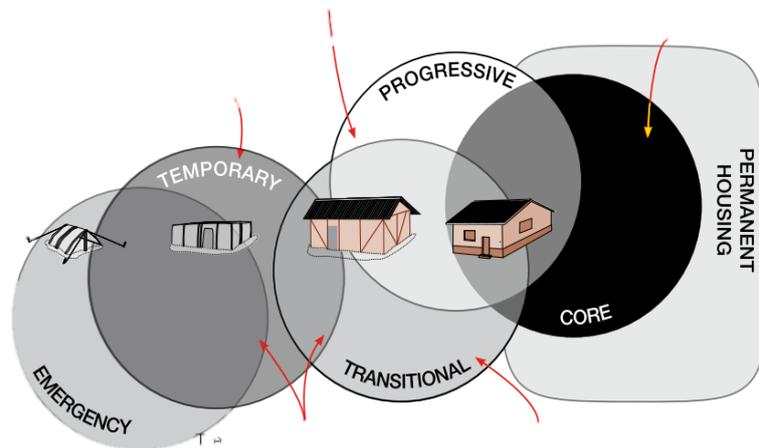


Figure 6 : Types des abris. Source Ten Design IFRC 2011.

**Emergency** : Cet abri est fourni à la suite d'une crise. Il est censé donner un support basique immédiat aux déplacés après les catastrophes. C'est souvent des tentes ou bâches en plastique.

**Temporary et Transitional** : L'abri transitoire est conçu avec des matériaux qui peuvent être réutilisés dans des structures plus permanentes, ou bien qui peut être déplacé vers des sites permanents. Ils sont conçus pour faciliter la transition des gens déplacés (IFRC et RC, 2011). Ce type d'abris peut supporter la population affectée par les catastrophes dans la période avant qu'elle soit capable de construire leurs maisons à long terme.

**Progressive** : Cet abri est construit avec l'objectif de devenir une partie de solutions permanentes. Il est conçu en intégrant des futures transformations et des altérations possibles dans la structure d'abris.

**Core** : Cet abri est construit avec des structures permanentes formant une partie d'une maison finale permettant une future extension de la maison selon les besoins de la famille et les ressources. Le but est de créer une ou deux chambres, assurant une sécurité contre les catastrophes.

#### 4.1.2 Les propriétés de l'abri

L'abri doit satisfaire certains critères pour simplifier leur mise en place en plus pour pouvoir répondre très vite aux besoins :

**La rapidité** : La nécessité de répondre très vite aux besoins des déplacés qui peuvent souffrir du froid ou de la chaleur. Cette rapidité se traduit donc par le temps nécessaire pour la construction des abris. Des modules adaptables avec des différentes configurations, flexibles et faciles à assembler et transporter peuvent former les meilleures solutions.

**Efficacité** : L'efficacité de l'abri est très importante pour répondre aux conditions climatiques. Il faut faire sorte de réduire au minimum les risques structurelles et climatiques.

**Sécurité** : La performance de l'abri aide à avoir une sécurité physique et psychologique pour les habitants. Il faut réduire au minimum les risques et les facteurs de vulnérabilité en appliquant des spécifications appropriées pour la construction.

**Matériel** : Une protection de l'environnement doit être prise en considération par le choix des équipements et des matériaux de construction.

**Les aspects culturels** : La conception d'abris doit respecter la culture et les traditions des populations déplacées. La participation des populations touchées par une catastrophe aux activités relatives aux abris et à l'habitat doit être guidée par les pratiques existantes régissant la planification.

## **4.2 Les camps**

### **4.2.1 Définition des camps**

Les camps sont des endroits où les populations qui ont subi des catastrophes et qui ont été obligées de quitter leur propre maisons et s'installer sous forme de regroupements. Les camps regroupés peuvent être classés en trois catégories, (Ashmore J, 2005) :

**Centres collectifs** : Les centres collectifs qui peuvent aussi référer à des abris en masse sont généralement des facilités offertes aux populations dans des bâtiments préexistants, hôtels, écoles, des bâtiments en cours de construction. Les centres collectifs sont utilisés quand le déplacement des

populations se fait à l'intérieur de la ville elle-même, ou quand un grand nombre des déplacés arrive dans un endroit, une ville... Ce type de solution est approprié pour une courte période aux populations déplacées. Ils ne peuvent pas être considérés comme des solutions de long-terme sauf s'ils offrent tout le support et conditions nécessaires. Le gouvernement dans les cas d'urgence peut offrir des établissements gouvernementaux pour faciliter la réception des personnes après les catastrophes.

**Camps autonomes :** Une population déplacée peut s'installer dans des camps indépendamment des organisations locales ou gouvernementales. Ces camps sont généralement créés sur des sites communs. Ce type de solution se forme avant l'arrivée des aides. La population choisit de s'installer dans des camps autonomes pour des raisons sociales afin de se sentir plus en sécurité. Les camps autonomes peuvent recevoir plus tard des aides supplémentaires de la part des organisations qui prennent en charge le processus de reconstruction.

**Camps planifiés :** Les camps planifiés sont les endroits où les populations déplacées peuvent loger sur des sites bâtis suite aux catastrophes. Les services ainsi que les infrastructures sont disponibles comme l'eau, la distribution des nourritures, l'éducation et les centres de santé. L'établissement d'un camp implique des facteurs comme :

- La stratégie de la planification,
- La sélection des sites,
- La direction du camp,
- Les options pour l'extension et le développement.

Les camps planifiés sont considérés comme les solutions les plus difficiles à implémenter. Ils posent un défi majeur aux organisations nationales et internationales pour atteindre des solutions qui peuvent être considérées comme durables pour les populations. La sélection des sites appropriés pour les camps est basée sur le profil des déplacés. La population locale détermine le type de regroupement requis et la sélection du site qui paraissent les plus appropriés.

## 4.2.2 Les propriétés des camps

L'affluence d'un grand nombre des populations dans une région aura des conséquences sur cette population elle-même (Corsellis et al., 2005). Le site idéal, répondant à toutes les exigences, est rarement disponible. Le choix est généralement limité, en revanche, les organismes de secours sont rarement sur place pour sélectionner un site avant l'arrivée des réfugiés. Cependant, il ya certains critères en ce qui concerne le choix du site (UNCHR):

**Protection et sécurité** : Le camp doit être dans un endroit sûr (par exemple sans mines), à une distance raisonnable de la frontière, et de toutes les zones de guerre et de catastrophe.

**Risques pour la santé de l'environnement** : La proximité de sites vecteurs de transmission de maladies mortelles doit être évitée autant que possible (par exemple mouche tsé-tsé pour la trypanosomiase). Lorsque ces zones ne peuvent pas être évitées, elles doivent être traitées.

**Eau** : l'eau doit être disponible soit sur le site ou à proximité.

**Espace** : la zone doit être suffisamment grande pour garantir 30m<sup>2</sup> par personne.

**Accessibilité** : l'accès au site doit être possible pendant toutes les saisons (par exemple pour les camions).

**Les besoins sociaux** : Le besoin d'espaces verts, des écoles, des bâtiments religieux est essentiel pour assurer la dignité. C'est donc essentiel pour les organisations responsables de l'implémentation des camps de prendre en considération ces points pour diminuer les effets négatifs qui peuvent être :

- Le surpeuplement qui augmente le risque de maladies transmissibles, l'isolement social et les problèmes de sécurité,
- La dépendance à l'aide extérieure, le manque d'autonomie : faible possibilité de réaliser des projets individuels (agriculture, commerce...),
- La dégradation de l'environnement.

## 4.3 Revue de travaux similaires

### 4.3.1 Au niveau des abris ou logements

Sans aucun doute, la technologie de l'architecture paramétrique n'est pas considérée pour être utilisée dans les besoins humanitaires. Ceci vient du fait que cette approche connaît une évolution surtout dans le mode d'architecture moderne en aidant dans la création des nouvelles formes assez complexes. Un autre point pour la non-infiltration de cette approche dans le domaine humanitaire est que les expertises et l'utilisation de cette méthode de conception restent restreintes par un nombre limité des concepteurs ou d'architectes. Pourtant, les travaux de la conception numérique connaissent de nos jours une évolution et une augmentation dans le nombre des recherches réalisées. Dans la partie qui suit, nous allons élaborer quelques projets de recherche similaires.

Dans son ouvrage Yeung a appliqué l'approche paramétrique dans la conception des latrines paramétrées dans les îles de Solomon (fig. 7). Cette recherche a permis de retirer les éléments nécessaires pour la construction comme le cahier des charge (BOQ), des catalogues graphiques des éléments de bois utilisés, les instructions graphiques pour la construction des latrines étape par étape et les documents de construction 3D. L'intérêt dans cet ouvrage est l'aspect constructif et quantitatif retiré. En effet les variables incluses sont des paramètres physiques qui prennent en compte la capacité, le nombre de gens, la géométrie, la forme des latrines, la sélection des matériaux, le temps et le budget.

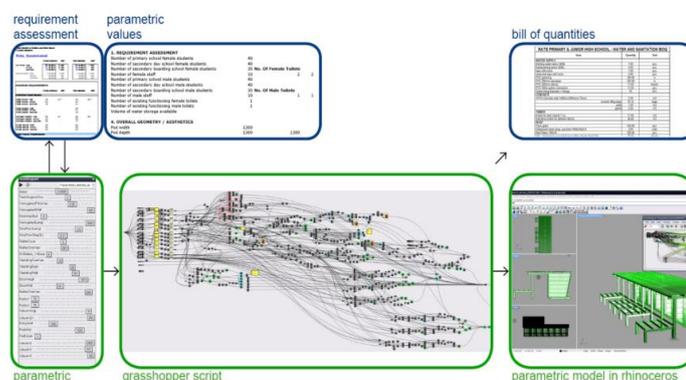


Figure 7 : Figure résumant le travail mené par Yeung pour l'ouvrage des latrines des îles de Solomon, Source Yeung

2010.

Alors que les aspects culturels et urbains n'étaient pas abordés dans la recherche précédente, ils ont été pris en considération dans la reconstruction d'Haïti (Deborah et al., 2011) (fig. 8). Deborah propose dans son ouvrage un système de conception et de construction de maisons. Ceci en identifiant une méthodologie pour la production de maisons en se basant sur l'architecture vernaculaire en Haïti. Cette méthodologie est basée sur une grammaire de géométrie et de modules pour dériver et coder un système contemporain. L'ensemble des modules combinés peut être appliqué pour produire des solutions de logements adaptées au contexte de l'utilisateur. Cette méthode a été développée pour mettre à disposition des logements pour abriter la population touchée par le tremblement de terre de 2010 en Haïti. La plate-forme Revit a été utilisée. L'application d'un système répond aux aspects culturels et urbains d'Haïti et n'est pas généralisée. En plus l'aspect urbain était limité, il traite quelques éléments (présence d'un jardin, et direction du logement vers la rue principale) et il n'agit pas sur l'ensemble d'un quartier ou d'un camp complet.

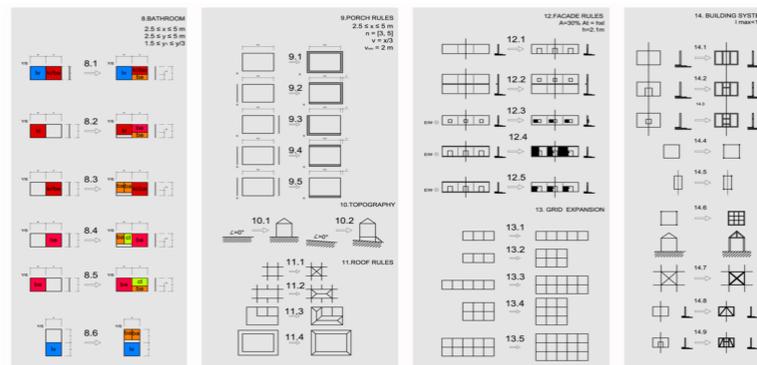


Figure 8 : Les étapes de conception utilisées (étape 8 à 14). Source Deborah 2011.

Dans un autre ouvrage, (Jinuntuya et al., 2007) (fig. 9) met en place la base d'un logiciel de conception et de planification de logement temporaire ainsi que les lignes directrices pour la mise en œuvre. Cette solution était offerte pour aider les gens à reconstruire leurs maisons en Thaïlande. Cette génération de maisons et aménagement de l'espace est accompagnée avec une analyse de l'estimation des coûts (Jinuntuya et al., 2007). Le point traité initialement dans cet ouvrage c'est la participation des habitants dans la conception. L'aspect conception et développement urbain n'était pas élaboré ainsi que les paramètres contextuels et climatiques.



Figure 9 : Sliders permettant une utilisation simplifiée, source Jinuntuya 2007.

D'autres ouvrages (Sener et al. 2009) (fig. 10) qui traitent l'apport de l'architecture paramétrique dans les besoins humanitaires, et qui abordent également l'aspect génératif pour supporter la masse production et la personnalisation. Ces propriétés selon Sener sont surtout nécessaires pour répondre aux cas d'urgence où la rapidité dans la conception ainsi que l'application signifie plus que toute autre chose. Les conteneurs d'expédition ont été utilisés dans différents projets ainsi que dans les projets de logement. Sener propose une méthode de création d'un centre collectif d'hébergement d'urgence avec des conteneurs. Il s'agit d'un module standard qui peut être utilisé comme abri. Un outil de génération est ensuite utilisé pour générer des solutions en prenant en considération des aspects comme la lumière et l'orientation. Malgré l'intérêt de cette recherche, cette solution paraît difficile. Ceci est dû à la complexité de transporter les conteneurs surtout dans les régions rurales et les pays en cours de développement.

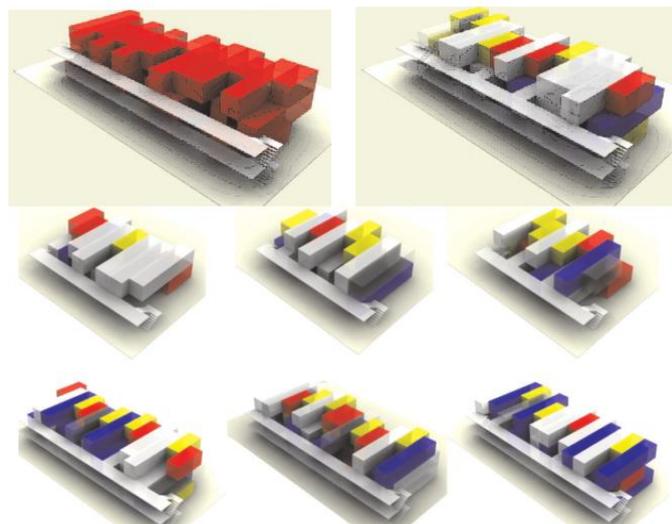


Figure 10 : L'aspect génératif testé pour les conteneurs. Source Sener 2009.

Une autre application dans le domaine de low-tech, l'étude proposée par Hulin (fig. 11) qui décrit une démarche d'utilisation de la nouvelle technologie d'architecture dans les besoins humanitaires. Elle propose l'application de la stratégie de la conception paramétrique dans un contexte d'abris d'arrêt de bus en milieu rural. Le but de cette recherche était de proposer une méthode pour l'amélioration de l'état actuel de l'infrastructure dans les régions rurales de la République Tchèque. Elle examine d'une manière pratique les techniques avancées de conception et les nouvelles technologies qui peuvent aider les architectes et les designers. A la fin de cette recherche, il s'est avéré qu'un système de conception générative entièrement automatique était plutôt impraticable vu les limites et la complexité qui pourraient emporter sur ses avantages.

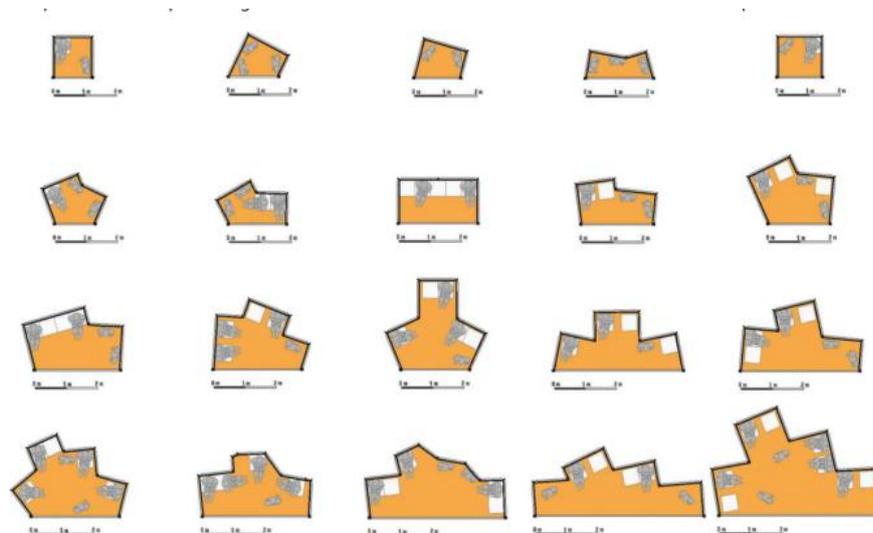


Figure 11 : Variations des différents arrêts de bus. Source Hulin 2011

### 4.3.2 Au niveau des projets urbains

On remarque récemment l'infiltration de l'approche paramétrique dans le contexte urbain (fig. 12). Des projets ont été réalisés par des grands architectes<sup>12</sup> pour la planification urbaine paramétrée. Nous élaborons par la suite trois ouvrages qui traitent l'approche paramétrique dans la conception urbaine.

<sup>12</sup> Exemple : Le Network Fabric Buildings, Singapore, Zaha Hadid Architects 2001-2003

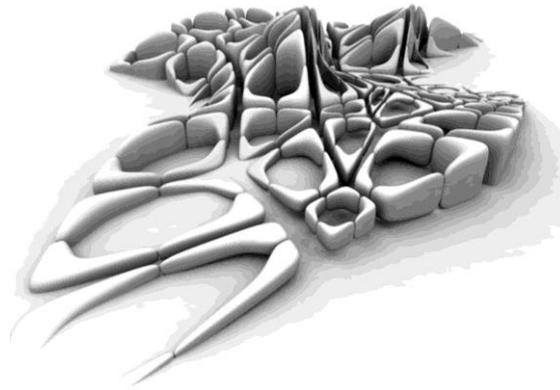


Figure 12 : Zaha Hadid Architects, Kartal-Pendik Master plan, Istanbul, Turkey, 2006

Le but de l'exemple décrit dans l'ouvrage développé par Steino, est d'illustrer la puissance de la combinaison géométrie et de l'approche paramétrique afin de développer une approche simple et accessible de design urbain paramétrique. Dans l'exemple (fig. 13), l'environnement de modélisation 3D SketchUp a été utilisé pour son accessibilité et la facilité d'utilisation. En raison des relations bien définies de la modélisation, des différents scénarios peuvent être générés à l'aide de quelques étapes de rotation ou la mise en miroir soit dans le bâtiment soit sur la parcelle, ou l'intrigue sur le bloc.

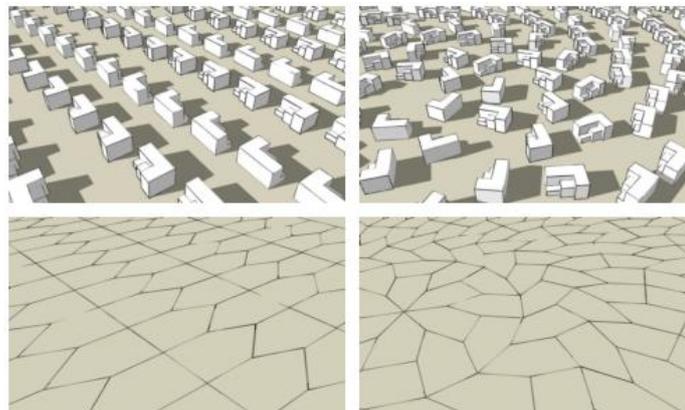


Figure 13 : Deux distributions différentes des bâtiments dues aux organisations différentes des terrains. Source Steino (PARAMETRIC THINKING IN URBAN DESIGN – a geometric approach).

Dans un autre ouvrage pour Steino (fig. 14), il montre les capacités de l'architecture paramétrique dans le domaine du développement urbain à travers une étude faite avec des étudiants. Selon lui, le développement urbain partage des composants qui peuvent être définis en forme des éléments. Des aspects comme la densité, la fonction, la forme et l'espace peuvent être traduits en des paramètres. Cette façon de traduire les composants urbains en des variables aide à évaluer les scénarios différents et avoir des solutions optimales. Ainsi,

une approche paramétrique peut faciliter la conception des villes sans les bâtiments.



Figure 14 : Un modèle paramétré avec des connections spatiales autour des blocs individuels. Source Steino (A Parametric Approach to Urban Design Tentative formulations of a methodology)

L'infiltration de l'architecture paramétrique dans la conception urbaine peut mener également une approche durable (Saleh et al., 2012). Dans son ouvrage Saleh étudie l'utilisation d'une approche paramétrique dans le développement urbain durable (fig. 15).

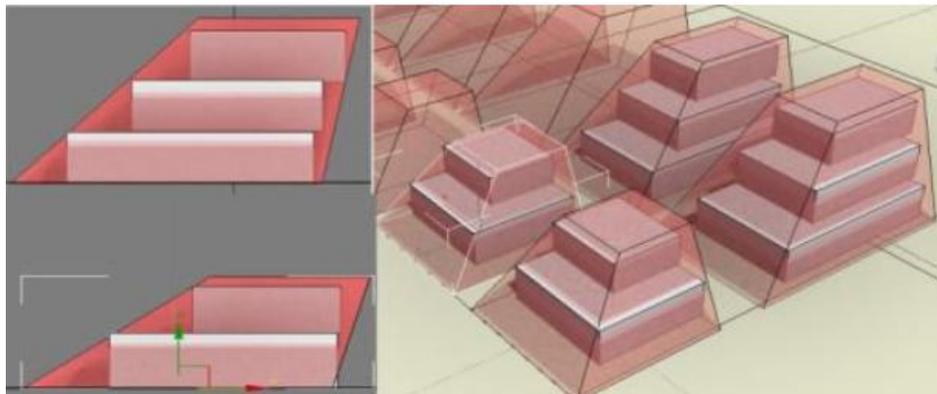


Figure 15 : Remplacement des enveloppes solaires par des bâtiments, Source Saleh 2012

Il élabore ainsi un cas d'étude pour générer une ville optimale arabe en prenant en compte le vent et les enveloppes solaires. Saleh, dans cet article identifie les différents composants qui peuvent avoir un lien avec la conception urbaine. Selon lui les facteurs qu'il faut prendre en considération dans le processus de conception sont reliés aux conditions climatiques (vent, ombre, pluie...), ou bien

contextuelles (gabarit, trafic, densité, zonage...). L'article définit un processus de conception d'enveloppe urbain par six étapes : (1) Définition d'une grille, (2) Association de la géométrie avec les paramètres environnementales, (3) Evaluation des solutions générées, (4) Evaluation de la ventilation naturelle, (5) Construction de l'enveloppe solaire avec le plugin DIVA-for-Rhino, (6) Remplacement des enveloppes solaires par des bâtiments.

### 4.3.3 Conclusion et positionnement de notre recherche

Ce bref état de l'art montre que :

- Un système paramétrique peut être utilisé comme aide à la décision dans la conception humanitaire.
- La conception ou planification urbaine humanitaire n'a pas été pleinement prise en compte dans les travaux de recherche antérieurs malgré les différentes recherches sur le développement urbain paramétrique qui montre que l'approche paramétrique facilite le travail de conception à l'échelle urbaine.
- Les conditions contextuelles, climatiques et ethnographiques qui ont un impact sur le processus de conception n'ont pas été prises en considération comme des ensembles structurés de contraintes.
- Les résultats des études mentionnées ci-dessus sont concentrés sur la production de séries de plans d'exécution ainsi que la production des quantités et des cahiers de charge.

Ces conclusions orientent donc notre proposition vers l'identification - au-delà des paramètres physiques - d'une série des paramètres contextuels et climatiques afin de voir leur influence sur les paramètres physiques de l'abri.

## 5 Méthode de recherche

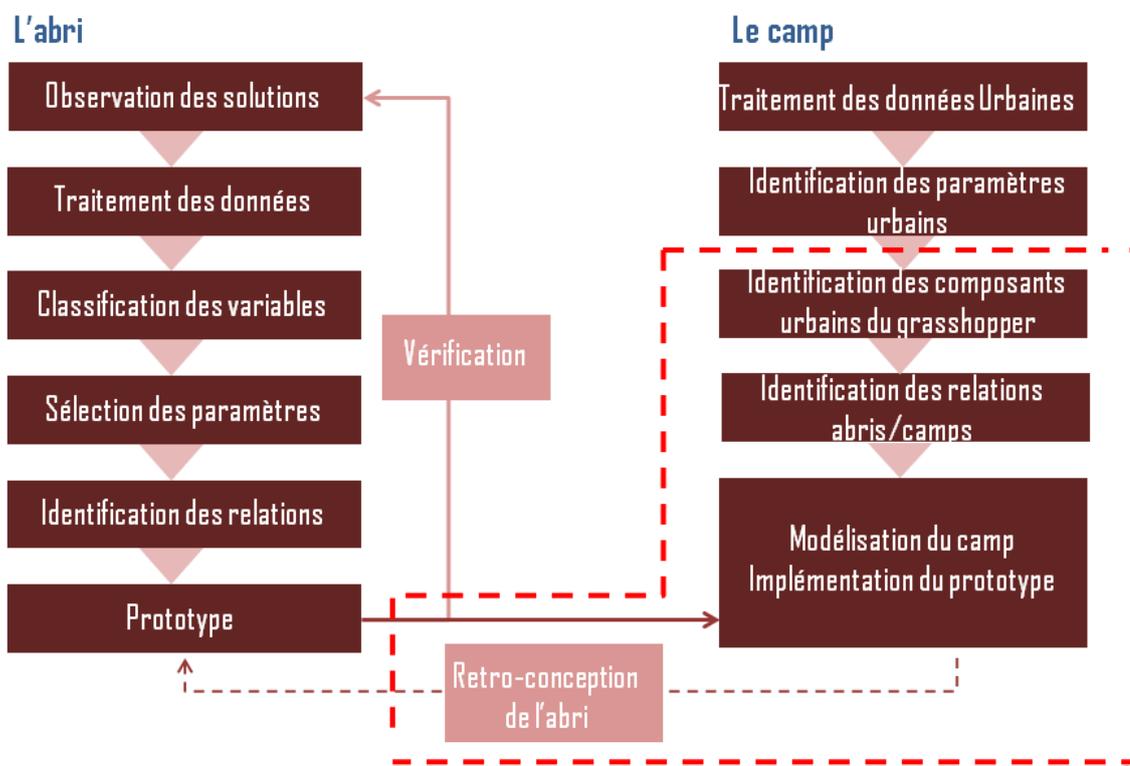


Figure 16 : Schéma de la méthodologie.

La méthode de recherche se divise en deux parties. Dans la première partie de nos propositions, nous essayons d'établir une lecture globale du processus de conception des abris et les relations qu'entretiennent ses paramètres. Dans la deuxième partie nous étendons cette approche à l'échelle urbaine du camp.

### 5.1 La première partie : L'abri

L'observation des solutions implémentées par la CR et les organisations nationales et internationales dans les situations de crises similaires sera nécessaire pour fournir des éléments indispensables dans la conception des abris. Ces éléments seront par la suite traités et constitueront la base de notre travail. Cette observation des solutions est nécessaire pour souligner des données spécifiques et fixer des standards à respecter dans le prototype à

développer et tirer des règles et normes importantes dans la conception humanitaire. Par la suite des variables seront classifiées suivant plusieurs catégories physiques contextuelles ou climatiques. Parmi la liste des variables identifiées, des paramètres ont été choisis pour la conception et la modélisation du démonstrateur. Ces paramètres seront traduits en langage algorithmique et limités par une marge de variation tout en respectant les normes et standards internationaux. Par la suite, nous passerons à l'identification des relations entre les différents éléments et paramètres de l'abri suite à son fonctionnement. Ces relations seront traduites par des opérations de programmation visuelle à l'aide de l'environnement de modélisation paramétrique « Grasshopper ».

## **5.2 La deuxième partie : Le camp**

Dans cette partie, il s'agit ici d'identifier les données et demandes urbaines en se basant sur des ouvrages et des projets similaires ainsi que sur les normes et standards identifiés par les organisations formalisées. L'observation des solutions nous aidera par la suite d'identifier une liste des paramètres (contextuels, climatiques et physiques). Pour la modélisation du camp, une investigation dans les composants utilisés dans « Grasshopper » à base urbaine sera nécessaire pour l'implémentation des opérations. Les relations entre l'abri et le camp seront identifiées également pour arriver à modéliser un prototype de camp avec le démonstrateur d'abri qui a été déjà créé dans la première partie.

## **6 Propositions**

Comme annoncé précédemment l'assistance à la conception doit intégrer des contraintes liées aux paramètres physiques ainsi que contextuels dans le processus de la conception du camp et des abris.

### **6.1 Justification**

Dans cette recherche nous proposons un système paramétrique manuel. Les paramètres et leurs valeurs, identifiés ci après, sont donc à opérer manuellement par l'utilisateur dans le logiciel. L'objectif est d'accompagner le concepteur (architecte ou humanitaire) dès le début de sa démarche dans la création des camps et abris. Cette démarche garantit un premier niveau de conformité des choix par rapport aux contraintes et paramètres exigés.

Par cette méthode le concepteur peut figer les paramètres et contraintes qui déterminent l'aspect des abris ainsi que des camps et continuer la démarche de conception tout en ayant confiance dans la validité des solutions proposées. Cela lui permet ainsi de réduire le temps nécessaire et ainsi d'aborder d'autres problématiques plus complexes durant les phases avancées de conception.

Les informations présentent dans le modèle (direction et forme de la toiture, forme des parcelles...) prennent la forme d'intentions et de choix du concepteur. Ce choix est fixé par des contraintes relatives aux contextes climatiques et culturels.

### **6.2 Les paramètres**

Suite à l'observation des solutions des abris et des camps déjà implémentées dans les situations de crise, nous pouvons remarquer trois types de paramètres (fig. 17) :

- Les paramètres contextuels reliés aux conditions de vie et à la culture,

- Les paramètres climatiques reliés aux conditions climatiques et météorologiques,
- Les paramètres physiques reliés aux formes et géométries.

Dans la suite nous allons développer chaque type de paramètres, ainsi que les éléments constitutants et influant la conception humanitaire.

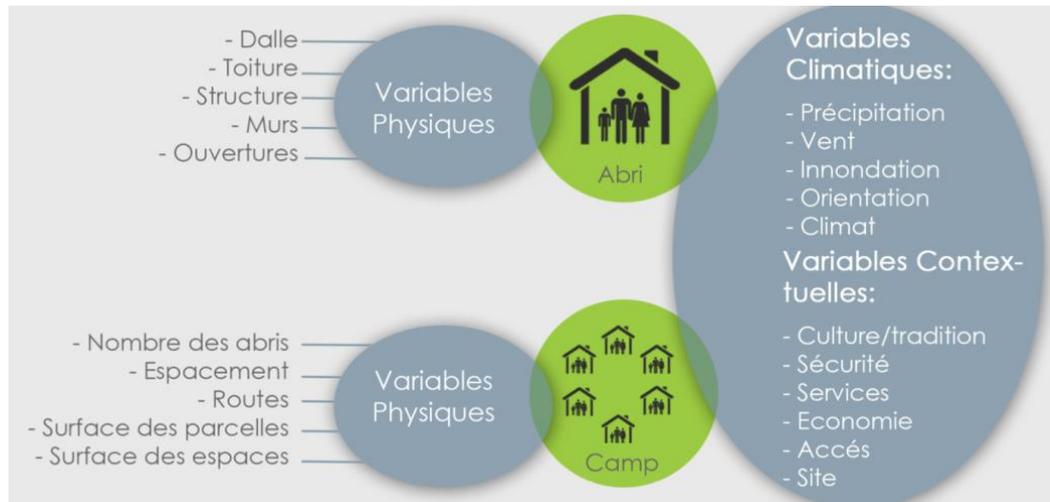


Figure 17 : Classification schématique des différents types de paramètres

### 6.2.1 Variables Contextuelles

Les variables contextuelles sont les variables qui changent suivant la région, le site, la population, la culture et la tradition. Ces variables ont une influence sur la conception de l'abri ainsi que celle du camp. Il faut tenir compte des habitudes locales concernant l'utilisation des espaces couverts et découverts par exemple pour dormir ou pour héberger des membres de la famille élargie.

Une bonne planification de l'espace couvert ainsi que l'espace découvert est indispensable pour garantir le respect de l'intimité et de la sécurité (utilisation d'un écran de séparation, changement des emplacements des ouvertures ainsi que des portes).

**Participation, Culture et Adaptation :** Il faut accorder la priorité aux opinions des personnes ou des groupes censés passer le plus de temps dans les abris et les camps. Les organisations locales ou les architectes, peuvent s'inspirer des types des habitations ainsi que des traditions existantes.

**Sécurité, Intimité, Dignité et Santé :** Il faut respecter les normes de construction et les procédures d'approbation applicables dans le secteur concerné, ainsi il faut respecter les normes d'accessibilité pour les personnes ayant des difficultés à se déplacer.

**Durée de vie, Rapidité et Coût :** Ces trois variables et contraintes sont à la base d'une réponse efficace pour résoudre les problèmes de logement rapidement. La durée de vie de l'abri et du camp doit être prise en compte pour préserver un espace urbanisé assez planifié et qui peut durer dans le temps.

## 6.2.2 Variables Climatiques

Les abris doivent être orientés et conçus pour assurer la meilleure ventilation possible et réduire l'exposition directe aux rayons du soleil.

**Dans les climats chauds :** La construction doit offrir une bonne capacité thermique qui permettra aux variations de température entre la nuit et le jour de rafraîchir ou de chauffer l'intérieur. Il faut aussi faire attention au risque sismique (relation avec la structure paramètre physique).

**Sous les climats froids :** Les matériaux doivent être à haute capacité thermique. Il faut essayer de limiter les courants d'air mais tout en assurant une ventilation adéquate pour les chauffages et les fourneaux de cuisine. Un système de drainage des eaux de surface pour réduire l'écoulement de la pluie vers les zones couvertes.

**Ventilation :** Il faut assurer une bonne ventilation afin d'entretenir un environnement sain à l'intérieur des bâtiments, et réduire les effets de la fumée des fourneaux installés à l'intérieur et limiter le risque de transmission de maladies.

**Environnement :** La sollicitation de ressources environnantes pour la construction des abris doit être réduite. Il convient donc dans les situations d'urgence d'assurer un approvisionnement extérieur durable et de tenir compte sur les besoins en ressources naturelles. Il faut donc effectuer une évaluation

sur l'impact de la catastrophe sur l'environnement pour les interventions et les activités d'atténuation requise.

### 6.2.3 Variables physiques de l'abri

Les paramètres physiques de l'abri sont ceux reliés à la géométrie du logement et au dimensionnement.

Ces paramètres sont définis sur base d'une observation des solutions implémentées par différentes organisations nationales et en particulier par les IFRC (IFRC et RC, 2011). Les paramètres physiques identifiés de l'abri sont donc :

**Forme et Géométrie globale de l'abri :** Plusieurs formes peuvent être choisies pour concevoir un abri (abris circulaires (Fig. 18) et rectangulaires). Ainsi plusieurs formes géométriques ont été créées par des architectes et des étudiants.



Figure 18 : Abri circulaire au nord Burkina Faso, Source Development workshop

Dans cette recherche, nous nous sommes inspirés des abris conçus par la CR et l'UNHCR, qui ont une architecture simple (fig. 19 et 20), le but n'étant pas de créer des formes complexes mais plutôt d'être réaliste sur le besoin des abris.

Ce type étant le plus utilisé dans les situations d'urgence peut être adapté selon le besoin, les habitudes et les traditions des usagers.



Figure 19 et 20 : Type rectangulaire d'abri utilisé au Côte d'Ivoire 2010 (gauche) et au Nicaragua 2007 (droite), Source Shelter Case Studies 2011, UNHCR, UN Habitat, IFRC & RCS.

**La surface :** une superficie couverte de 3,5 m<sup>2</sup> par personne est retenue pour répondre aux besoins standards (Le Projet Sphère, 2011). Cette surface acceptée pour les abris à court terme, ne sera pas pour ceux à long terme. Dans le cas où les abris vont durer dans le temps, la surface par personne doit être agrandie pour réduire au minimum les effets nocifs sur la santé et le bien-être des personnes hébergées.

**Les extensions :** L'impact d'un espace couvert de petites dimensions doit être étudié en termes de respect de la dignité, de la santé et de l'intimité. Des abris temporaires sont donc conçus avec une possibilité d'extension dans le futur pour pouvoir répondre à une période plus longue et éventuellement durer plusieurs années.

**Les espaces intérieurs extérieurs :** Selon les cultures et les traditions, les espaces intérieurs et extérieurs sont précisés suite aux besoins. Des extensions extérieures devront être prévues pour créer des espaces ombrés ainsi que des espaces pour cuisiner.

**Les ouvertures :** Les portes et les fenêtres doivent être aussi conçues pour assurer la sécurité et l'intimité ainsi que le respect de la dignité. Une variation de hauteur et d'emplacement des portes et de fenêtres sera mise en place pour régler cette question d'intimité. La position des fenêtres ainsi que des portes sont importantes pour diminuer le risque de dégâts par les tempêtes.

**Matériaux et structure :** Les matériaux de construction n'étant pas pris en considération dans le travail de recherche pour des raisons de temps, ont été traduits par un paramètre qui correspond à l'épaisseur des éléments de l'abri (comme la dalle, les murs, la toiture).

**La hauteur :** La hauteur sous plafond est un facteur à prendre aussi en considération, une plus grande hauteur étant préférable sous des climats chauds et humides pour permettre une bonne circulation de l'air, et une moins grande sous les climats froids pour réduire le volume intérieur à chauffer. Ceci montre que la hauteur est aussi reliée à des paramètres climatiques et contextuels.

**La toiture :** La direction de la toiture ainsi que les angles de la pente sont des paramètres physiques mais qui sont aussi reliés à des paramètres climatiques comme le climat, l'ensoleillement... La toiture doit s'adapter à une série de variations climatiques allant de nuits et d'hivers froids à des journées et des étés chauds. Elle doit également avoir une pente raisonnable pour l'écoulement des eaux de pluie et doit être pourvu d'auvents de bonnes dimensions (sauf dans les régions exposées à des vents violents). Ainsi des planches surélevées doivent être prévues pour réduire le risque d'un écoulement d'eau à l'intérieur (Le Projet sphère, 2011).

## 6.2.4 Variables physiques du camp

Le développement urbain d'un camp de réfugiés varie à nouveau selon les régions et les cultures. Par contre l'ensemble des paramètres physiques qui interviennent dans la conception des camps à l'échelle urbaine sont identiques. Nous avons essayé dans ce travail de recherche d'identifier les paramètres physiques qui peuvent avoir une influence sur le camp à l'échelle urbaine<sup>13</sup>. Pour identifier ces paramètres il fallait identifier les principales installations nécessaires sur un site de réfugiés qui sont selon la UNCHR:

- Les routes et les pare-feu,
- Les surfaces de terrains et densité des populations,

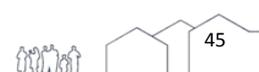
---

<sup>13</sup> Le travail à l'échelle urbain n'était pas fini dans le stage, dans ce mémoire on élabore les résultats eu.

- L'approvisionnement en eau et d'assainissement (zones de défécation, les latrines, les fosses d'élimination des déchets, lavoirs, etc.),
- Les établissements de santé: centres de santé, postes de santé, hôpital, pharmacie et de site pour le camp de choléra,
- Lieu de rencontre pour visiteurs à domicile,
- Installations de la nutrition: les centres d'alimentation thérapeutique et complémentaire,
- Le site de distribution et de stockage (dans des endroits séparés),
- Centre administratif, salle de réception
- Autres équipements collectifs: le marché, les écoles, un cimetière, des lieux de rencontre, etc.
- Les circulations intérieures, les chemins et les gabarits des abris.

Ainsi, des normes quantifiées pour la planification du camp d'urgence qu'il faut prendre en considération d'après l'UNHCR

- Surface disponible par personne doit être plus grande ou égale à 30 m<sup>2</sup>, elle est comprise entre 30 m<sup>2</sup> et 45 m<sup>2</sup> par personne,
- Le nombre de personne pour chaque point d'eau dans un camp ne doit pas dépasser les 250 personnes,
- Le nombre de personne pour chaque douche ne doit pas dépasser les 100 personnes,
- Un point de collecte des ordures pour 500 personnes,
- Une unité basique de santé pour 10.000 personnes,
- Un centre de santé pour 50.000 personnes,
- Le nombre de personne par latrine est plus petit ou égal à 20 personnes,
- La distance des abris aux points d'eau doit être égale à 15 m maximum, alors que la distance aux latrines doit être égale à 30 m,
- La distance entre les abris doit être plus grande ou égale à 2 m pour éviter les incidents de feu ainsi pour assurer une ventilation et une lumière naturelles,
- Coupe-feu 75 m tous les 300 m.



### **6.3 Les opportunités du paramétrage dans le design des abris et camps**

L'identification des paramètres qui entrent en jeu dans la conception des abris et des camps d'urgence nous conduit à les incorporer dans un logiciel de modélisation paramétrique comme déjà élaboré dans des travaux similaires. Cet apport de l'architecture paramétrique dans le domaine humanitaire aide à évaluer le comportement de conception et de construction ainsi qu'à y incorporer les retours des bénéficiaires pour améliorer par la suite les principes de conception (Yeung et al., 2010). Les possibilités du paramétrage ainsi que l'identification des limites et des contraintes semblent apporter au domaine de conception humanitaire un intérêt vu que ce dernier est délimité par des contraintes, des normes et des standards à prendre en considération.

### **6.4 Le développement d'un abri**

L'objectif de ce travail n'est pas la modélisation complexe qu'offre cette approche de conception, mais plutôt la génération d'un prototype d'abri (fig. 21, 22 et 23) en identifiant les différentes relations entre les éléments de l'abri et celui du camp.

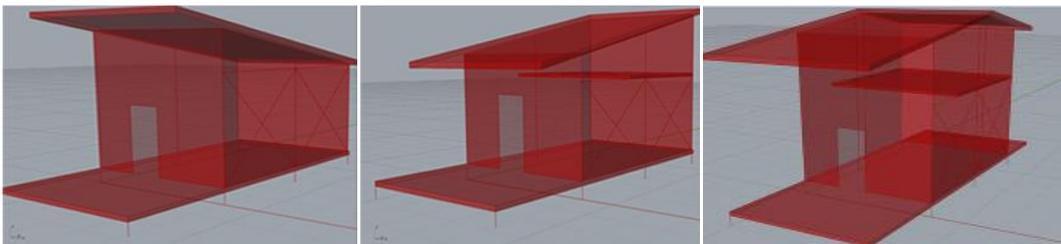


Figure 21, 22 et 23 : Trois types d'abris développés avec toitures et inclinaisons différentes.

Néanmoins, il est indispensable de connaître le processus de conception de l'abri pour comprendre l'ordre logique dans lequel les informations concernant ces différents éléments sont définies et peuvent donc être insérées dans les méthodes de modélisation paramétrique.

Tout d'abord la catégorie de l'abri et l'échelle du bâtiment ont été définies. Dans ce travail, un prototype d'abri transitoire a été développé avec des

paramètres basés sur les standards de la CR et autres organisations internationales. Le niveau de flexibilité a été défini dans le modèle et ainsi les éléments à contrôler.

Il fallait aussi identifier les informations que l'on cherche de l'extérieur pour les intégrer dans le modèle, dans le but de spécifier les formules et les relations entre les différents éléments. Ces relations seront à la base du comportement de tout l'ensemble de l'abri pour lui garantir un fonctionnement normal.

Quels sont les éléments fondamentaux de la conception de ces abris les paramètres utilisés, les relations identifiées ainsi que les normes et les standards retenus dans les prototypes ? Dans la suite nous répondrons à ces questions.

#### **6.4.1 Les éléments retenus dans la conception de l'abri**

Après observations des différents paramètres qui peuvent influencer le processus de conception de l'abri, nous avons choisi les éléments les plus pertinents et importants pour la modélisation du prototype développé durant ce stage.

A noter que la manipulation des paramètres (physiques ou contextuels) dans le prototype développé se fait manuellement. Ainsi les sorties de certaines opérations formeront des entrées et des données pour d'autres.

De multiples opérations à base mathématiques et algorithmiques sont utilisées dans la modélisation des éléments choisis ainsi que des formules de condition.

Les éléments retenus ainsi que les normes standard sont :

**La dalle et la surface intérieure** : Cette surface a été fixée entre  $3.5 \text{ m}^2$  comme surface minimale et  $6 \text{ m}^2$  comme surface maximale. Ces valeurs ont été extraites d'après les standards minimum fixés par les organisations internationales pour garantir une vie digne des habitants (Le Projet Sphère, 2011).

Cette valeur peut augmenter selon la fonction et la durée de vie prévue pour l'abri. La surface intérieure sera ensuite utilisée pour former la dalle intérieure. En plus, d'autres paramètres ont été intégrés en relation avec la surface intérieure :

- Les extensions de la dalle (un paramètre qui est défini en fonction des habitudes et traditions des populations déplacées),
- Les extensions de la toiture qui suivent celle de la dalle,
- La position de la porte (côté).

**La hauteur :** La hauteur minimale de l'abri selon les standards internationaux est égale à 1.8 m. Les conditions climatiques devront être un paramètre relié à la hauteur de l'abri (comme indiqué dans le contexte climatique). La hauteur de sous-plafond conditionne la présence optionnelle d'une mezzanine à l'intérieur de l'abri.

**La toiture :** La toiture est un élément clé de l'abri. C'est l'élément principal pour répondre aux catastrophes et crises. Suite à l'identification des différents types d'abris conçus et construits par la CR dans plusieurs régions (IFRC & RC Ten Design, 2003), deux modèles de toiture ont été adoptés dans le développement du prototype. Les deux modèles de toiture sont :

- Une toiture à une seule pente,
- Une toiture à deux pentes.

D'autres modèles de toiture plus complexes existent, mais dans cette recherche nous nous limitons aux deux types cités ci-dessus.

Le processus de développement de la toiture sera exposé ultérieurement. La forme ou le modèle de la toiture, ainsi que sa direction et sa rotation devront être reliées à des paramètres climatiques (tel que le vent, l'orientation, le climat, l'ensoleillement, la ventilation...). Dans ce prototype la variation des paramètres de la toiture s'effectue manuellement. Dans les travaux à suivre, l'idéal sera d'incorporer les paramètres contextuels dans l'environnement de modélisation.

**Les extensions de la toiture :** Les extensions de la toiture ainsi que leurs débordements sont des paramètres qui ont été intégrés dans le processus de conception du démonstrateur. Ces paramètres sont également définis par des conditions climatiques et contextuelles. L'extension de la toiture est aussi reliée (comme déjà mentionné) par l'extension et la direction de la dalle.

**La structure :** La représentation de la structure ainsi qu'un système de contreventement est un paramètre prévu dans la conception du prototype. Les structures doivent répondre aux spécifications et aux normes nationales et internationales. Un recours à des spécialistes techniques et des ingénieurs structures possédant une expérience antérieure de solutions appropriées ou de bonnes pratiques doit être préféré. La présence de ces paramètres doit être également en relation avec des conditions climatiques. Ceci étant très important pour prévoir une résistance des abris contre les changements climatiques ou les catastrophes (tempête, séisme...).

Les paramètres de ces éléments retenus ont des contraintes dimensionnelle ou géométrique tout au long de la conception et du développement ; Les contraintes dimensionnelles ont maintenu des relations mesurables en limitant les paramètres par des marges de variation, alors que les contraintes de géométrie ont maintenu une relation de forme et de d'orientation entre les différents éléments. Ces contraintes ont permis un bon fonctionnement de l'abri.

#### **6.4.2 Le processus de conception de l'abri**

Un modèle conceptuel a été développé pour aider dans la modélisation. Ceci a pour but d'identifier les relations possible entre les différents éléments de l'abri, ainsi que définir les paramètres implémentés dans la conception de chacun.

Le processus de conception du prototype commence par le nombre de personne avec la surface demandée par habitant qui nous permettra de constater la surface demandée par abri.

Cette surface est la base de tous les éléments implémentés. Elle sera ainsi en relation avec les autres paramètres. La dalle et les extensions ainsi que la toiture et les structures seront déduits par la suite à travers la surface intérieure et les variables contextuelles ainsi que climatiques.

Le choix de la toiture peut se faire directement après la surface. Les structures et l'enveloppe du logement se font par déduction de la toiture choisie. En effet la toiture a un rôle primordial dans la personnalisation des abris. L'espace intérieur est « vide » laissant à chaque famille la liberté de configurer leur disposition de préférence. Cette démarche de conception validée par l'architecte Diane Heirend diffère de celle décrite dans l'article de Gonçalves (Gonçalves, 2014) (fig. 24). Gonçalves s'est basé sur des grammaires et modules de configuration en partant d'une forme initiale permettant une extension et un développement de cette forme initiale. Ce qui diffère dans notre démarche est l'importance que nous accordons à la toiture qui forme l'élément essentiel. La démarche de génération des grammaires de forme suivie par Gonçalves est intéressante au niveau de la production de la masse comme on a déjà vu avec l'ouvrage de Deborah pour la reconstruction d'Haïti (Deborah et al., 2011).



Figure 24 : Les grammaires de forme pour la génération de l'espace intérieur. Source Gonçalves, 2014

Dans la suite nous élaborons en détail les éléments de l'abri retenus dans la conception, leurs propres paramètres et marges de variations qui aident dans leur caractérisation.

### 6.4.2.1 Surface Intérieure

La surface intérieure minimale est un élément abstrait. Il sert comme base pour définir d'autres éléments, comme la dalle et la toiture. Cette surface base de l'abri est définie par un ensemble des opérations géométriques (fig. 25). Ces paramètres qui conditionnent la création de la surface intérieure sont :

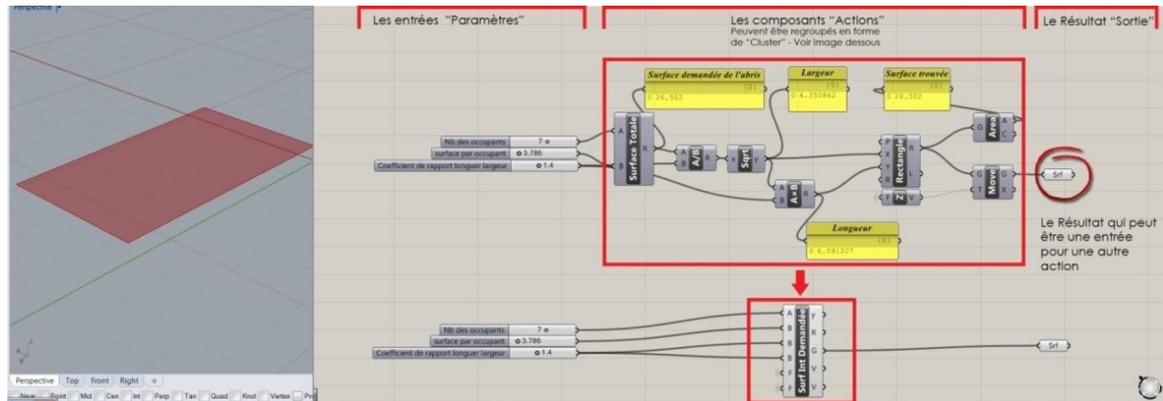


Figure 25 : Processus de modélisation de la surface intérieure

- Nombre de personne

Une information qui doit être fournie par les organisations prises en charge d'accueillir les populations déplacées.

*La valeur de nombre de personne par abri dans ce prototype est comprise entre 4 et 10 personnes.*

- Surface intérieure par personne

Cette surface est plus grande ou égale à  $3.5 \text{ m}^2$  par personne. L'intervalle de variation de la surface par personne est entre  $3.5 \text{ m}^2$  et  $6 \text{ m}^2$ . Cela est défini par la durée de vie de l'abri.

*La valeur de la surface intérieure définie dans le prototype est comprise entre  $3.5 \text{ m}^2/p$  et  $6 \text{ m}^2/p$*

- Relation Largeur/Longueur

Une relation entre la longueur et la largeur de l'abri a été maintenue pour assurer une surface et forme viable à l'intérieur. Cette contrainte permet de changer la surface en gardant l'espace d'intérieur viable tout au long de processus de la conception.

*La valeur de coefficient entre largeur et longueur définie dans le prototype est comprise entre 1.2 et 1.8.*

### 6.4.2.2 Dalle

La dalle est l'élément qui est défini par la surface intérieure de base. Des opérations d'algorithmes sont appliquées à la surface inférieure afin de constituer un élément de construction ; la dalle (fig. 26 et 27). Ces opérations varient entre extrusion, déplacement, rotation... En plus des opérations de base, d'autres opérations de dépendance et de conditions sont implémentées dans le processus de modélisation de chaque élément constructif de l'abri. Les paramètres implémentés dans la conception de la dalle sont de types physiques ainsi que contextuels. Ceci aide à donner une caractéristique sémantique de cet élément. Les paramètres qui aident dans la définition des caractéristiques de la dalle sont donc :

- L'épaisseur de la dalle

Ce paramètre dépend en principe des matériaux de construction choisis pour l'abri. Ces matériaux de construction sont en relation avec les conditions climatiques pour limiter l'échange et le transfert de chaleur.

*La valeur de l'épaisseur de la dalle définie dans le prototype est comprise entre 10 cm et 25 cm*

- Le surélévement de la dalle

Ce paramètre choisi dans la conception de l'abri est très important. Il permet d'éviter le transfert et la perte de chaleur par le sol, ainsi que de réduire l'écoulement d'eau de pluie ou de fonte de neige à l'intérieur de la zone couverte. Le surélévement de la dalle peut aussi réduire la présence des insectes dans l'abri. Un autre intérêt pour ce paramètre, c'est qu'il permet de placer l'abri dans un terrain qui n'est pas horizontal.

*La valeur de surélévement de la dalle définie dans le prototype est comprise entre 0 et 60 cm*

- Les extensions de la dalle

Ce paramètre choisi dans la conception de l'abri doit être relié aux traditions et culture des populations. En effet, c'est la population affectée qui, étant la première à fournir des solutions, doit intervenir dans la personnalisation des éléments comme dans le cas des extensions de la dalle. Ces extensions

peuvent être des lieux pour cuisiner ou bien pour se protéger contre le rayonnement du soleil et la pluie. La direction de l'extension peut être ainsi choisie. Cette direction doit être reliée aux paramètres du camp pour limiter les vis-à-vis avec les voisins ainsi que pour définir l'entrée des abris. La direction de l'extension définie par la suite la position de la porte. Donc, la porte est positionnée sur le mur du côté avec l'extension de la dalle la plus grande.

*La valeur d'extension de la dalle définie dans le prototype est comprise entre 1.5 m et 3 m.*

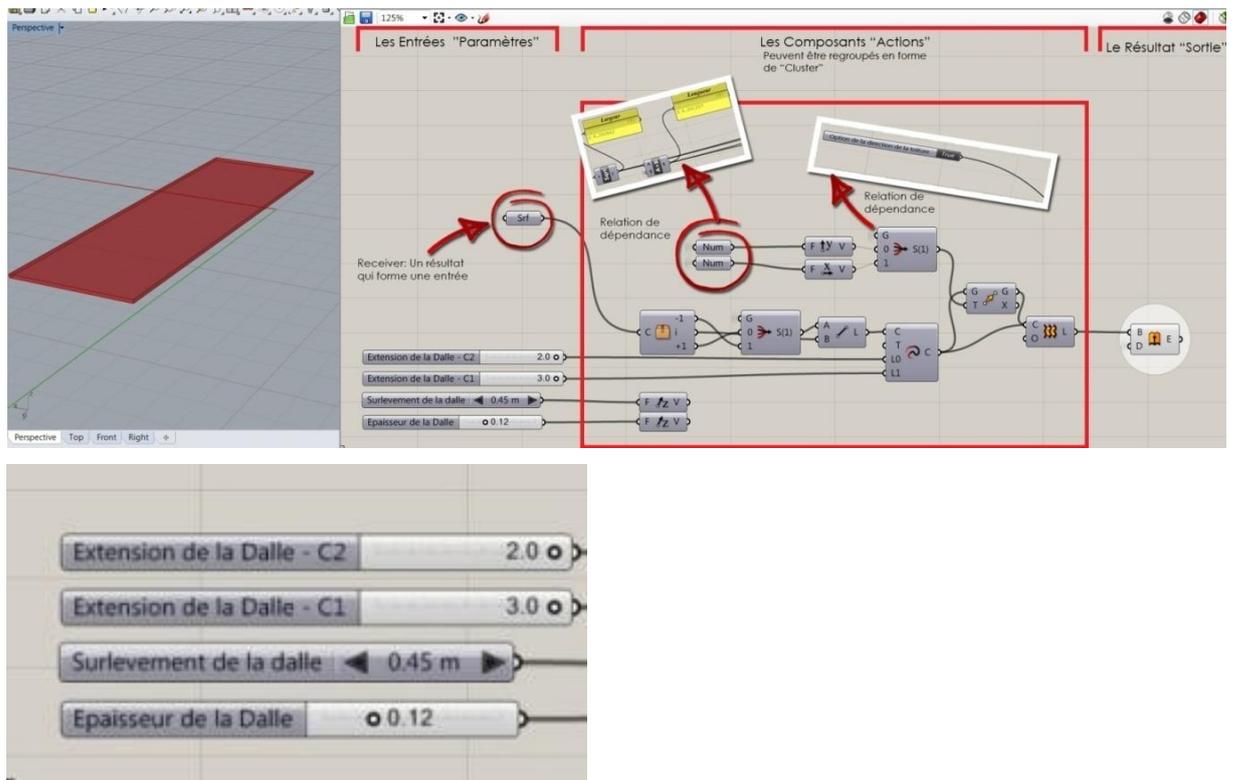


Figure 26 et 27 : (Haut) Processus de modélisation de la dalle avec les extensions. (Bas) Les paramètres de la dalle.

### 6.4.2.3 Toiture

La toiture est l'élément le plus complexe dans la modélisation du prototype. Un modèle de processus de modélisation conceptuel a été défini afin d'identifier les relations qui peuvent relier la toiture à d'autres éléments de l'abri. Ainsi des opérations d'algorithmes ont défini la toiture (fig. 28 et 29).

Ses paramètres sont reliés entre eux par des opérations et formules mathématiques, algorithmiques et conditionnelles. Les paramètres qui définissent la toiture sont :

- Les trois points de contrôle

La toiture est définie par un segment formé de trois points de contrôle (deux aux extrémités et le troisième dans le segment formé). La longueur de segment est reliée à la longueur déjà définie par la surface intérieure précédemment. Les points de contrôle aux deux extrémités du segment sont définis par une valeur suivant l'axe Z. Alors que le troisième point entre les deux extrémités est défini par une valeur Z mais également par une valeur X ou Y selon la direction de la toiture. Donc ce point peut se déplacer sur le segment entre les deux extrémités sans les dépasser. La valeur Z de chaque point est définie par des opérations mathématiques afin de ne pas tomber sur des formes indésirables.

*Les marges de variations des valeurs Z des trois points de contrôles définies dans ce prototype sont comprises entre 0 et 1.5 m.*

- La direction de la toiture

Cette direction de la toiture doit être reliée aux paramètres du camp pour limiter les vis-à-vis avec les voisins ainsi que pour définir l'entrée des abris. Dans le prototype la direction était choisie manuellement comme déjà indiqué pour les autres paramètres. Elle suit également la direction de la dalle.

*Cette direction est définie par des relations de dépendances qu'offrent « Grasshopper ». Cette opération 'toggle' permet de varier les entrées.*

- La géométrie de la toiture

La toiture peut avoir deux formes géométriques. Ces formes choisies sont les plus utilisées dans les solutions similaires déjà implémentées dans des situations diverses. Nous distinguons alors deux formes, une toiture plate avec une pente et une toiture à deux pentes. Le choix de la catégorie est fait selon des conditions climatiques ou également des conditions contextuelles et traditionnelles.

*Le choix de la géométrie de la toiture est fait par une opération de 'toggle' entre les entrées.*

- L'épaisseur de la toiture

Comme la dalle, la toiture est définie par une extrusion pour lui donner une épaisseur et lui donner des caractéristiques sémantiques. Ce paramètre dépend

des matériaux de construction choisis pour l'abri. Ces matériaux de construction sont également en relation avec les conditions climatiques de la région.

*La valeur de l'épaisseur de la toiture est comprise entre 10 cm et 25 cm.*

- **Le débordement de la toiture**

Pour limiter et diminuer le rayonnement solaire sur les parois extérieures de l'abri, des débordements de la toiture sont prévus de chaque côté. Cet élément est donc relié à des paramètres climatiques. La valeur de débordement ainsi que les cotés de débordement varient selon les besoins.

*La valeur de débordement de la toiture est comprise entre 10 cm et 60 cm.*

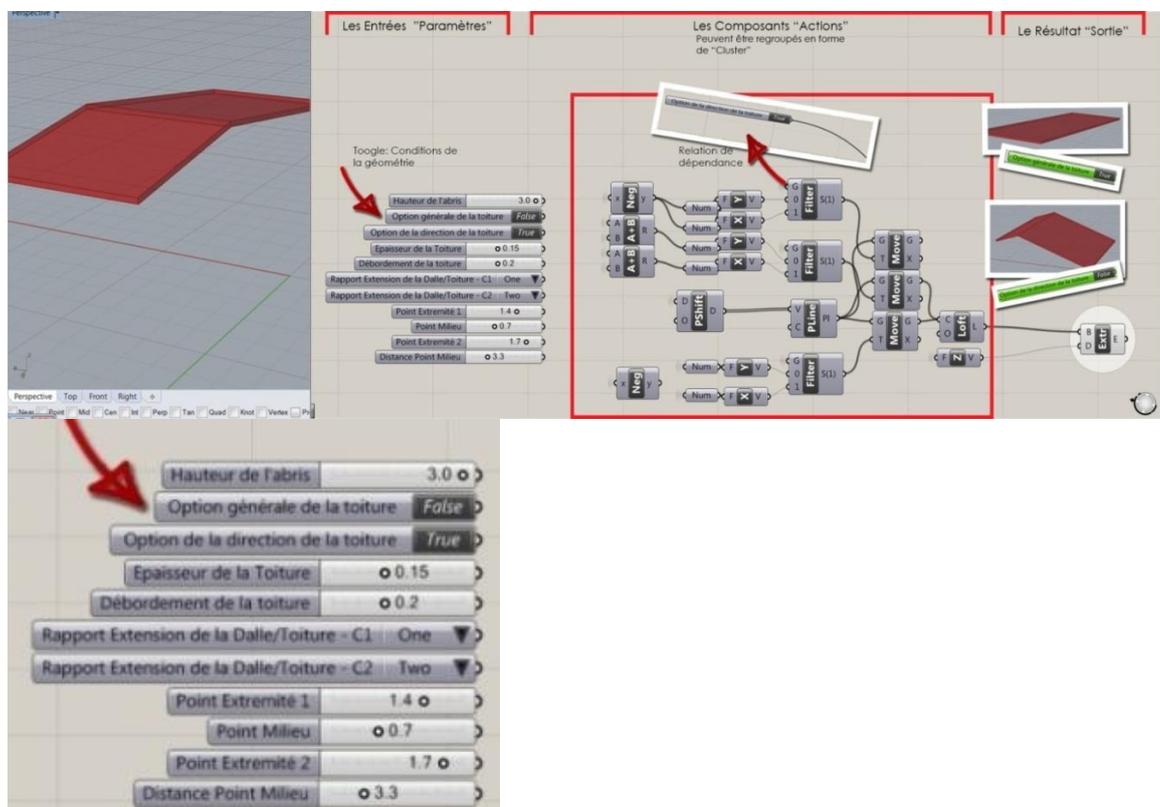


Figure 28 et 29 : (Haut) Processus de modélisation de la toiture. (Bas) Les paramètres de la toiture.

### 6.4.2.4 Mezzanine

La mezzanine est un élément qui suit des conditions reliées à la hauteur sous-plafond. L'apparition d'une mezzanine dans le prototype se fait si la hauteur sous-plafond couvre certains critères (fig. 30 et 31). La hauteur sous-plafond d'une des deux cotés doit être plus grande ou égale à 1.5 m. Les autres paramètres qui définissent les caractères de la mezzanine sont :

- L'épaisseur de la mezzanine

La mezzanine est définie par une épaisseur pour lui donner des caractéristiques sémantiques. Ce paramètre dépend des matériaux choisis.

*La valeur de l'épaisseur de la mezzanine définie dans le prototype est comprise entre 10 cm et 25 cm.*

- La largeur de la mezzanine

La mezzanine est définie aussi par une largeur. Cette largeur est en relation avec la largeur de l'abri. Un domaine de variation de largeur pour la mezzanine est défini en fonction de la largeur du côté de l'abri pour éviter que la mezzanine dépasse la largeur de l'abri.

*La valeur de la largeur de la mezzanine définie dans le prototype est comprise entre 0 cm et la largeur totale de l'abri.*

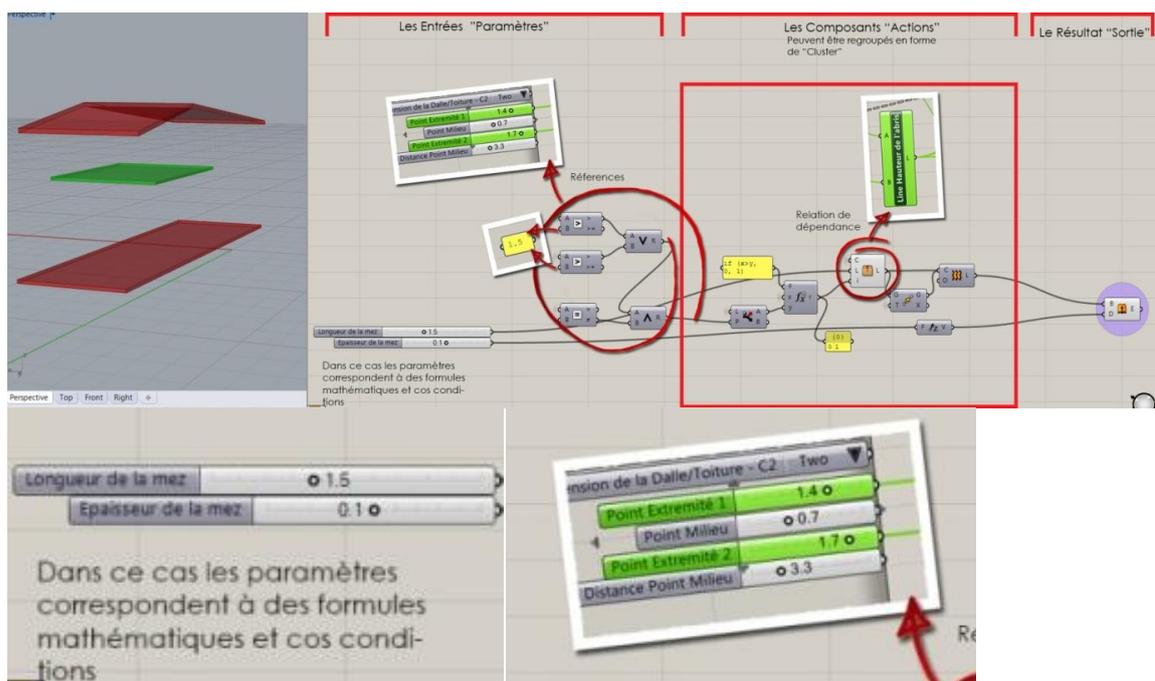


Figure 30 et 31 : (Haut) Processus de modélisation de la mezzanine. (Bas) Paramètres et conditions de l'apparition de la mezzanine.

### 6.4.2.5 La porte

Cet élément est relié à la direction de l'extension de la dalle extérieure. La porte suit alors le côté avec la plus grande extension. Les paramètres qui définissent la porte sont :

- La position de la porte

La position de la porte dans le mur côté plus grande extension de dalle peut varier dans une marge qui correspond aux dimensions du mur. Cela fait en sorte que la porte reste insérée dans le mur et qu'elle ne dépasse pas les limites.

- La hauteur et la largeur de la porte

La hauteur de la porte varie entre 1.8 m et 2.2 m alors que la largeur de la porte varie entre 0.9 m et 1.2 m.

#### 6.4.2.6 La structure

Cet élément est relié à des contraintes climatiques (tempête, séisme...). Un apport des experts est nécessaire dans la conception structurelle pour le dimensionnement des poteaux, des poutres et le contreventement. Les paramètres qui définissent la structure sont :

- L'espacement des poteaux et leurs positionnements

La division entre les structures peut se faire selon plusieurs façons, soit il faut partir du milieu ou des côtés. Cette opération a été créée à l'aide d'un composant de programmation C# écrit dans « Grasshopper »<sup>14</sup>.

*La marge de variation de l'espacement de la structure est entre 1 m et 3 m.*

- La section des poteaux et poutres

La section des poteaux dépend des matériaux utilisés. Etant donné que les matériaux n'étaient pas pris en considération, une marge de variation de la section a été établie pour permettre une modification manuelle de cette valeur.

*La section des poteaux peut avoir une forme rectangulaire ainsi que circulaire.*

- La présence des contreventements

La présence des contreventements ou non est également reliée aux conditions climatiques et contextuelles. Cela permet de protéger l'abri contre les tempêtes et de le rendre plus solide et rigide. Les avis des experts dans en structure est important dans la définition de ces éléments afin de maintenir les normes de protection.

---

<sup>14</sup>Ce langage de programmation a été créé avec l'aide d'un spécialiste de programmation

## 6.5 La conception des camps

Le développement d'un environnement urbain (un camp d'urgence planifié) suite aux catastrophes présente une complexité. Ceci est dû aux besoins rapides des populations touchées par les crises. Comme déjà cité dans les introductions, les intervenants dans les crises, se concentrent sur les besoins immédiats en oubliant le développement à l'échelle du camp.

On peut identifier deux façons principales pour regrouper les abris :

1. La méthode préférée consiste à organiser le site en unités communautaires de base, constitué par un certain nombre de centres d'accueil et des installations communautaires (latrines, points d'eau et des zones de lavage) (Toole, 1990). Ces unités de base doivent correspondre à la conception d'aussi près que possible de celle avec laquelle les réfugiés sont les plus familiers (exemple UNHCR. Handbook for Emergencies. Geneva: UNHCR, 1982. )
2. La mise en place des abris en grille est une autre possibilité, mais celle-ci n'est pas recommandée, car elle prive les familles de l'espace personnel, et augmente les distances de latrines et points d'eau. D'autre part, une telle disposition peut être mise en œuvre rapidement et est souvent préférée quand il faut faire face à un afflux soudain et massif de réfugiés.

### 6.5.1 Les variables retenus du camp

Les variables retenus dans la conception du camp sont :

**Rotation des parcelles :** La rotation des parcelles peut se faire manuellement. Cette rotation permet de choisir la bonne orientation. Ainsi, nous pouvons effectuer une rotation de l'ensemble des abris.

**Les chemins :** Les chemins entre les parcelles ont été fixés suivant les normes et standards internationaux des camps.

**Les parcelles :** Un module de quatre parcelles différentes est créé. Ce module est multiplié à l'intérieur d'un site.

**Le site :** Le site choisi dans ce prototype était considéré comme horizontal. Un composant permettant de choisir une forme de site importé dans « Rhinoceros ».

### 6.5.2 Le processus de conception des camps :

Nous proposons un processus de conception des camps, identifions les éléments fondamentaux des camps ainsi que les paramètres et relations qui agissent ensemble pour définir un modèle conceptuel.

Une analyse des besoins et des problèmes est essentielle. La conception des camps doit être reliée aux types de solutions envisagées. Dans le prototype nous considérons un camp qui répond aux besoins immédiats avec une durée de vie de 4 à 5 ans. Le terrain considéré est plat, sans courbe de niveau.

Un ensemble de but doit être défini également concernant le nombre d'abris et des déplacés. Des questions se posent durant le développement d'un camp d'urgence, les solutions proposées doivent être conformes aux standards déjà cités.

En outre, le camp conçu doit être une solution unique qui résultera d'une combinaison particulière entre les paramètres et les données physiques, climatiques ainsi que contextuelles. Dans la suite nous présentons quelques vues des prototypes du camp développé.

L'aspect génératif que propose « Grasshopper » devait être testé dans la conception du camp. Il s'agit d'agir sur les paramètres du camp pour trouver la meilleure configuration des parcelles et des abris. De même des autres exercices individuels ont été développés au cours du stage agissant sur des éléments particuliers :

- Disposition des latrines pour avoir la plus petite distance avec les abris.
- Configurer un ensemble des espaces verts dans le camp.

Le module créé est divisé en quatre parcelles de surface différentes (les surfaces varient proportionnellement) (fig. 32). De même les hauteurs des blocs subissent des transformations en relation avec des formules et des éléments

attirants (attractor point /Curve). Cela permet d'avoir des hauteurs différentes des abris.

Dans la figure 33, nous testons ce module dans une polygône qui désigne un site horizontal. Un composant représente cette courbe qui peut être changée par une simple sélection dans « Rhinoceros ». Les abris et terrains générés se délimitent à l'intérieur de cette courbe fermée représentant le site en suivant des conditions fixées.

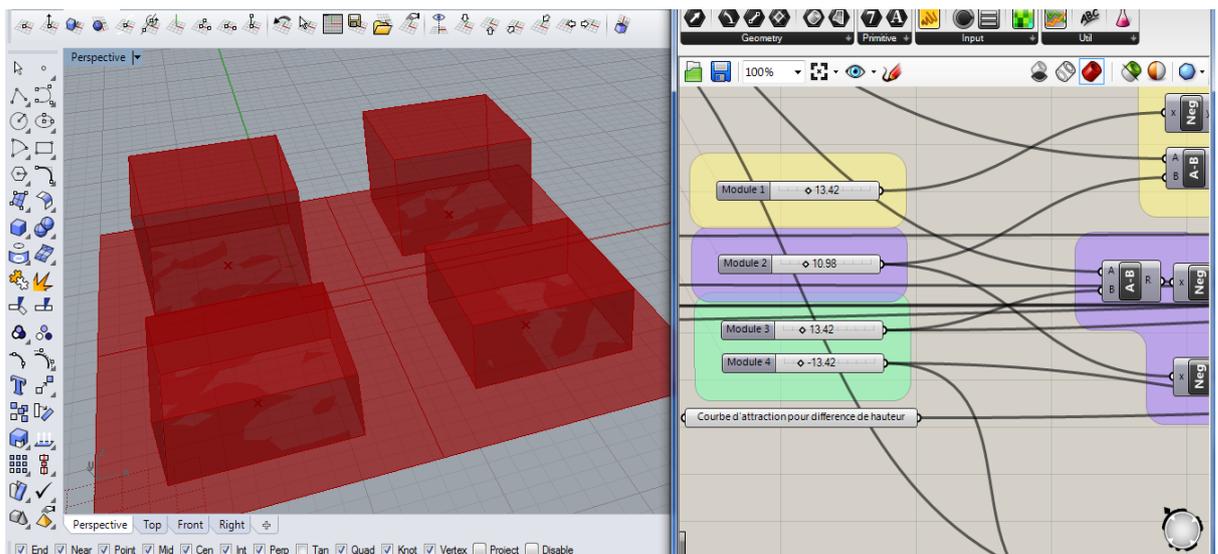


Figure 32 : Le module à générer dans le site

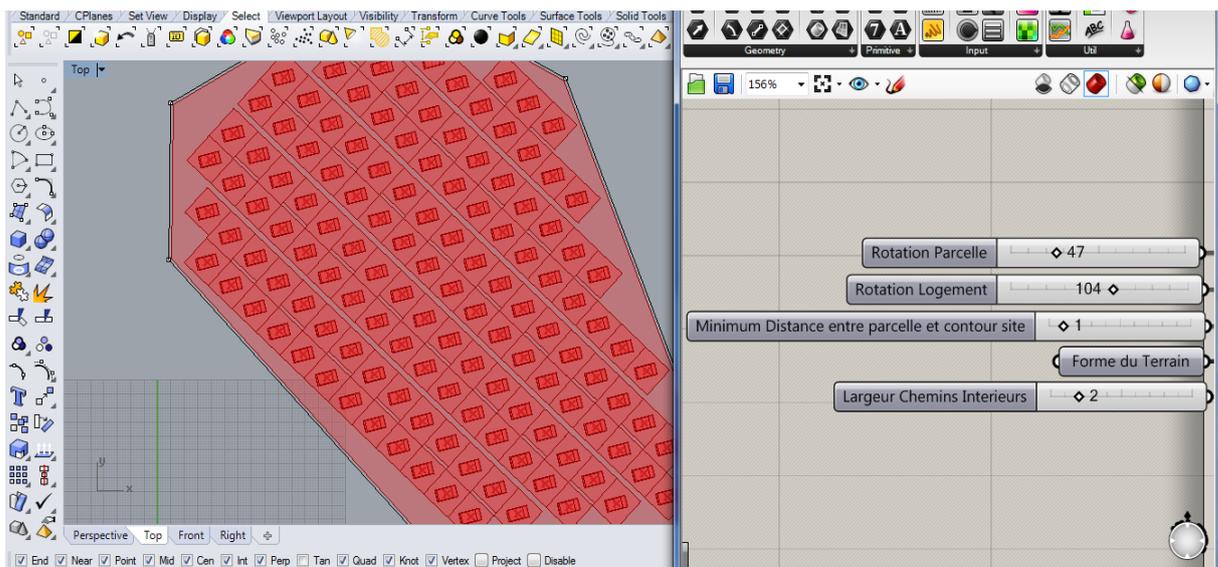


Figure 33 : Un démonstrateur sur une forme du site choisi

## 6.6 Le choix du logiciel

Le modeleur « Rhinoceros » et le plugin « Grasshopper » ont été choisis pour l'implémentation et la création des abris et camps d'urgence (fig. 34).

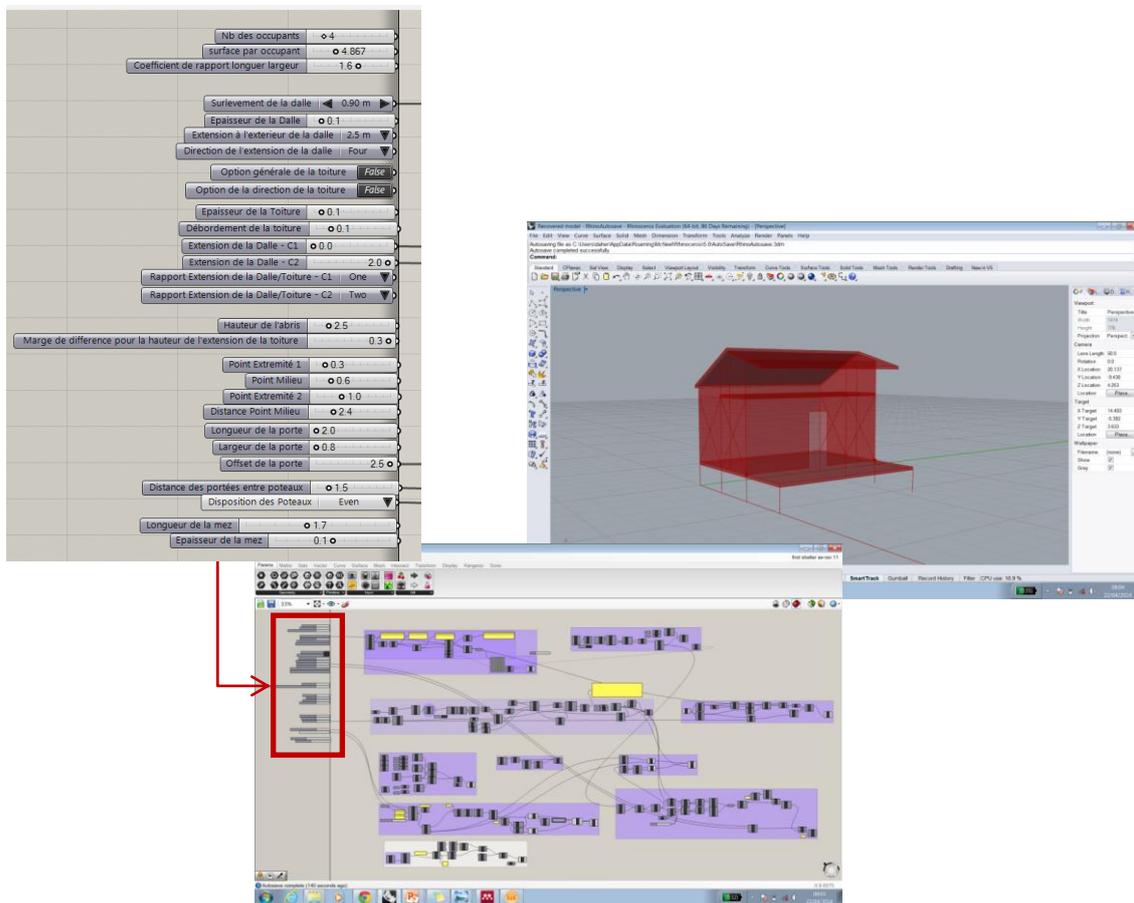


Figure 34 : Environnement de modélisation paramétrique.

Ce choix est justifié par la capacité de ce logiciel à concevoir et manipuler facilement les objets sur base d'algorithmes visuels. La visualisation des changements induits par la variation de paramètres se fait immédiatement. En plus la programmation visuelle qu'offre « Grasshopper » permet de développer les prototypes sans avoir de connaissances de programmation. Ce plugin dispose d'une série d'objets prédéfinis classifiés selon leur fonctionnement en neuf catégories. Ces objets sont appelés « Composants ». Ces composants forment des algorithmes permettant d'effectuer des opérations géométriques et de modélisation. La connexion des différents composants dans « Grasshopper » permet l'implémentation des algorithmes qui n'existaient pas déjà. Il faut ainsi noter que la représentation graphique des composants « Grasshopper »

ressemble à celle de la programmation informatique (Davis et al., 2011). Une bonne représentation des composants permet un suivi du travail par d'autres personnes, ce qui favorise la collaboration. La structuration des données dans « Grasshopper » prend la forme de listes. Une bonne compréhension des listes et des chemins d'accès aux données facilite l'utilisation de ce plugin. Quoique la manipulation de ces structures et l'accès aux données étaient un enjeu majeur dans le travail et il fallait faire recours à des experts dans ce domaine pour essayer de résoudre les problèmes qui en résultent. Certains tendent à rassembler les composants dans des capsules pour améliorer la manipulation et l'affichage ainsi que la compréhension des algorithmes implémentés, mais dans notre cas particulier, nous avons considéré que cela ne suffisait pas. Une bonne représentation des étapes de travail et du workflow, en séparant clairement les données ainsi que les composants et les sorties, aide à une bonne compréhension du travail fait. Ce point a été bien illustré dans la démarche de la recherche. Selon Davis, pour augmenter la lisibilité du modèle conçu et le rendre plus collaboratif et plus facile pour la modification ou l'ajout de certaines opérations à des endroits spécifiques il faut :

- Grouper les nœuds qui réalisent une même tâche
- Distinguer la donnée d'entrée et celle de sortie
- Nommer explicitement les modules, les nœuds et les paramètres

Par contre, cela paraît parfois compliqué et laborieux à faire vu le temps et les changements effectués durant le processus de la modélisation. Pour la simplification de la complexité présente dans le projet, et vu le nombre des éléments que possède l'abri ou le camp, des opérations de « filtrage », de « stream », ou de « dispatch » ont été intégrées dans le modèle pour éviter la répétition des mêmes nœuds ou opérations. Cela permet de réduire le nombre des composants utilisés et des opérations implémentées. En conséquence, effectuer des modifications à certaines opérations pour en ajouter des nouvelles fonctions, était plus facile à trouver le niveau d'intervention et à exécuter ces changements.

## 7 Expérimentations et discussion

Le système proposé présente une opportunité pour un futur développement. Les contraintes et limites du modèle n'empêchent pourtant pas un certain niveau de flexibilité de celui-ci. Ces limites étaient nécessaires dans la définition des marges durant le travail. Cela réduit les formes inacceptables que le concepteur peut obtenir. Nous serons donc sûrs que le modèle résultant suit les normes et les standards. Le concepteur à travers ce système est capable de déterminer des solutions optimales pour un scénario présent. Pour tester l'efficacité de ce système, le prototype a été confronté à des experts dans le domaine humanitaire et de la conception architecturale et urbaine pour profiter de leur expertise dans ces domaines.

En premier lieu, le résultat a été confronté avec l'architecte Diane Heirend ; architecte et propriétaire de « architectes Diane Heirend et urbanistes » (Luxembourg). Très préoccupée par le logement et la conception d'abris; elle est particulièrement experte des traditions et du développement de logement au Vietnam. Son expérience dans les stratégies de conception des abris nous a été de grande valeur pour le développement de la méthode de conception de l'abri. Ses remarques générales portaient sur l'intérêt d'un tel logiciel pour les abris d'urgence sachant que d'autres logiciels plus classiques peuvent être aussi efficaces. Elle a trouvé que la prise en considération du développement urbain ainsi que les paramètres reliés aux matériaux, à la structure et à la ventilation naturelle pourrait montrer l'intérêt de l'utilisation du « Grasshopper » dans ce contexte. Un autre point développé par Diane Heirend, est l'importance de se rapprocher de la culture de chaque région en essayant de raconter des histoires basées sur des cas d'utilisation, dans le but de personnaliser les abris et les rendre plus humains et plus acceptables par les habitants. De plus, selon elle, la toiture est l'élément clé de l'abri. Il faut ainsi porter une attention particulière aux inclinaisons de la toiture, unifier les angles, avoir une possibilité d'ajouter une deuxième toiture dans les climats chauds ou selon le besoin. Elle a également pointé sur l'aspect constructif que peut présenter un système paramétrique ainsi

que sur la nécessité de limiter les marges de variations, mais aussi de les expliciter à l'utilisateur.

Une autre démonstration du prototype a été faite avec Mme. Cécilia Braedt, coordinatrice de l'unité Research Shelter Unit (SRU) basée au Luxembourg. Le démonstrateur a été confronté aux expertises de Mme Braedt qui a une grande expérience dans les projets humanitaires. Mme Braedt a trouvé un intérêt avec une telle approche pour répondre aux besoins humanitaires en prenant en compte en les paramètres structurels, contextuels et urbains ainsi que dans la génération des cahiers de charge, les détails de constructions et tous les documents nécessaires. Elle a également validée l'application pour l'assistance à la planification des camps, bien que notre prototype ne fût pas encore développé au moment de l'entretien. Selon elle, les approches les plus appliquées pour le développement de camp sont basées sur des compétences logistiques. Bien que cette considération soit essentielle, il ressort de son expérience que la planification de la répartition des abris gagnerait à prendre en compte des aspects socioculturels comme d'anticiper le regroupement de familles, voir d'ethnies, ou de réfléchir aux besoins en matières de services (approvisionnement, cuisine, sanitaires) en fonction des cultures dans les zones d'intervention.

Ce travail de stage, nous a ouvert ainsi des discussions et des questionnements sur l'aspect collaboratif entre les différents acteurs humanitaires. Cet aspect de collaboration qui peut être inspiré du workflow de l'approche paramétrique. Ainsi une autre discussion se pose au niveau de détail dans paramètres et le modèle créé.

## 8 Conclusion

Le travail présenté dans ce stage interroge la capacité de la modélisation paramétrique à assister dans la conception humanitaire et plus particulièrement dans la conception des abris et camps d'urgence dans le but d'aider les architectes et les concepteurs humanitaires dans la prise de décision. Le résultat principal est un prototype permettant de modéliser un abri paramétré avec l'impact des paramètres contextuels et climatiques manuellement.

Dans le domaine humanitaire, les approches paramétriques se développent avec plusieurs ouvrages qui traitent ce sujet. Néanmoins, ces applications restent timides avec des travaux qui exposent des sujets spécifiques sans entrer dans la complexité du travail humanitaire au niveau urbain et au niveau de l'adaptation contextuelle.

Par contre la problématique de ce stage était de définir une liste des paramètres récurrents qui serviront à la modélisation d'un abri et camp d'urgence. Trois types ont été identifiés : (1) paramètres physiques, (2) paramètres contextuels, (3) paramètres climatiques. Ainsi, il fallait identifier les relations et les marges de variation qui définissent les paramètres de l'abri et du camp. Le projet étant une partie d'une éventuelle thèse dans le futur, nous avons pu définir les différents enjeux qui entrent dans la conception humanitaire et qu'il faut prendre en considération dans tout le processus de la conception.

Le prototype développé exploite une liste des variables physiques, contextuelles et climatiques. Au niveau des variables contextuelles et climatiques, les modifications des valeurs et des conditions étaient faites manuellement. Dans le futur travail de thèse ces modifications seront plutôt automatisées par des formules mathématiques, algorithmiques et des conditions. Grâce à ce principe de modélisation paramétrique dans le domaine humanitaire, les organisations responsables d'assurer les solutions, auront un système qui les aidera dans la prise de décision dans la conception des abris et camps.

## **8.1 Difficultés et limites**

Les difficultés rencontrées dans ce travail de recherche étaient surtout reliées au logiciel choisi pour la modélisation paramétrique, ainsi qu'au développement au niveau urbain et la prise en considération des paramètres contextuels et climatiques.

La modélisation urbaine au niveau du camp s'est heurtée à la complexité que présente le camp et au manque de documentation sur le sujet. C'est pour cela que nous nous sommes limités à quelques paramètres dans ce stage ainsi qu'à une forme du terrain horizontale pour tester quelques relations. Ainsi, au niveau des paramètres contextuels et climatiques, comme déjà indiqué, la modification des paramètres se faisait manuellement.

Au niveau du logiciel, cette méthode de travail peut manquer de flexibilité ; il faut bien préciser les buts et les perspectives ainsi que la liste des éléments désirés à pouvoir paramétrer avant le début du travail. Au cours du travail, ajouter des algorithmes de variations au modèle était difficile.

Nous notons également un manque de sémantique pour les éléments de construction ; les éléments modélisés restent dépourvus de caractérisation métier ou qualitative. Des plugins qui peuvent être ajoutés pour « Grasshopper » aident à donner aux éléments leurs caractéristiques qualitatives et sémantiques (ex. VisualArq). Ce plugin n'a pas été testé dans ce travail de recherche. Une autre difficulté au niveau de l'environnement de modélisation, c'est la complexité de gérer un modèle avec beaucoup de composants. D'où la nécessité de bien organiser le « workflow » des opérations utilisées.

## **8.2 Perspectives**

Les perspectives de ce stage seront la continuité d'un sujet de thèse qui traite et développe les besoins humanitaires en proposant un outil d'aide à la décision dans la conception des abris et camps d'urgence tout en prenant en considération les conditions contextuelles et ethnographiques en plus les risques climatiques.

Une autre perspective est de faire le lien entre l'approche paramétrique et le BIM. D'une part, l'avantage de modèles BIM dans ce contexte est de mettre en évidence toutes les informations nécessaires pour la construction, tels que le projet, les cahiers de charge (Fernando et al, 2102.); d'autre part, l'approche paramétrique contribue au maintien de contraintes et forme géométrique dans le processus de conception. L'avantage des modèles BIM est que la qualité des outils peut évoluer dans leurs propres disciplines. La modélisation paramétrique, dans de nombreux domaines se porte sur la géométrie et elle exige des sémantiques avant qu'elle puisse être utilisée par d'autres disciplines (Fernando et al, 2102). Ainsi y incorporer les principes BIM dans une approche paramétrique devrait ajouter quelques améliorations comme:

- Il existe un besoin pour de détails et des définitions d'objets à prendre en considération.
- Les processus de BIM représente une collaboration très structurée et un échange d'informations et il peut donc améliorer les processus de production de forme (algorithmes visuels) développés pour la modélisation paramétrique (Davis et al., 2011).



## Bibliographie

Ashmore J., Richardson M., Baker N., *Transitional settlement displaced populations*. Designed by the shelter project and university of Cambridge, (2005).

Burry M., *Blurring the lines: an exploration of current CAD/CAM techniques, parametric design and rapid prototyping – mediating between analogue and digital skills set*. *Architectural design*, n. 73, Vol. 2, (2003), [P. 110-118].

Corsellis T., Vitale A., *Transitional settlement displaced populations*, University of Cambridge shelter project (2005).

Davis D., Burry J., Burry M., (2011). *Untangling Parametric Schemata: Enhancing Collaboration through Modular Programming*. Proceedings of the 14th International Conference on Computer Aided Architectural Design Futures. Liège 4<sup>th</sup>-8<sup>th</sup> July 2011. [P. 55-68].

Deborah B., Vasco G., Jose D., Terry K., (2011). *Automated design and delivery of relief housing: The case of post-Earthquake Haiti*, Proceedings of the 14th International conference on Computer Aided Architectural Design. Liège 4<sup>th</sup>-8<sup>th</sup> July 2011. [P. 247-264].

Fernando R., Drogemuller R., Burden A., (2012). *Parametric and generative methods with building information modeling*. Proceedings of the 17th International CAADRIA. Chennai 2012. [P. 537-546].

Gonçalves A., (2014). *A Grammar for Shelters. An exploration of rule-based designs in prefabricated and modular shelters*. Proceedings of the 32th International eCAADe. Newcastle 10<sup>th</sup>-12<sup>th</sup> September 2014. [P. 327-336].

Hulin J., Pavlicek J., Kaftan M., (2011). *Parametric bus stop shelters in rural areas, Automating custom design*. Proceedings of the eCAADe 29, Slovenia 21<sup>th</sup>-24<sup>th</sup> September 2011, [P. 485-490].

International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies (2013). *Post-disaster shelter: Ten designs*. [www.ifrc.org](http://www.ifrc.org)

Jinuntuya P., Theppipit J., (2007). *Temporary housing design and planning software for disaster relief decision support system*. Proceedings of the 12th International CAADRIA. Nanjing 2007, [P. 639-644].

Le projet Sphère, (2011). La Charte Humanitaire et les standards minimums de l'intervention humanitaire. *Un manuel pour l'amélioration de la qualité de l'aide humanitaire apportée dans les situations de catastrophes. Edition 2011.*

Steino N., Veirum N.E., (2005). *A parametric approach to urban design, Tentative formulations of a methodology.* Proceedings eCAADe 23 Session 14. Lisbon 21<sup>th</sup>-24<sup>th</sup> September 2005, [679-686].

Sener, S.M. and Torus, B., (2009). *Container Post Disaster Shelters – C-PoDS,* Proceedings of eCAADe, Istanbul 16<sup>th</sup>-19<sup>th</sup> September 2009, [P. 599-604].

Steino N., (2010). *Parametric thinking in urban design, a geometric approach.* Proceedings of ASCAAD. Fes 19<sup>th</sup>- 21<sup>th</sup> October 2010.

Saleh M., Al-Hagla K., (2012). Parametric urban comfort envelope, an approach toward a responsive sustainable urban morphology. *International journal of social, Human and Technology* Vol 6. (2012), [P. 37-44].

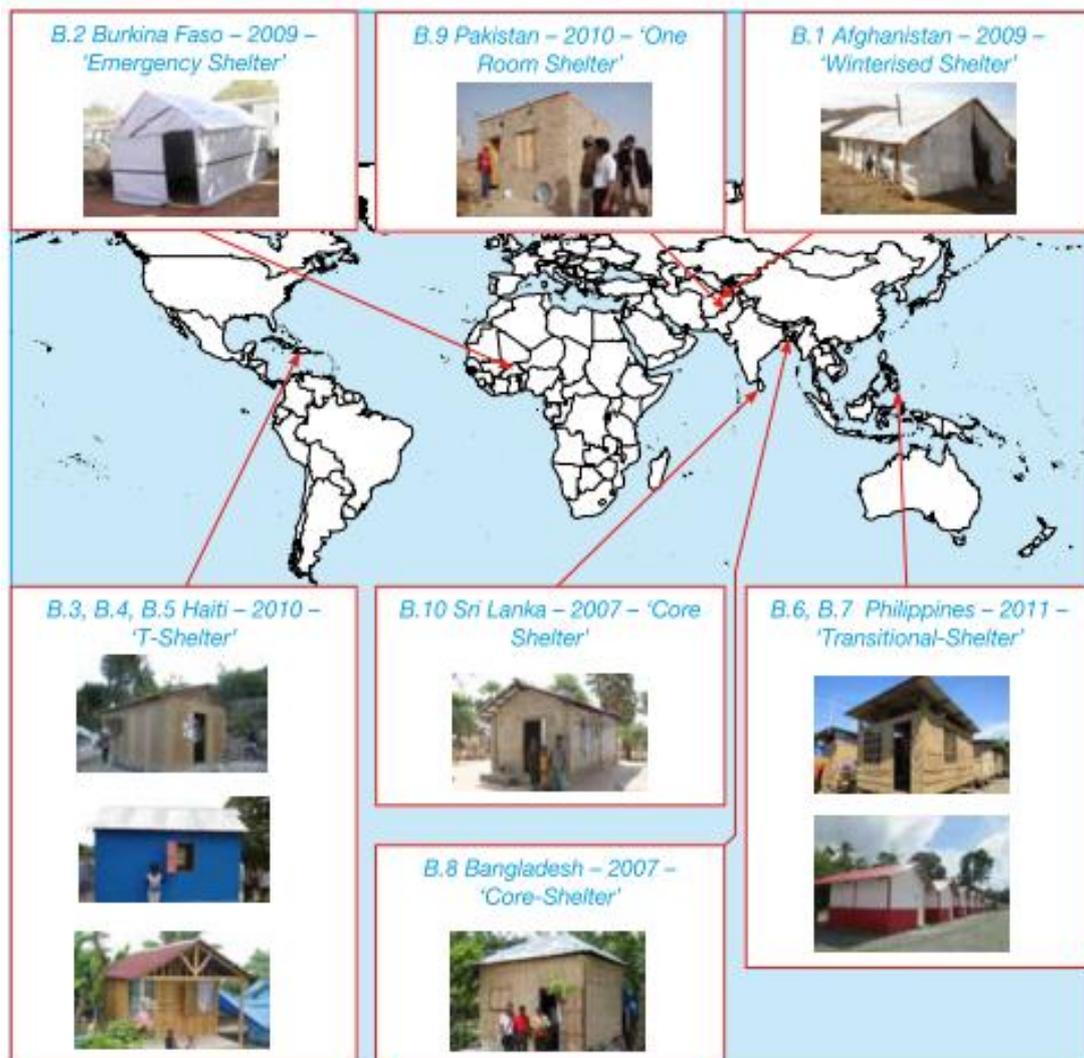
Toole, M J, Waldman, R J., *Prevention of excess mortality in refugees and displaced populations in developing countries.* JAMA, 1990, 263(24): 3296-302.

UNHCR. *Handbook for Emergencies.* Geneva: UNHCR, 1982.

Yeung W.K., Harkins. J., (2011). Digital architecture for humanitarian design in post-disaster reconstruction. *International Journal of Architectural Computing* Vol. 9, N. 1 (2011) [P. 17-32].

# Annexes

A-1 : Différents types des abris conçus par la Croix Rouge



A-2 : Tableau de comparaison entre les paramètres fournis par la Croix Rouge et ceux utilisés dans le prototype.

Stability			
Foundations	Paramètres à ajouter suivant les études de la		Checked
Frame	CR		
Wall			
General Properties	G-01	Number of Stories	
	G-02	Number of Rooms	Yellow
	G-03	Length	Green
	G-04	Width	
	G-05	Floor Area	
	G-06	Wall Height	
	G-07	Ridge Height	
Structure	S-01	Foundation Type	Yellow
	S-02	Foundation Material	Red
	S-03	Floor Structure Type	
	S-04	Floor Structure Material	
	S-05	Super Structure Type	
	S-06	Super Structure Material 1	
	S-07	Super Structure Material 2	
	S-08	Connection Typology	
	S-09	Connection Aid	
	S-10	Connection Aid Material	
	S-11	Stability Measure	
	S-12	Stability Measure Material	
	S-13	Roof Shape	
	S-14	Roof Structure	Yellow
	S-15	Roof Structure Material	Red
SKIN	SK-01	Façade Cladding Material	Yellow

	SK-02	Number of Doors	Yellow	
	SK-03	Number of Windows		
	SK-04	Number of ventilation Openings		
	SK-05	Type of ventilation Openings		Red
	SK-06	Roof Cladding Materials		
<b>Services</b>	SR-01	Water Supply		Red
	SR-02	Water Supply Type		
	SR-03	Toilet	Yellow	
	SR-04	Toilet Type	Red	
	SR-05	Sewerage		
	SR-06	Bathroom	Yellow	
	SR-07	Heating	Red	
	SR-08	Cooling		
	SR-09	Energy Source	Yellow	
	SR-10	Lighting	Red	
	SR-11	Kitchen		
	SR-12	Kitchen Stove Type	Red	
	SR-13	Cooking Energy Source		
<b>Space Plan</b>	SP-01	Flooring Material	Red	
	SP-02	Partition Type		
	SP-03	Partition Wall Structural Material	Red	
	SP-04	Partition Wall Finish		
	SP-05	Ceiling Structural Material		
	SP-06	Ceiling Finish Material		

A-3 : Un manuel sur l'implémentation d'un abri développé par la croix rouge.

