



HAL
open science

Analyse de risque d'une ville flottante

Claire Choisy, Capucine Sauvage, Rasool Mehdizadeh, Yeo Katiennin

► **To cite this version:**

Claire Choisy, Capucine Sauvage, Rasool Mehdizadeh, Yeo Katiennin. Analyse de risque d'une ville flottante. Congrès Lambda Mu 22 " Les risques au cœur des transitions " (e-congrès) - 22e Congrès de Maîtrise des Risques et de Sécurité de Fonctionnement, Institut pour la Maîtrise des, Oct 2020, Le Havre (e-congrès), France. hal-03348030

HAL Id: hal-03348030

<https://hal.science/hal-03348030v1>

Submitted on 17 Sep 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Risk analysis of a floating city

*Analyse de risque d'une ville flottante

Choisy Claire
Département Géoingénierie
Ecole Nationale Supérieure des Mines
de Nancy
Nancy, France
claire.choisy1@etu.univ-lorraine.fr

Sauvage Capucine
Département Energie
Ecole Nationale Supérieure des Mines
de Nancy
Nancy, France
claire.choisy1@etu.univ-lorraine.fr

Mehdizadeh Rasool
GéoRessources
Université de Lorraine
Nancy, France
rasool.mehdizadeh@univ-lorraine.fr

Yeo Katiennin
ICN Business School
Nancy, France
katiennin-krystelle-fatim.yeo@myicn.fr

Résumé—Avec le réchauffement climatique et la montée des eaux, de nombreuses villes côtières vont se retrouver submergées. Pour pallier ce problème, des projets de villes flottantes, construite entièrement sur l'eau se développent. Cet article vise à réaliser une analyse de risque sur ces villes, dans le but de proposer une gestion de risque et de rendre le projet viable.

Abstract— With global warming and rising sea levels, many coastal cities will find themselves submerged. To overcome this problem, projects of floating cities, built entirely on water are developing. This article aims to carry out a risk analysis on these cities, with the aim of proposing risk management and making the project viable.

Mots clés—villes flottantes, analyse de risques, arbre des risques, nœud papillon

Keywords— floating cities, risk analysis, Risk Breakdown Structure, bow ties analysis

I. INTRODUCTION

Le réchauffement climatique s'annonce comme l'un des enjeux majeurs du XXI^{ème} siècle. Parmi ses conséquences et ses causes, on peut citer la fonte des glaces et l'augmentation de la fréquence d'événements météorologiques violents... Le dérèglement climatique a notamment pour conséquence d'augmenter le niveau des océans. Cette élévation du niveau des mers devrait être comprise entre 0,2 et 1 m d'ici 2100 [1]. Une telle élévation pourrait impacter un nombre important de personnes dans la mesure où 80% de la population mondiale vit dans des zones côtières. Les chercheurs du CNRS estiment qu'entre 10 000 et 20 000 îles devraient disparaître entièrement au cours du XXI^{ème} siècle. En réponse à une telle catastrophe,

plusieurs pays tentent de trouver des solutions. Ainsi les habitants de l'atoll de Bikini, situé dans le Pacifique, ont réclamé l'asile climatique aux États-Unis. En plus de ces nombreuses îles, un certain nombre de mégapoles construites sous le niveau de la mer pourraient être victimes de la montée des eaux, et être envahies par celles-ci. Parmi les plus connues, on trouve Miami, New-York, Amsterdam, Rotterdam, Venise, Singapour et Tokyo. D'après certains scientifiques, il serait déjà trop tard pour certaines villes américaines de Floride, comme Miami.

Par ailleurs, les villes côtières sont majoritairement confrontées au défi d'une croissance démographique importante. Une telle croissance a déjà poussé certaines villes à s'étendre vers la mer.

Construire sur l'eau est donc aujourd'hui plus que jamais un sujet d'actualité. Parmi les éventuelles solutions proposées pour faire face aux problèmes énoncés précédemment, de montée des eaux et de croissance démographique, l'option des villes flottantes est de plus en plus considérée. Une telle ville constituerait en un ensemble entièrement flottant amarré ou non. Construire des villes flottantes à proximité de grandes villes côtières serait une éventuelle solution répondant à ces nombreux enjeux. Plusieurs projets de ville flottante ont été proposés. Parmi eux, on trouve par exemple, Océanix, conçue par le cabinet d'architectes Bjarke Ingels Group (BIG) (soutenue par le MIT Center for ocean engineering et le club Explorers) [2], Lylipad [3], un projet écologique de villes flottantes imaginé par l'architecte Vincent Callebaut ou encore les îlots flottants, projet développé par l'entreprise Japonaise Shimizu [4]. Cependant, à notre connaissance, la gestion des risques dans ces projets n'a pas encore été effectuée d'une manière systématique et structurée. Or, le risque fait partie intégrante d'un projet puisque son développement génère

des incertitudes. Il convient donc dans un premier temps, d'identifier l'ensemble des risques pouvant menacer et impacter un projet. Ensuite, l'analyse de risque est indispensable puisqu'elle permet, une fois les risques déterminés, de les gérer en menant des actions de suppression ou de réduction dans le but d'atteindre les objectifs fixés.

Cet article est le résultat d'un projet scolaire réalisé dans le cadre de l'atelier ARTEM Cindyniques à Mines Nancy. Notre objectif est de réaliser une analyse de risques sur une ville flottante opérationnelle dans l'optique de pouvoir mieux les gérer. Une gestion efficace de ces risques pourra garantir le bon fonctionnement de la ville flottante. Nous avons travaillé sur la gestion des risques de Océanix, une ville intelligente et autonome amarrée dans la baie de New York, dont nous disposons déjà d'un certain nombre d'information. Les résultats obtenus pourront donc être utile lors de la conception réelle et la mise en œuvre d'une telle ville. L'approche utilisée sera basée sur celle employé par R. Mehdizadeh (2012) [5].

Dans un premier temps, il convient de déterminer l'ensemble des risques représentant une potentielle menace pour le projet. Ils seront ensuite analysés, d'abord par une approche qualitative puis quantitative. Des solutions seront par la suite présentées afin de réduire ou même supprimer ces risques.

II. IDENTIFICATION ET HIERARCHISATION DES RISQUES

La gestion des risques rassemble l'ensemble des activités coordonnées dans le but de diriger et piloter un organisme vis-à-vis du risque. Nous avons suivi la définition du risque selon la norme ISO31000 comme l'effet des incertitudes sur l'atteinte des objectifs. Ainsi, le risque est considéré comme la combinaison de probabilité d'occurrence d'un évènement et de ses conséquences.

L'analyse des risques peut être réalisée en suivant un processus clair et logique. Celui-ci commence par une phase d'identification des risques. Dans le présent projet, il est donc indispensable d'établir une liste de tous les potentiels événements risqués pouvant menacer une ville flottante en essayant d'être le plus exhaustif possible. Un événement ou une situation est considéré comme risqué dès lors que les aléas et les enjeux sont forts et que son déroulement peut entraîner des conséquences importantes sur le projet. Cette liste a été réalisé, d'une part grâce à un brainstorming et la revue approfondie de la littérature, et d'autre part grâce à l'analyse d'un sondage que nous avons réalisé auprès des experts et d'un échantillon de population. Ainsi, en se basant sur les diverses informations dont nous disposons sur le projet de ville flottante Océanix, un grand nombre d'évènements risqués a été recensé, du risque "le plus commun" comme un incendie, aux événements risqués plus improbables comme la chute d'un avion. Tous ces risques ont été placés dans une base de données, comportant plus de 200 données.

Les risques identifiés ont été ensuite regroupés selon différentes catégories, cela dans le but de faciliter leur traitement par la suite. Pour cela, nous avons utilisé une approche ascendante-descendante. La méthode ascendante, consiste à partir du plus détaillé, c'est à dire des événements risqués, et de remonter à une catégorie. L'analyse

descendante consiste quant à elle à choisir une catégorie et à la décomposer en éléments plus détaillés, c'est à dire à y insérer des événements risqués. Après plusieurs itérations du processus, cinq grandes catégories principales ont été obtenues (Figure 1).

- Risques climatiques.
- Risques médicaux
- Risques socio-économiques
- Risques politiques
- Risques techniques

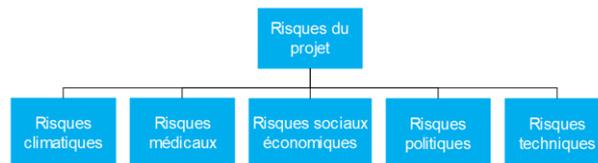


Fig. 1. Catégories des risques d'une ville flottante

Cette étape est primordiale et a dû nécessiter un travail minutieux : il ne fallait pas qu'un événement risqué se retrouve au sein de plusieurs catégories de risques. Autrement dit, il fallait que les catégories soient bien distinctes et se chevauchent pas.

Les risques peuvent ensuite être analysés à l'aide d'une représentation hiérarchique. Les risques sont classés par grandes catégories, pouvant elles-mêmes être déclinés en sous-catégorie identifiant les différents domaines et causes des risques potentiels. Les anglo-saxon appellent cela un RBS (Risk Breakdown Structure). Cette méthode, utilisée par Hillson [6-7] et Mehdizadeh et al. [8] consiste à hiérarchiser l'ensemble des risques par des catégories afin de pouvoir les présenter sous forme d'arbre. La figure 2 présente la décomposition de la branche fonctionnement technique de la catégorie « Risques techniques ».

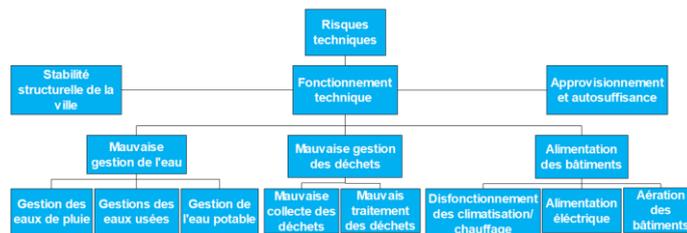


Fig. 2. RBS pour la catégorie "Risques techniques"

III. ANALYSE QUALITATIVE

Après avoir identifié et hiérarchisé l'ensemble des risques, il convient de faire le tri et de différencier les risques les plus importants. Il est donc nécessaire d'évaluer les risques, afin d'identifier ceux qui ont le plus de chance de se produire et ceux qui auront les conséquences les plus importantes. L'approche qualitative permet ainsi de classer les risques et de déterminer les plus impactant [9]. Ces derniers seront traités, plus en détail, à l'aide d'une une approche quantitative.

A. Criticité du risque

La criticité d'un risque peut se définir comme le produit de la gravité et de la probabilité. La gravité aura un

impact sur le fonctionnement de la ville ou sur ces habitants tandis que la probabilité correspond aux chances que l'évènement se produise. Ainsi, pour chaque évènement risqué, deux notes comprises entre 1 et 5 sont attribuées : une pour la probabilité et l'autre pour l'importance de ces conséquences ; 1 correspondant à une faible probabilité (respectivement conséquence) et 5 à une probabilité importante (respectivement conséquence). Chaque évènement aura donc une criticité, c'est-à-dire une note sur 25 obtenue en multipliant la gravité par la probabilité.

Cependant l'utilisation de la criticité pour quantifier les risques présente l'inconvénient d'induire une perte d'information sur les caractéristiques des risques. En effet, deux risques évalués avec la même criticité peuvent avoir des conséquences et des probabilités très différentes. Ainsi un évènement ayant une conséquence extrême peut passer inaperçu en raison d'une faible probabilité. Malgré l'imperfection de cet outil, nous avons décidé de l'utiliser en raison de sa simplicité et de sa rapidité de calcul. Une manière de palier à l'inconvénient de cette méthode serait de mener en complément une analyse des signaux faibles de manière à hiérarchiser les risques de faible et moyenne criticité plus précisément et ainsi améliorer la maîtrise des risques.

B. Méthodes d'agrégation des risques

L'étape suivante consiste à agréger ces risques, c'est à dire à évaluer le risque global des différentes catégories à partir du risque des évènements risqués. L'objectif est de déterminer quels sont les risques et les catégories les plus importants qui méritent qu'on les analyse plus précisément. Des recherches bibliographiques nous ont permis d'avoir un aperçu de l'ensemble des méthodes existante.

La première méthode consiste à choisir la note maximale des évènements risqués d'une catégorie pour évaluer cette dernière et de remonter ainsi dans l'arbre en sélectionnant toujours la plus forte valeur. Néanmoins, avec cette méthode, des catégories très différentes peuvent obtenir la même note. Cette méthode présente donc l'inconvénient de perdre beaucoup d'informations et de ne pas rendre compte de l'ensemble des évènements risqués composant une catégorie. Cependant elle est facile à comprendre et à utiliser.

Une version modifiée de la méthode précédente considère à la fois la valeur maximale et la valeur minimale du risque des évènements associés [8]. Pour calculer le risque d'une catégorie, on applique la formule suivante : $\alpha \cdot \text{valeur max} + (1-\alpha) \cdot \text{valeur min}$, où α est le coefficient d'aversion au risque compris entre 0 et 1. Selon Chapman [10], la méthode consiste à introduire un coefficient d'aversion au risque appelé α . Si l'on a "très peur" des risques, on aura tendance à choisir une valeur α proche de 1. Dans la littérature, le choix de $\alpha=0,7$ revient souvent. Pour cette raison, nous avons choisi de prendre cette valeur pour α . En revanche, cette méthode ne prend pas en compte le nombre d'évènements risqués ni les valeurs centrales d'une catégorie.

La moyenne est l'indicateur le plus simple pour résumer l'information fournie par un ensemble de données. La moyenne permet de prendre en compte toutes les valeurs

obtenues lors de l'évaluation des évènements risqués et fournit une valeur globale. La moyenne ainsi obtenue permet d'évaluer la catégorie regroupant ces dits évènements. Elle fonctionne de la même manière qu'une moyenne arithmétique d'une série statistique ; c'est la valeur « moyenne » égale au quotient de la somme de toutes les valeurs de la série par l'effectif total. L'inconvénient d'une telle méthode est notamment que tous les évènements risqués sont pris en compte de la même manière.

Il existe également d'autres méthodes pour agréger les risques comme la méthode de la somme, de la moyenne pondérée ou encore l'analyse multicritère hiérarchique.

Il n'existe pas de méthode mieux qu'une autre. Chaque méthode présente ces avantages et ces inconvénients, chacune étant plus adaptée à une situation ou demande particulière (augmenter le contraste, se focaliser sur les valeurs extrêmes...).

C. Application de la méthode du maximum

Après comparaison des avantages et inconvénients des différentes méthodes, nous avons tout d'abord sélectionné la méthode du coefficient d'aversion au risque avec le choix d'un coefficient d'aversion de 0,7. Cependant, cette méthode n'a pas permis d'obtenir des résultats assez contrastés, permettant de faire ressortir les évènements ayant les risques les plus importants par rapport aux autres. C'est pourquoi nous avons finalement choisi la méthode du maximum. Il aurait pu être intéressant d'appliquer un nombre plus important de méthodes et de comparer les résultats obtenus. Il convient donc de préciser que la variabilité de la méthode peut influencer les résultats. Un moyen de palier à cette variabilité des résultats aurait été de comparer les résultats obtenus à l'aide de plusieurs méthodes d'agrégation. Ainsi le risque de se tromper sur l'identification des risques majeurs est moindre. Malheureusement en raison d'un manque de temps nous n'avons pas pu procéder une comparaison poussée des résultats des différentes méthodes.

L'application de la méthode du maximum a permis de visualiser l'importance relative des évènements risqués de chaque catégorie. La figure 3 présente ainsi le RBS de la catégorie « Risques environnementaux et climatiques ». Il en ressort que les évènements météorologiques fréquents (neige, orage, pluie...) représentent un risque important. Afin d'obtenir une représentation visuelle permettant facilement de voir le degré de risque des évènements, nous avons défini 4 couleurs traduisant les notes obtenues : la couleur verte correspond à une note comprise entre 0 et 3, la couleur jaune entre 3 et 6, la couleur orange entre 6 et 9 et la couleur rouge pour des valeurs supérieures à 9. La couleur rouge a été attribué à une plus grande plage de valeurs en raison du choix de notre part de faire ressortir un plus grand nombre d'évènements.

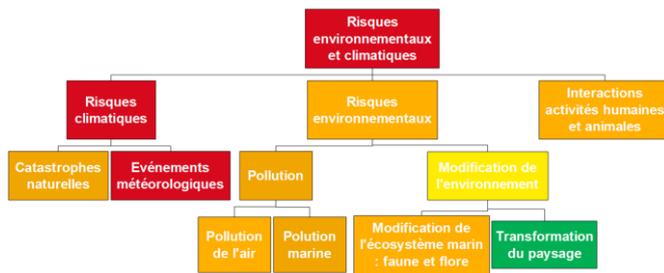


Figure 3 : RBS pour la catégorie "Risques environnementaux et climatiques", après application de la méthode du maximum

D. Qualité des arbres de risques

Différents critères existent pour savoir si un arbre des risques (RBS) est de bonne qualité. Parmi d'autres, le nombre de branches et le nombre d'événements risqués doit globalement être le même entre les grandes catégories de risque. Dans notre cas, ce critère est plutôt bien respecté sauf pour la catégorie "Risques techniques" qui comporte un nombre important d'événements risqués et de catégories de risques. Nous avons donc décidé de décomposer cette catégorie en plusieurs sous-catégories dans le but d'avoir globalement un même nombre d'événements risqués dans les catégories les plus basses de l'arbre.

Une fois l'analyse de risque qualitative réalisée, il convient également d'obtenir un certain contraste entre les différentes sous catégories de risques.

En vue de ces deux critères, nous pouvons donc considérer notre arbre comme correctement réalisé.

E. Sélection des sous catégories les plus risquées

En fonction des valeurs obtenues avec la méthode du maximum, les sous-catégories les plus risquées au sein des catégories principales de risques ont été sélectionnées (Table I).

Les sous catégories de risques les plus importantes ne seraient pas forcément les mêmes si une autre méthode avait été sélectionnée au lieu de celle du maximum. Le choix de la méthode est donc important et peut influencer les résultats.

IV. ANALYSE SEMI-QUANTITATIVE

A. Présentation de la méthode des nœuds papillon

La méthode des nœuds papillon permet d'évaluer et de prévenir les risques d'un système en visualisant les causes et les conséquences relatives aux événements redoutés. Il s'agit d'un schéma avec au centre l'événement risqué étudié (événement central), à gauche, les causes sous forme de branches représentant un arbre de défaillance, et à droite, des branches représentant les conséquences de l'événement et formant un arbre d'événement ou de conséquence. Nous avons utilisé une approche similaire à celle décrite par Ruijter et Guldenmund [11], également utilisé par Bolvin et Al. [12], avec le choix de nœuds papillon quantitatifs. Les potentielles causes et conséquences des événements redoutés, identifiés par l'analyse qualitative, ont été déterminées par plusieurs moyens : recherche bibliographique, sondages, et par des échanges avec des experts.

Ensuite, à chacune des causes a été associée une probabilité comprise entre 0 et 1. En partant de l'extrémité gauche de l'arbre et en se servant des connecteurs logiques ET et OU, nous avons agrégé ces probabilités entre elles, pour finalement obtenir une probabilité pour chacune des causes et pour l'événement risqué central. Ces probabilités ont permis d'associer une note comprise entre 1 et 5 aux causes.

L'objectif de notre analyse de risque étant de garantir le bon fonctionnement de la ville flottante, nous avons raisonné en termes de performance par rapport à un fonctionnement initial normal de la ville pour évaluer l'importance des conséquences d'un événement. Un événement sera donc considéré comme risqué si son occurrence l'empêche d'atteindre les objectifs fixés de bon fonctionnement de la ville.

La performance a été évaluée sur une échelle de 1 à 5, 1 représentant la performance optimale et 5 une performance très faible voire inexistante. La nature de la performance évaluée dépend des différentes catégories de risques. On associe donc une note entre 1 et 5 à chaque conséquence. Pour déterminer le niveau de risque d'un événement risqué, on multiplie la note de performance (associée à une conséquence) comprise entre 1 et 5 par la note associée à la probabilité de l'occurrence de l'événement risqué. Les notes obtenues ont donc des valeurs théoriquement comprises entre 1 et 25, 1 correspondant à un risque très faible et 25 au risque le plus élevé. Une fois toutes ces valeurs déterminées, afin d'avoir un support visuel, on associe une couleur à des intervalles de valeurs. La figure 4 permet donc de voir par exemple qu'une coupure d'électricité pourrait avoir des conséquences importantes.

TABLE I. SOUS CATEGORIES LES PLUS IMPORTANTES RELEVÉES APRES APPLICATION DE LA METHODE DU MAXIMUM

	<i>Sous-catégories les plus risquées</i>	<i>Sous-catégories secondaires les plus risquées</i>
Climatique	Événement météorologique fréquent	Modification de l'écosystème marin
Médicaux	Problème d'approvisionnement et distribution	Maladies Physiques
Socio-économique	Risques macroéconomiques	Problèmes internes de la population
Politique	Politique globale	Évènements risqués liés à l'aménagement du territoire
Technique	Mauvais état des parties immergées	Production d'énergie insuffisante

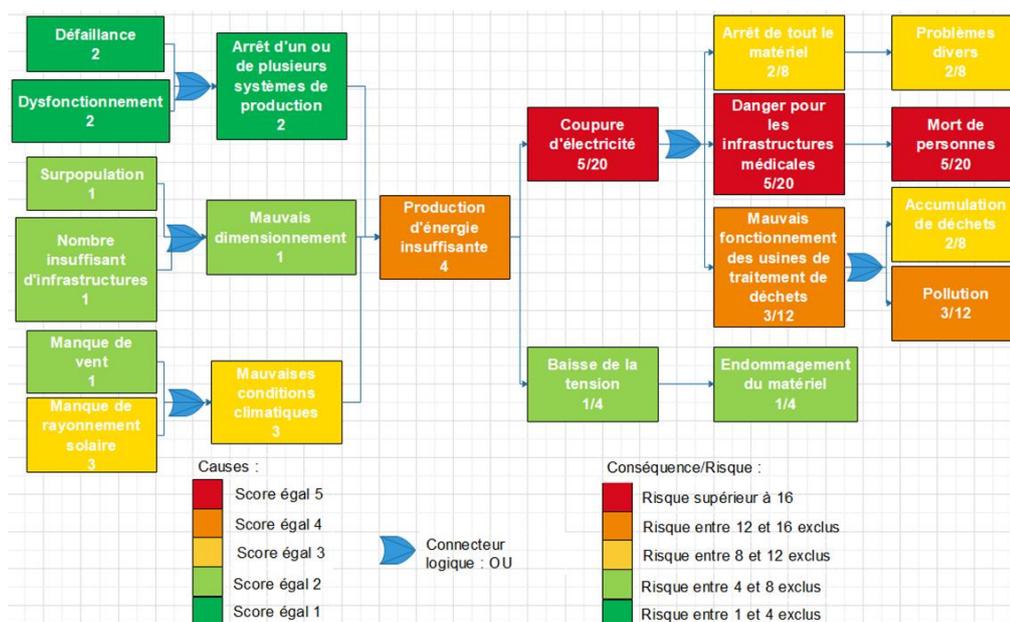


Figure 4 : Résultat obtenu après mise en œuvre de la méthode des nœuds papillon pour la catégorie "Production d'énergie insuffisante »

B. Application de la méthode des nœuds papillon

Cette méthode, appliquée à l'ensemble des événements redoutés principaux (Table I), a permis d'obtenir plusieurs nœuds-papillon avec des valeurs et des couleurs représentant les niveaux de risques et de conséquences. Il a donc été possible de repérer les événements/causes et les conséquences les plus importants. Également, en comparant les notes de risque étudiés, il a été conclu que le mauvais état des parties immergées, une production d'énergie insuffisante et une modification de l'écosystème marin étaient des risques plus importants que ceux concernant l'augmentation du coût de la vie ou un mauvais approvisionnement et une mauvaise distribution de matériel médical.

C. Analyse des risques politiques et sécurité

Concernant les risques politiques, une autre méthode a été appliquée : l'analyse systémique. En effet, l'approche nœud papillon n'était pas adaptée à cette catégorie de risques. Il nous a semblé préférable de considérer la catégorie dans son ensemble et de définir des sous-catégories de risques selon une approche systémique. Celle-ci consiste à repérer les facteurs favorisant ou contributif d'un événement redouté, de se poser la question s'ils sont suffisants pour expliquer le problème, et le cas échéant d'identifier d'autres facteurs [13]. Après discussion avec plusieurs experts de la sécurité, il est ressorti que le risque le plus élevé pour la sécurité de la ville résidait au niveau de sa flottabilité. En effet, il est très facile d'imaginer faire couler la ville flottante par le fond, c'est-à-dire par la surface inférieure de la structure située sous l'eau, à l'aide de différents moyens (missile, kamikaze, choc avec de grands animaux marins, etc.). Un risque de sabotage dû à la rivalité entre pays peut aussi être possible.

Le risque lié à l'aménagement du territoire sur le plan politique reste également assez important. Puisqu'il s'agit en quelque sorte d'une île, il convient de définir avec précision sa gestion et son administration.

V. PRESENTATION DES SOLUTIONS – GESTION DES RISQUES

A. Mises en place de barrière de sécurité avec la méthode des nœuds papillon

L'analyse de risques quantitative effectuée précédemment a permis de faire ressortir un certain nombre de causes et de conséquences découlant des événements risqués sélectionnés. Nous avons également pu quantifier le risque de ces événements et de leurs conséquences. Cette nouvelle étape a consisté en la recherche d'éventuelles solutions afin de diminuer les risques évalués précédemment.

Une recherche bibliographique approfondie ainsi que des entretiens avec plusieurs experts, nous ont permis de formuler des recommandations sous la forme de barrières de prévention et de barrières de protection.

Les barrières de protection visent diminuer la probabilité des causes conduisant à l'événement risqué [14]. Un exemple d'une telle barrière peut être la mise en place d'un entretien efficace des parties immergées par la surveillance de l'état de ces dernières à l'aide de simulations

et de mesures directes. Une telle barrière contribue à limiter le risque de mauvais état des parties immergées.

Les barrières de protection, quant à elles, ont un impact sur les conséquences des événements risqués, qu'elles visent à réduire. Par exemple, prévoir des batteries et des générateurs de secours peut être une solution pour limiter l'impact d'une coupure d'électricité. La figure 5 présente le nœud papillon avec ces barrières de sécurité (de prévention et de protection).

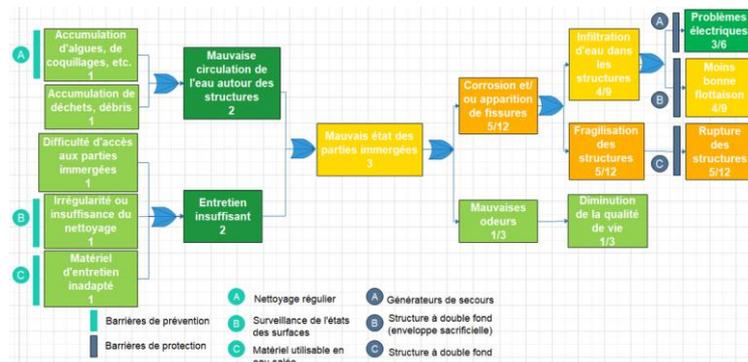


Figure 5 : Application des barrières de prévention et de protection au nœud papillon appliqué à l'événement central « Mauvais état des parties immergées »

Ainsi la mise en place de telles barrières de prévention et de protection ont permis de faire diminuer les risques de l'ensemble des événements risqués étudiés.

B. Présentation des solutions pour les risques sécurité et politique

Le fond de la ville, c'est-à-dire la partie inférieure immergée est un endroit très vulnérable et de ce fait sensible. Il doit donc être impérativement protégé, renforcé et surveillé.

Pour trouver des solutions opérationnelles, nous avons contacté le Maire de l'Île d'Yeu en raison de son statut de maire d'une île isolé du continent, situation similaire à celle d'une ville flottante. Notre échange a permis de faire ressortir l'importance de travailler à l'attractivité de la ville. Cela peut passer par exemple par la création de plusieurs liaisons maritimes, d'un sentiment de vie communautaire, et une vie associative riche.

Par ailleurs, la gestion de la ville sur le plan politique sera similaire à la gestion d'une ville ordinaire sur les réglementations liées à la pollution, les demandes d'asile, la lutte contre les inégalités, ect. Également, toutes les lois qui seront prises sur le plan national seront imputables à la ville flottante. Une des seules différences se situera sur la gestion des approvisionnements de la ville notamment en denrées alimentaires. En effet, avec la cherté des produits, le maire de la ville devrait mettre en place une politique de subvention des produits de premières nécessités soit par une réduction des taxes, soit par la prise en charge d'une partie du prix par les services publics. On pourrait également envisager une aide de la région ou de l'Etat pour aider à réduire ces différences de coût.

VI. CONCLUSION

L'objectif de notre étude était de réaliser une analyse des risques d'une ville flottante habitée dans le but de garantir son bon fonctionnement. Nous nous sommes basés pour cela sur un projet existant, Océanix. Les résultats obtenus dans notre étude pourront donc être utilisés lors de la réalisation d'un tel projet. Nous avons procédé selon l'approche développée par Mehdizadeh (2012) [14]. Finalement, nous avons identifié 7 événements risqués majeurs : le risque de problèmes d'approvisionnement et de distribution, les risques macroéconomiques, ceux liés à la politique globale de la ville, ceux liés à l'aménagement du territoire, le risque de mauvais état des parties immergées, le risque de production d'énergie insuffisante et enfin celui de la modification de l'écosystème marin. Leur analyse a permis de proposer une gestion de ces risques par la mise en place de barrières de prévention et de protection.

L'application de cette méthode nous a permis d'obtenir des résultats visuels parlants faisant ressortir les événements risqués les plus importants. Cette identification nous a permis de proposer des solutions de gestion de ces risques en préférant également une représentation visuelle.

Cependant, notre analyse repose et dépend fortement de l'ensemble des événements risqués recensés au début de l'analyse. Nous avons conscience que notre base de données reste incomplète malgré nos efforts. Ce point peut donc conduire à une certaine variabilité des résultats. D'autre part, afin d'obtenir des résultats plus complets, il serait également pertinent d'analyser les événements risqués secondaires en plus des principaux.

Finalement, les enjeux concernant les villes flottantes restent nombreux mais ne semblent pas insurmontables. L'attractivité de la ville en est un exemple. La méthode employée pour tâcher de répondre à l'ensemble de ces enjeux, en prenant notamment en compte la phase de conception et de réalisation d'une ville flottante, s'avérera probablement décisive.

REFERENCES

- [1] S. Planton, et al., « Changement climatique et niveau de la mer : de la planète aux côtes françaises », Rapports DGEC Le climat de la France au XXI^e siècle, Vol 5, pp. 22-27, février 2015.
- [2] A. Bendix, "The UN is supporting a design for a new floating city that can withstand Category 5 hurricanes", Business Insider Australia, avril 4.
- [3] V. Callebaut, « Lilypad », L'Arca International, vol. 86, January-February 2009, pp. 27-31.
- [4] P. Mesmer, « Green Float : le rêve de ville maritime de l'entreprise japonaise Shimizu », Le Monde [en ligne]. 2019. Disponible sur : https://www.lemonde.fr/economie/article/2019/06/13/green-float-le-reve-de-ville-maritime-de-l-entreprise-japonaise-shimizu_5475631_3234.html
- [5] Mehdizadeh, R. "Dynamic and multi-perspective risk management of construction projects using tailor-made Risk Breakdown Structures (PhD thesis)", Bordeaux University, I2M-GCE, France, 2012.
- [6] Hillson, D. "Use a risk breakdown structure (RBS) to understand your risks", Paper presented at Project Management Institute Annual Seminars & Symposium, San Antonio, TX. Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2002.
- [7] Hillson, D. A. (2003b) 'Structuring a Breakdown: the Risk Management RBS', Project Magazine (Association for Project Management), Vol. 15, No. 7, pp. 12-14.
- [8] R. Mehdizadeh, F. Taillandier, D. Breyse, H. Niandou, « Methodology and tools for risk evaluation in construction projects using Risk Breakdown Structure », European Journal of Environmental and Civil Engineering, Vol. 16, pp. 78-98, 2012.
- [9] A. Talon, D. Boissier, L. Peyras. Analyse de risques : Identification et estimation : Démarches d'analyse de risques - Méthodes qualitatives d'analyse de risques [en ligne]. Mars 2009. Disponible sur : http://www.unit.eu/cours/cyberisques/etage_3_aurelie/co/Module_Etage_3_synthese_75.html
- [10] Chapman, R. J., 'The Controlling Influences on Effective Risk Identification and Assessment for Construction Design Management', International Journal of Project Management, Vol. 19 2001, No. 3, pp. 147-160.
- [11] A. Ruijter and F. Guldemund, "The Bowtie method : a review", Safety Science 88, pp. 211-218, mars 2016.
- [12] C. Bolvin, T. Balouin, A. Vallee, Y. Flauw, « Une méthode d'estimation de la probabilité des accidents majeurs de barrages: la méthode du noeud papillon », Colloque technique CFBR / AFEID "Pratique des études de dangers des barrages", pp.33-40, Nov 2011
- [13] A. Dassens and R. Launay, "Étude systémique de l'analyse de risques Présentation d'une approche globale », Techniques de l'ingénieur Théorie et management des systèmes complexes 1585, juillet 2008.
- [14] Voir [5]