



**HAL**  
open science

# Adaptation des zones côtières aux changements climatiques : Cadre opérationnel de renforcement de la résilience, appliqué à la gestion des risques d'inondation au niveau de l'estuaire de la Gironde, France

Nabil Touili

► **To cite this version:**

Nabil Touili. Adaptation des zones côtières aux changements climatiques: Cadre opérationnel de renforcement de la résilience, appliqué à la gestion des risques d'inondation au niveau de l'estuaire de la Gironde, France. Sciences de la Terre. Université Paris Saclay (COMUE), 2016. Français. NNT : 2016SACLV104 . tel-01919654

**HAL Id: tel-01919654**

**<https://theses.hal.science/tel-01919654>**

Submitted on 12 Nov 2018

**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.

NNT : 2016SACLV104

Thèse de doctorat  
de  
L'Université Paris-Saclay  
préparée à  
"L'UNIVERSITÉ DE VERSAILLES SAINT-QUENTIN-EN-YVELINES"

ÉCOLE DOCTORALE N° 578  
Sciences de l'Homme et de la Société (SHS)

Spécialité  
Aménagement, architecture

Par  
**Mr. Nabil TOULI**

**Adaptation des zones côtières aux changements climatiques: Cadre opérationnel de renforcement de la résilience, appliqué à la gestion des risques d'inondation au niveau de l'estuaire de la Gironde, France**

Thèse présentée et soutenue à Guyancourt, le 26 octobre 2016

**Composition du Jury :**

Mr. Omer Chouinard	Professeur à l'Université de Moncton	Rapporteur
Mr. Sebastian Weissenberger	Professeur à l'Université du Québec à Montréal	Rapporteur
Mr. François Hissel	Chargé de Recherche à l'ONEMA	Examineur
Mr. Alioune Kane	Professeur à l'UCAD au Sénégal	Président de jury
Mr. Jean-Paul Vanderlinden	Professeur à l'UVSQ - CEARC	Directeur de thèse
Mr. Yorghos Remvikos	Professeur HDR à l'UVSQ - CEARC	Examineur

**Titre :** Adaptation des zones côtières aux changements climatiques : Cadre opérationnel de renforcement de la résilience, appliqué à la gestion des risques d'inondation au niveau de l'estuaire de la Gironde, France

**Mots clés :** Risques d'inondation, vulnérabilité, résilience, adaptation, incertitudes climatiques

**Résumé :** Cette thèse doctorale porte sur la gestion des risques d'inondation et des capacités d'adaptation des zones côtières, notamment face au changement climatique. Le contexte actuel est tel que la vulnérabilité face aux aléas d'inondation est amplifiée par les phénomènes du changement climatique et par la forte exposition, des personnes et des biens, en zones à risques. Sous le cadre général du projet européen Theseus "Innovative technologies for safer European coasts in a changing climate", ce travail de recherche s'est, en particulier, appuyé sur une étude de cas en France : l'estuaire de la Gironde.

L'objectif de ce travail est de proposer un cadre alternatif d'adaptation de la gestion des inondations, à l'égard des incertitudes liées au contexte climatique.

Dans cet objectif, cette recherche est partie d'une étude d'exploration, des perceptions locales vis-à-vis des inondations, pour analyser ensuite la gestion actuelle, sous forme de combinaison entre mesures structurelles et non structurelles.

La publication d'articles scientifiques, contenus dans ce rapport, cristallise l'essentiel des résultats obtenus et illustre la démarche itérative de progression, entre le recueil des données du terrain et l'analyse des concepts théoriques.

Cette thèse doctorale a abouti à la proposition d'un cadre opérationnel de renforcement de la résilience appliqué à l'aménagement du territoire, aux systèmes d'alerte, aux plans d'évacuation, aux plans de continuité de fonctionnement, aux programmes d'assurance et à la gestion du post-trauma.

**Title :** Adaptation of coastal areas to climate changes by reinforcing the resilience capacities: Operational framework of a resilience options implemented at the coastal flood risk management in the Gironde estuary

**Keywords:** Flood risks, vulnerability, resilience, adaptation, climate uncertainties

**Abstract:** This PhD thesis deals with the flood risk management and the adaptation capacities of coastal areas, in regard of the climate change.

Currently, the flood hazard vulnerability is aggravated by both the climate change phenomenon and the huge exposure, of people and assets, in risk areas. In the general framework of Theseus european project, this research work has particularly focused on the Gironde estuary, in France, as a case study.

The aim of this work is to provide an alternative framework of adaptation for the flood risk management, in regard of the climate change related uncertainties.

In this order, our research is initiated by an

exploratory study , of the local perception toward the flood hazard, followed by the analysis of the current flood risk management, as a set of structural and nonstructural measures.

The published papers, included in this report, summarize our results and illustrate our iterative approach between the field data collection and the theoretical concepts analysis.

This thesis research has led to put forward an operational framework to enhance the resilience applied to land use planning, warning systems and evacuation plans, business recovery plans, insurance programs and post trauma management.



## Dédicaces

**Je dédie cette thèse à ma famille, en particulier à ma grand-mère**

**Je prends le risque de la dédier à mes chers amis qui, probablement,  
ne risquent pas de lire une thèse sur les risques**

**Mais sait-on jamais. L'« amour des risques » risque peut-être  
de l'emporter un jour**

*Qui risquera verra !*

## Remerciements

Quoique l'on puisse penser, cette partie est bien délicate à rédiger. Des mots, des lignes ou des paragraphes ne pourraient, aucunement, suffire à manifester mes sentiments de gratitude et de reconnaissance envers des êtres bien-aimés. Au-delà de réaliser un travail académique de recherche, j'ai eu la chance de connaître des personnes humaines formidables.

À écrire cette partie, ma première pensée s'est dirigée à mon directeur de thèse, Jean-Paul Vanderlinden. Sa personne humaine et professionnelle, à la fois exigeante et avenante, mérite toute ma gratitude et mes plus sincères remerciements. En poste de chargé de communication/médiation au sein de l'Observatoire de Versailles St-Quentin-en-Yvelines (OVSQ), Jean-Paul m'a offert l'opportunité d'intégrer le projet Européen Theseus et de réaliser, ainsi, un rêve ; celui de conduire des études doctorales au côté de scientifiques, chercheurs et académiciens, français et européens, de réputation internationale. Financée dans le cadre du projet européen Theseus, du 7<sup>ème</sup> Programme Cadre, cette thèse doctorale a, d'ailleurs, pleinement bénéficié de l'appui logistique et scientifique du projet Theseus.

Je tiens particulièrement à remercier Juan Baztan, pour son soutien permanent, son accompagnement instructif mais aussi pour sa présence joviale et ses qualités humaines. D'ailleurs, je remercie l'ensemble des membres scientifiques du laboratoire interdisciplinaire CEARC, à commencer par Yorghos Remvikos, Jan Borm, François Gemenne, Alexandra Lavrillier et...la liste est bien longue. Mes remerciements s'adressent, également, aux collègues parmi le personnel administratif et pédagogique UVSQ/OVSQ, du bâtiment de « la maison du maître » mais aussi de la Plateforme d'Intégration et de Tests (PIT), avec qui j'ai partagé des moments inoubliables.

En outre, mes remerciements s'adressent aux différents participants aux enquêtes du terrain, notamment, des membres la DREAL, de la DDTM, de l'IRSTEA, des syndicats mixtes, ...etc.

Par-delà tout, ma profonde gratitude s'adresse à mon père et à l'ensemble de ma famille pour leur amour inestimable. Le sens des mots s'efforcerait, en vain, à décrire leur soutien inconditionnel pour me voir accomplir mon dessein comme si c'était le leur.

Ce travail est le début de l'histoire scientifique qui est la mienne. Je remercie tous ceux qui m'ont, d'abord, favorablement incité à l'entreprendre, ceux qui m'ont appuyé avant son entame et ceux qui ont contribué à mener à bon escient son parachèvement.

Aucun mot ne saurait exprimer ma reconnaissance et aucun adjectif ne pourrait qualifier mes sincères remerciements à tous ceux qui m'ont soutenu pour accomplir ce travail. J'espère n'avoir oublié personne, car, cette partie, est bien délicate pour moi comme j'ai annoncé à son entame.

***"Les mots manquent aux émotions." Victor Hugo***



## Résumé

Cette thèse porte sur la gestion des risques côtiers, notamment d'inondation, et des préoccupations grandissantes quant aux capacités d'adaptation face aux changements climatiques et leurs impacts potentiels. Le contexte actuel est tel que ces aléas naturels d'inondation sont amplifiés à la fois par les phénomènes des changements climatiques et par la forte exposition, en personnes et en biens, en zones à risques. Sous la cadre général du projet européen Theseus "Innovative technologies for safer European coasts in a changing climate", ce travail vise, en particulier, à renforcer l'adaptation par le renforcement de la résilience au niveau de la gestion des risques côtiers d'inondation.

Aujourd'hui, la gestion des risques, sous les impacts potentiels des changements climatiques, fait face à de fortes probabilités de hausse en termes de fréquence et d'intensité des inondations mais aussi celles d'évènements imprévus et/ou extrêmes de ces aléas naturels. Certes, l'état actuel des connaissances autour des impacts potentiels des changements climatiques est entouré de larges incertitudes. À défaut de réduire ces larges incertitudes liées aux changements climatiques, ce travail de recherche propose un cadre innovant qui vise à renforcer les flexibilités dans la gestion des risques face aux risques actuels et futurs. Dans cette optique, ce travail de recherche s'est, d'abord, appuyé sur une étude exploratoire, avant de se focaliser sur l'analyse des approches et des mesures, structurelles et non structurelles, pour proposer, finalement, un cadre opérationnel de renforcement de la résilience, appliqué à l'estuaire de la Gironde en France. Ce cadre opérationnel d'adaptation a concerné des mesures de prévention, de gestion de crise et de reprise post-crise associées à l'aménagement du territoire, aux systèmes d'alerte et plans d'évacuation, à la reprise économique post-interruption, aux programmes d'assurances et à la gestion du Post-trauma.

La méthodologie suivie dans ce travail est la théorisation ancrée. Par le biais de cette méthodologie, la partie bibliographique et le recueil de données de terrain ont évolué conjointement pour orienter progressivement, par leur interaction itérative, ce projet de recherche. Le développement des concepts associés à la gestion des risques, dans la partie bibliographique, s'est appuyé des résultats ancrés des données du terrain et vice versa.

Au fur et à mesure de son avancement, ce travail de recherche s'est couronné par la publication/soumission de trois articles scientifiques. La chronologie de ces travaux

scientifiques met en évidence la démarche suivie et renseigne sur l'avancement progressif des recherches, théoriques et pratiques, le long de cette thèse.

[L'article 1](#), intitulé "Public perception of engineering-based coastal flooding and erosion risk mitigation options: Lessons from three European coastal settings", incarne les premières résultats ancrés issus de la combinaison entre la théorie – relative à la perception de gestion des risques dans la littérature scientifique – et les premières données du terrain – relatives aux attitudes des populations vis-à-vis de la gestion locale des risques.

S'inspirant des résultats de l'article 1, [l'article 2](#), porte essentiellement sur l'analyse de la gestion actuelle, ses approches et mesures, et ses capacités à réduire les vulnérabilités en zones à risques. Cet article est intitulé « Mesures non structurelles, flexibilité adaptative et gestion du risque : étude de cas des inondations dans l'estuaire de la Gironde (France) ». Ce travail remet en cause les approches de résistance aux aléas et les mesures, inflexibles et spatialement restreintes, face à des aléas naturels incertains, mais de plus en plus récurrents et dommageables.

Quant à [l'article 3](#), il propose un cadre alternatif tourné vers le renforcement de la résilience dans la gestion des risques. Fortement inspiré de travaux interdisciplinaires autour de la résilience, cet article propose le renforcement de la résilience comme une approche innovante pour l'adaptation des zones côtières face aux incertitudes futures liées aux changements environnementaux, notamment climatiques. Cet article est intitulé « Portfolio d'options pour le renforcement de la résilience : cadre opérationnel d'application de principes systémiques de résilience à la gestion des risques d'inondation en Gironde ».

En plus d'une introduction et d'une conclusion générales, ce rapport se structure autour des 5 parties majeures:

- **Introduction générale.** Il s'agit d'une partie introductive qui expose le contexte actuel marqué par l'ascension des événements naturels liés au climat et les impératifs, conséquents, d'adaptation des zones côtières potentiellement assujetties aux risques d'inondation.
- **Partie 1, Environnement scientifique.** Cette partie se scinde en trois sous parties, à savoir, (1) la présentation du projet européen Theseus, comme un cadre scientifique général de recherche, (2) le constat et objectifs particuliers de cette thèse doctorale et (3) la présentation de l'estuaire de la Gironde, étude de cas de ce travail.

- **Partie 2**, Matériel et méthodes. Cette partie explique en détail la méthodologie de recherche suivie et les procédés de collecte et d'analyse de données du terrain.
- **Partie 3**, Analyse des concepts et discussions. Cette partie apporte, dans un premier temps, une analyse de la revue bibliographique autour des concepts du risque, de la vulnérabilité, de la résilience et de leurs termes connexes tels que les capacités de réponse, les capacités de reprise.
- **Partie 4**, Discussions. Cette partie place la vulnérabilité et la résilience dans un contexte plus large qui est celui de l'adaptation. Sur la base des résultats de la partie 3 et des données du terrain, cette partie trace, sous l'angle de l'adaptation, l'évolution des approches et des mesures de la gestion des risques
- **Partie 5**, Publications (dans des revues scientifiques à comité de lecture). Sur cette partie figure une présentation, in extenso, des articles scientifiques publiés (ou en cours de publications) dans le cadre de cette thèse par articles.
- **Conclusion générale**. L'accent y est mis sur les insuffisances, en termes de gestion des risques, de nuancer entre la réduction de la vulnérabilité et le renforcement de la résilience.

## Abstract

This PhD thesis deals with the coastal flood risk management under the growing concerns toward its adaptation capacities in regard of the potential impacts of climate change. Currently, the flood hazard vulnerability is aggravated by both the climate change phenomenon and the huge exposure, of people and assets, in the risk areas. In the general framework of Theseus european project "Innovative technologies for safer European coasts in a changing climate", this research aims to enhance the adaptation capacities by the strengthening of the resilience within the coastal flood risk management.

Under the climate change potential impacts, the risk management is facing, nowadays, a strong likelihood of a significant increase of the flood frequencies, the flood intensities and unforeseen and/or extreme flood natural hazards. The present level of knowledge about climate change and their potential impacts is of course surrounded by large uncertainties. Instead to reduce the climate change related uncertainties, this research aims to propose an innovated framework of enhancing the flexibilities of the flood management to face current and future risks. In this view, this work has focused on an exploratory study, as a first step, an analysis of the approaches and the, structural and non-structural, measures used in coastal flood management, as a second step, to finally propose an operational framework of the resilience enhancement at the Gironde estuary in France. The operational framework integrates measures of prevention, crisis management and post-crisis management with the land use planning, the warning systems and evacuation plans, the business recovery plans, the insurance programs and the post trauma management.

The "grounded theory" is the methodology followed in this research. Within the grounded theory, our research project has evolved iteratively through the interaction between the theoretical concepts analysis and the ground data collection. The risk management associated concepts, developed in the bibliographical part, follows our results of the ground data collection and vice versa.

As our research progresses to completion, this report includes three published/submitted papers to illustrate our grounded theory methodology:

**Paper 1**, entitled "Public perception of engineering-based coastal flooding and erosion risk mitigation options: Lessons from three European coastal settings", reflect our first grounded

results from the risk perceptions theoretical concepts, on one hand, and the local perception of the flood risk management in a case studies, on another hand.

From the results of the paper 1, the **paper 2** is mainly focused on the analysis of the current flood risk management, its approaches and measures, and the capacity to reduce vulnerabilities in coastal areas. This paper is entitled "Non-structural climate risk mitigation measures, adaptation and flexibility: a case study of the Gironde estuary (France)". This paper is questioning the resistance approaches and the inflexible measures, in restricted spatial scales, to deal with uncertain, and increasingly frequent and damaging, flood hazards.

On the results of the papers 1 and 2, the **paper 3** comes to propose an alternative framework towards the resilience enhancement in the coastal flood risk management. To face the uncertainties related to climate change, this paper has basically focused on interdisciplinary scientific works about the theoretical concept of the resilience to propose an innovated, practical and operational, flood risk management framework. This paper is entitled "Portfolio of resilience options: Operating framework of application of resilience systemic principles to the coastal flood risk management, case of study: the Gironde estuary".

This report is structured around the main following chapters:

- General introduction, where we emphasize the current context of the growing climate events, especially against the flood hazards, and the imperatives of adaptation of the coastal areas.
- Chapter 1: Scientific environment. This part of the thesis report is organized in three sub-parts. First sub-part presents the Theseus european project, as a global framework of this research. Second sub-part of findings and particular objectives of this research under the Theseus project. Final sub-part presents the Gironde estuary as a case study of this research.
- Chapter 2: Method and materials. Here we explain in detail how we proceed to collect and analyze the ground data.
- Chapter 3: Concept analysis and discussions. This chapter of the report gives an analysis of the bibliographical review, mainly, about the concepts of vulnerability and resilience and their related terms, as the recovery and the response capacities.
- Chapter 4: Discussions. This chapter, as a continuation of the analysis of chapter 3, is dedicated to put the vulnerability and the resilience in a larger context of adaptation.

This part outlines the evolving approaches and measures of flood risk management, under the adaptation concept.

- Chapter 5: Published papers. This part presents the papers published/submitted along of this research project of “thesis by publication”.
- General conclusion where we emphasize a lacks of knowledge to accurate the differences between the vulnerability reduction and the resilience enhancement in terms of risk management and measures deployment.

## Présentation des publications

Compte tenu qu'il s'agit d'une thèse par article, cette partie esquisse une présentation succincte des articles publiés le long de cette recherche doctorale. Ces articles incarnent une démarche chronologique depuis les recherches premières, exploratoires, autour de la gestion des risques jusqu'à celles prospectives portant sur les capacités d'adaptation face aux impacts potentiels des changements climatiques.

**Article 1: Public perception of engineering-based coastal flooding and erosion risk mitigation options: Lessons from three European coastal settings, Coastal Engineering, 87, p205-209.**

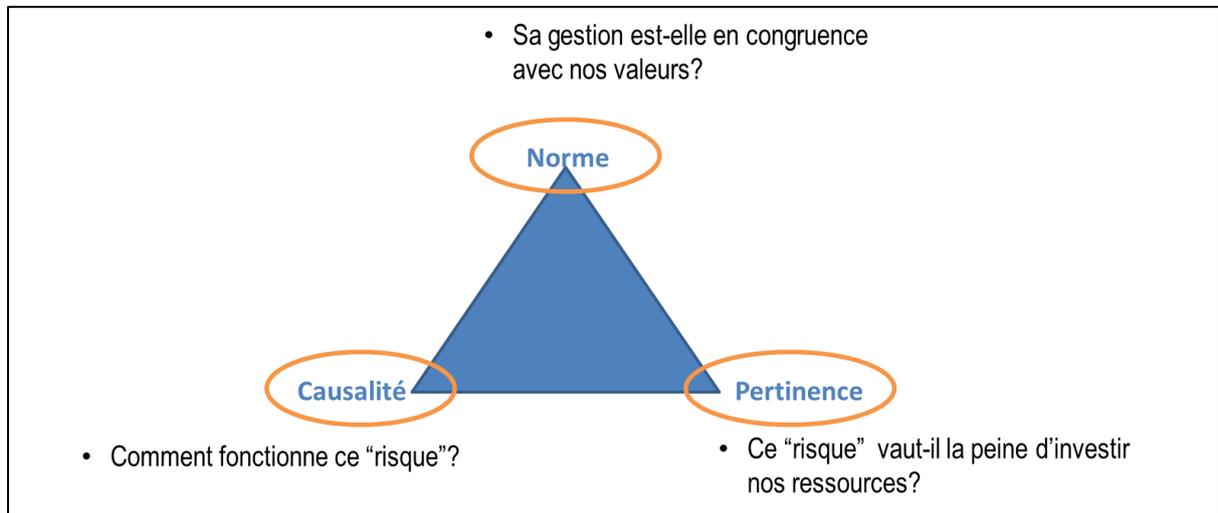
Dès les premières interactions, entre nos enquêtes du terrain et les concepts théoriques liés à la gestion des risques côtiers, la perception locale des risques côtiers a aussitôt surgit comme thématique capitale en lien avec la gestion de ces risques. Dans ce cadre, nous nous sommes particulièrement intéressés à la perception des risques comme point d'entrée à l'interface des stratégies/approches/mesures en place d'une part et des attitudes des populations locales, d'autre part.

Les récents bilans, en termes de dommages et de pertes, liés aux expériences avec les risques côtiers en général, ont d'abord fait des « inondations » les risques majeurs en zones côtières. Certes, les préoccupations sont le plus souvent focalisées autour de la gestion des risques. Or, ces préoccupations se matérialisent par des perceptions différentes qui tournent autour des causes à l'origine de ces événements catastrophiques, de leurs conséquences en termes de dommages/pertes et des trajectoires passées et futures qui leurs sont liées. La revue bibliographique riche en travaux réalisés autour des perceptions des risques a conduit ce travail à s'intéresser, en particulier, à la perception locale des risques du point de vue des options d'ingénierie de réduction (mitigation) déployées en zones à risques.

L'objectif de cet article est d'explorer des déterminants de la perception des acteurs locaux vis-à-vis de la gouvernance des risques. Ce premier article s'appuie sur un corpus de données tiré de trois études de cas européens : Cesenatico, en Italie, Santander, en Espagne et l'estuaire de la Gironde, en France. Sur un corpus total de données de 32 entrevues semi-directives, 9 entrevues ont été réalisées au niveau de notre étude de cas.

Ce travail exploratoire, au niveau de notre étude de cas, a permis de lier la perception des risques à celle des « mesures d'ingénierie » déployées dans la gestion de ces risques, comme la partie visible, au niveau local, des stratégies et des approches de gouvernance des risques.

Un des principaux résultats de cet article est que la perception des risques est un processus qui se manifeste par la combinaison de trois types de revendications dans le discours des acteurs locaux: (i) une revendication normative, (ii) une revendication de pertinence et (iii) une revendication de causalité.



**Figure 1: Triangle des revendications de perception dans le discours des acteurs**

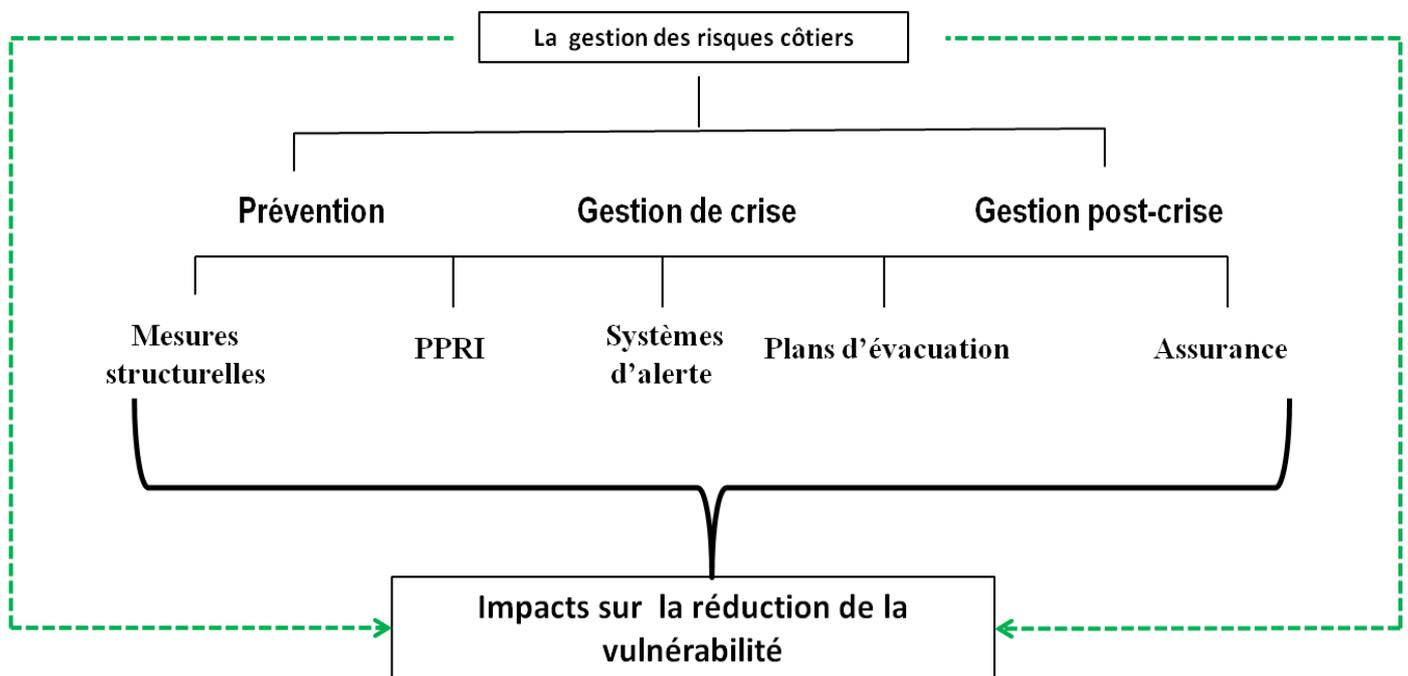
L'analyse des résultats de cet article permet de souligner deux avancées principales :

- Vis-à-vis de l'intégration des solutions technologiques innovantes dans l'avenir, la prise en compte de ces déterminants de perception permettrait de mieux intégrer, au niveau local, de nouvelles mesures d'adaptation.
- Vis-à-vis des connaissances/savoirs autour de la perception des risques, cet article révèle que la perception des risques est, sur un niveau local, intimement liée à la perception des mesures qui lui sont associées.

**Article 2: Mesures non structurelles, flexibilité adaptative et gestion du risque : étude de cas des inondations dans l'estuaire de la Gironde (France)**

Cet article offre une analyse autour de la gestion actuelle des risques et des mesures à la fois structurelles et non structurelles qui lui sont associées en France. L'accent est porté sur le recours aux mesures non structurelles, depuis la tempête Xynthia en 2010, et sur la capacité de la combinaison entre mesure structurelles et non structurelles à réduire la vulnérabilité.

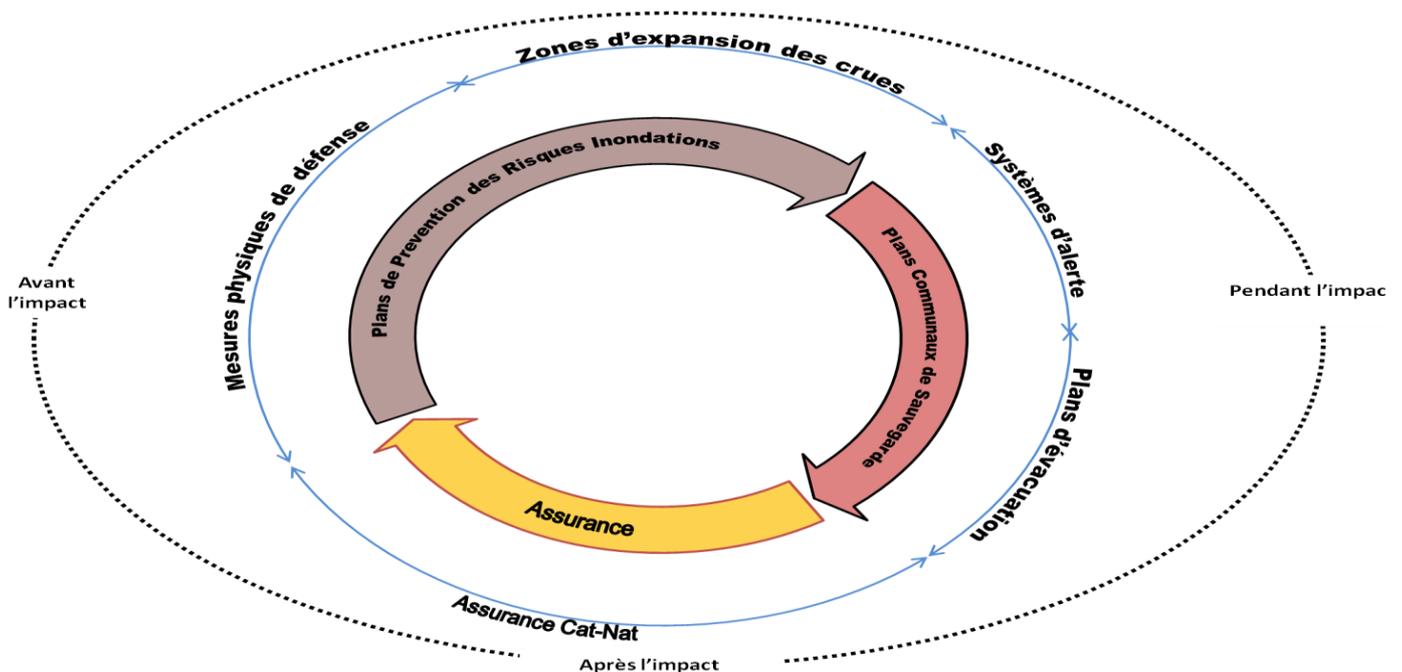
La gestion des risques d'inondation fait de plus en plus appel aux mesures non structurelles. Les insuffisances avérées d'une gestion purement structurelle et les incertitudes futures liées aux changements climatiques ont fortement favorisé cette tendance. La gestion des risques s'exprime, dès lors, sous forme d'une combinaison entre mesures structurelles et non structurelles. En France, la gestion des risques n'est pas en reste de cette tendance. La gestion des risques en France s'appuie, en effet, sur une combinaison de mesures, structurelles et non structurelles, associées à la prévention, à la gestion de crise et à la reprise post-crise (Cf. Figure 2).



**Figure 2:** Les principales mesures associées à la gestion actuelle des risques d'inondation

Initialement porté sur l'analyse de la gestion des risques et des mesures qui lui sont associées, cet article fait, désormais, le constat d'une transition des mesures structurelles vers les mesures non structurelles en zones à risques. Certes, le recours aux mesures non structurelles ne date pas d'aujourd'hui et la combinaison entre mesures structurelles et non structurelles n'est pas nouvelle en soi. Néanmoins, et notamment depuis la tempête Xynthia, on assiste à l'émergence d'une transition en termes d'approches où les mesures non structurelles ont acquis le rôle central et fédérateur, autrefois porté par celles structurelles. Nos enquêtes de terrain font constater que la gestion des risques s'oriente, par endroit, vers le remplacement même de certaines mesures structurelles par celles non structurelles. Autrefois focalisée sur la gestion structurelle, via des ouvrages physique de défense, la gestion actuelle est dorénavant tournée vers une gestion non structurelle, focalisée sur l'application de réglementations contraignantes et restreintes.

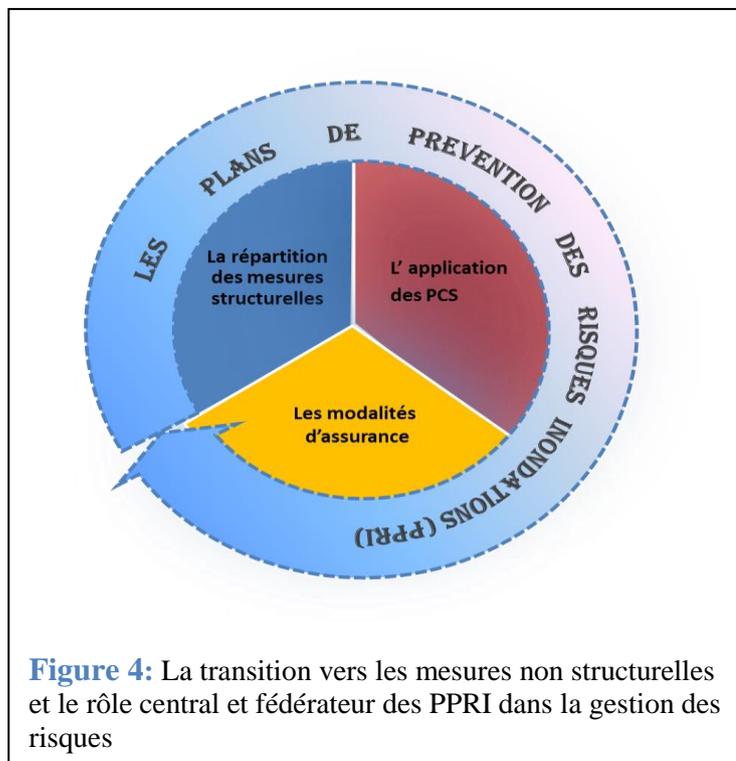
L'objectif de cet article est celui d'analyser la combinaison des mesures, structurelles et non structurelles, et sa contribution à réduire la vulnérabilité à la lumière des incertitudes actuelles et futures associées aux changements climatiques. Cet article part sur l'identification des mesures associées à la gestion des risques puis l'analyse de leur déploiement actuel en zones à risques (Cf. Figure 3). L'accent est en particulier mis sur les atouts théoriques des mesures non structurelles d'une part et sur leur déploiement actuel, notamment depuis Xynthia, d'autre part.



**Figure 3:** Les mesures structurelles et non structurelles déployées en termes de prévention, de gestion de crise et de reprise post-crise

La transition vers les mesures non structurelles apparaît comme un des résultats dans ce travail.

La gestion actuelle des risques semble désormais principalement centralisée autour des prescriptions prédictives des Plans de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI). Le déploiement du reste des mesures, tels que les zones d'expansion des crues, les ouvrages physiques de défense, les Plans Communaux de Sauvegarde (PCS) ou les modalités d'assurance, demeurent fortement influencé par les prescriptions des PPRI (Figure 4).



**Figure 4:** La transition vers les mesures non structurelles et le rôle central et fédérateur des PPRI dans la gestion des risques

Cet article s'est appuyé sur une deuxième séquence d'entrevues, qui s'ajoute aux enquêtes de terrain, et leurs analyses, réalisées pour l'article 1.

Cet article qui vise, en particulier, à apporter des réflexions sur le déploiement prépondérant des mesures non structurelles s'interroge sur la capacité de la combinaison actuelle entre mesures, structurelles et non structurelle, à faire face aux incertitudes futures liées aux changements climatiques. À cet égard, cet article soulève (1) un écart entre la théorie et la pratique dans le déploiement des mesures non structurelles, et (2) certaines interrogations en termes de flexibilités, de comportements individuels, d'échelles multiples et d'équité.

L'analyse des résultats de cet article permet de souligner deux avancées principales :

- La transition vers les mesures non structurelles n'est pas synonyme de rupture avec les mesures structurelles. Il s'agit plutôt du passage d'une gestion, historiquement, purement structurelle vers une gestion sous forme de combinaison de mesures, structurelles et non structurelles, en zones à risques.
- La transition constatée en termes de mesures est censée s'accompagner d'une transition en termes d'approches dans la gouvernance des risques. La transition vers le

non structurel caractérise plutôt des approches de réduction de vulnérabilité ou de renforcement de résilience.

**Article 3: Portfolio d'options pour le renforcement de la résilience : application de principes systémiques de résilience à la gestion des risques d'inondation en Gironde.**

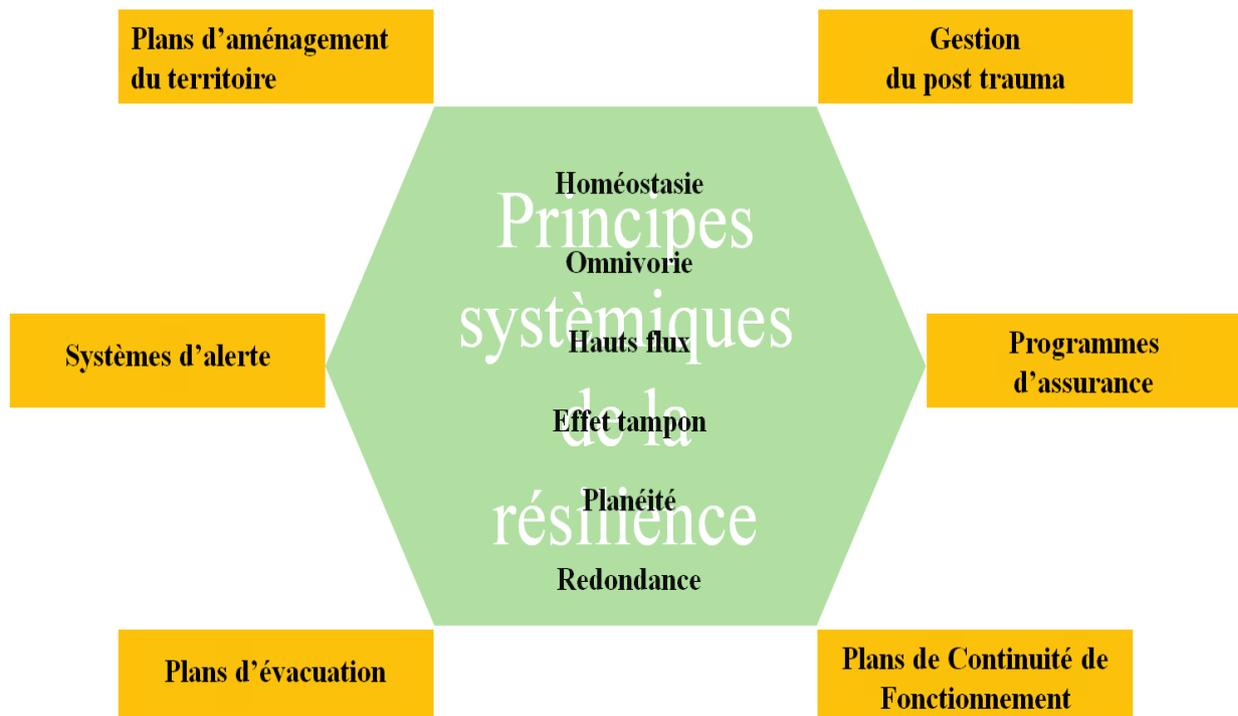
Cet article explore un cadre, de gestion, alternatif destiné à lever les limites des approches actuelles, focalisées sur la réduction des impacts, par l'exploration d'un cadre opérationnel de renforcement de la résilience.

La croissance considérable récemment des catastrophes naturelles, type inondation, est, désormais, appelée à s'accroître, en fréquence et en intensité, sous les impacts potentiels des changements climatiques. Attractives et convoitées, les zones côtières sont engagées dans un processus d'urbanisation croissante qui amplifie davantage les conséquences en cas d'impacts. Or, et au lieu de renforcer la résilience face à ces aléas récurrents et inévitables, la gestion des risques prône encore des approches de résistances basées sur des prévisions dictées par les leçons du passé. Réduire l'exposition, via des règlements inflexibles, et/ou inciter aux relocalisations des populations et des biens vers des centres fortement urbanisés, via des mesures contraignantes et restreintes, ne favorisent pas forcément la résilience face à des événements potentiellement imprévus et/ou extrêmes.

Cet article propose d'explorer un cadre opérationnel de renforcement de la résilience qui tient compte des incertitudes liées à la gestion des risques et aux impératifs de flexibilités des mesures en place. Le renforcement de la résilience ne se limite pas à disposer de mesures en matière de prévention, de gestion de crise et de reprise post-crise. Le renforcement de la résilience, dans cet article, dépasse le simple renforcement de chacune des mesures de prévention, de gestion de crise et de reprise post-crise, pour plutôt prendre en compte le renforcement de leurs interactions dans une dynamique systémique et une gestion intégrée. L'application de principes systémiques de résilience intra et inter mesures de la gestion des risques présente un des chemins de renforcement de la résilience face aux risques d'inondation.

Ce travail émerge en partie à la lumière des résultats de l'article 2 vis-à-vis des limites de la gestion des risques et de l'analyse croisée des mesures qui lui sont associées. Par ailleurs, le cadre opérationnel proposé s'appuie sur des constats empiriques, issus de travaux pluridisciplinaires, sur les capacités caractéristiques des systèmes résilients. L'homéostasie, l'omnivorie, les haut-flux, l'effet tampon, la planéité et la redondance sont certaines de ces capacités caractéristiques des systèmes résilients. Pour le cadre opérationnel proposé, ces

capacités caractéristiques sont plutôt considérées comme des principes systémiques de la résilience. Ainsi, le portfolio d'options de résilience est issu de l'application des principes d'homéostasie, omnivorie, haut-flux, effet tapon, planéité (« Flatness », dans les textes originaux) et de redondance à chacune des mesures associée à l'aménagement du territoire, aux systèmes d'alerte et plans d'évacuation, aux plans de continuité de fonctionnement, aux programmes d'assurance et à la gestion du pot-trauma.



**Figure 5: Application des principes systémiques de la résilience aux mesures associées à la gestion des risques**

Ce travail qui s'est alimenté des deux séquences antérieures d'entretiens s'est également appuyé sur une troisième séquence d'entrevues, sur de la littérature scientifique et sur les livrables Theseus.

Les résultats de cet article permettent de souligner deux avancées principales :

- Les approches du renforcement de la résilience exigent une transgression, dans les fonctions de chacune des mesures associées à la gestion des risques, et une interdisciplinarité dans la pratique des acteurs.
- L'application des principes systémiques de résilience offre un cadre de gestion flexible et adaptable dans la durée. Les options de résilience proposées reflètent les deux aspects/facettes de la résilience : (1) la conservation/stabilité du système et/ou (2) son renouvellement/transformation face aux perturbations/chocs.

Les trois articles ont été produits avec l'appui du projet européen THESEUS, "Innovative technologies for safer European coasts in a changing climate", du 7<sup>ème</sup> programme cadre. Les sujets ainsi que les réflexions développés ont été considérablement affinés grâce aux échanges avec les partenaires européens.

## Table des matières

Dédicaces .....	4
Remerciements .....	5
Résumé .....	9
Abstract .....	12
Présentation des publications .....	15
Introduction générale .....	27
<b>I. Environnement scientifique .....</b>	<b>30</b>
1. Cadre général de recherche: Le Projet Theseus .....	30
2. Constats et objectifs spécifiques .....	32
3. Zone d'étude de cas : estuaire de la Gironde .....	34
<b>II. Matériel et Méthodes.....</b>	<b>37</b>
1. Théorisation ancrée .....	37
2. Matériel.....	39
<b>III. Analyse des concepts .....</b>	<b>48</b>
1. Le risque.....	48
2. La vulnérabilité.....	51
2.1 La vulnérabilité comme interaction aléa-exposition .....	52
2.2 La vulnérabilité comme capacité de réponse .....	54
3. La résilience.....	58
<b>IV. Discussions autour de l'adaptation.....</b>	<b>62</b>
1. L'adaptation et les capacités d'adaptation.....	62
2. Dynamique d'approches et de mesures .....	64
<b>V. Publications .....</b>	<b>67</b>

Article 1. Public perception of engineering-based coastal flooding and erosion risk mitigation options. Lessons from three European coastal settings, <i>Coastal Engineering</i> , 87, p205-209. ....	68
Article 2. Mesures non structurelles, flexibilité adaptative et gestion du risque : étude de cas des inondations dans l'estuaire de la Gironde (France).....	76
Article 3. Portfolio d'options pour le renforcement de la résilience : application de principes systémiques de résilience à la gestion des risques d'inondation en Gironde. <i>Vertigo-la revue électronique en sciences de l'environnement</i> , (Hors-série 23).....	108
Conclusion générale.....	127
Références bibliographiques.....	133
Liste des figures.....	141
Liste des tableaux.....	142
Annexes .....	143



## Introduction générale

La montée en puissance des catastrophes naturelles est aujourd'hui un constat avéré. Des inondations, des cyclones ou encore des ouragans, sont tous des événements naturels désastreux devenus, désormais, de plus en plus fréquents (Coumou et Rahmstorf, 2012 ; Trenberth, 2012). Parmi ces événements naturels, la récurrence de ceux liés au climat suscite, en particulier, des préoccupations grandissantes. Alors que le nombre des catastrophes, non climatiques, telles que les séismes, n'avait quasiment pas varié, celui des événements catastrophiques liés au climat avait déjà doublé pendant la décennie de 1990 (Lugeri, 2010). Pour certains de ces événements naturels, ce constat remonte même un peu plus loin. Plusieurs auteurs, tels que Milly et *al.* (2002), assurent que le 20<sup>ème</sup> siècle s'est, en général, caractérisé par une hausse substantielle en termes de fréquence des grandes catastrophes, et surtout celles du type inondation. Les inondations se distinguent, parmi les catastrophes naturelles, comme les événements majeurs les plus répandues à l'échelle de la planète.

En parallèle avec cette tendance à la hausse en termes de fréquence, la forte intensité des récentes inondations occasionne davantage de pertes humaines et des dommages matériels. De tous les catastrophes naturelles, les inondations sont considérées comme les plus létales (Alexander, 1993 ; Jonkman et Kelman, 2005). Selon la base de données EM-DAT du Centre de recherches sur l'épidémiologie des catastrophes naturelles (CRED), les inondations ont, à ce jour, causé la mort d'environ sept million de personnes dans le monde (Livrable Theseus 4.1). Sans remonter très loin dans l'histoire, les inondations survenues en Bosnie et Serbie et au Maroc en 2014, au Canada en 2013 ou encore en France en 2010, témoignent d'une ampleur historique des désastres conséquents aux inondations dans ces pays. En outre, la préoccupation actuelle vis-à-vis des aléas d'inondations ne revient pas seulement aux expériences récentes. Si les bilans des récentes inondations sont d'ores et déjà considérables, ceux des événements à venir pourraient l'être davantage sous les impacts potentiels des changements climatiques. À l'avenir, le GIEC prévoit, en effet, une hausse de la fréquence et/ou de l'intensité des événements climatiques avec l'intensification des impacts des changements climatiques. Incertains, certes, mais dommageables et de plus en plus fréquents, les inondations suscitent une préoccupation qui s'accroît sous les projections futures des changements climatiques et leurs impacts potentiels. En Europe, en particulier, les

zones côtières risquent d'être sévèrement affectés par les changements climatiques (OCDE, 2007; EEA<sup>1</sup>, 2009).

Il se trouve, désormais, que les zones côtières sont les territoires les plus concernées par ce contexte ;

En effet, et ne serait-ce que par leurs caractéristiques géophysiques, les zones côtières sont potentiellement soumises aux risques naturels climatiques et/ou météorologiques, notamment ceux liés aux risques d'inondation et d'érosion côtière. Les zones côtières sont, en effet, reconnues fortement vulnérables aux effets des changements du climat et de l'élévation du niveau de la mer (Klein et Nicholls, 1999). L'élévation du niveau de la mer, associée aux changements climatiques, pourrait impacter l'évolution et l'ampleur des risques d'érosion et d'inondation sur la plupart des zones côtières (Nicholls et al. 2007a)<sup>2</sup>. Les zones côtières font désormais face aux fortes probabilités de hausse en termes de fréquence et d'intensité et celle d'évènements imprévus et/ou extrêmes des risques d'inondation. La forte exposition, due principalement à l'urbanisation accrue des zones côtières, amplifie les pertes et les dommages en cas d'impact.

Par ailleurs, les zones côtières demeurent des espaces multifonctionnelles fortement urbanisées en dépit des risques potentiels à leur niveau ;

Les zones côtières sont, avant tout, des écosystèmes de haute importance dans le fonctionnement de notre planète (Holligan et deBoois, 1993)<sup>3</sup>. Attractives et incessamment convoitées, les zones côtières accusent, « une forte concentration des populations et des sources de production d'une partie considérable du PIB mondial » (Nordhaus, 2006). Ces espaces qui hébergent, en effet, des fonctions économiques, biologiques et écologiques se considèrent parmi les espaces les plus riches et les plus productifs de notre planète. De surcroît, le potentiel naturel et paysager assujettit ces espaces multifonctionnels à des pressions anthropiques susceptibles d'augmenter à l'avenir. Les zones côtières requièrent une gestion de l'ordre des particularités qu'elles représentent, des intérêts qu'elles prédisposent et des enjeux, actuels et futurs, auxquels elles font face. À la limite mer-terre, les zones côtières

---

<sup>1</sup> European Environmental Agency

<sup>2</sup> Cité par Dawson, R. J., Dickson, M. E., Nicholls, R. J., Hall, J. W., Walkden, M. J., Stansby, P. K., et al., (2009), Integrated analysis of risks of coastal flooding and cliff erosion under scenarios of long term change. *Climatic Change*, 95(1-2), pp249-288.

<sup>3</sup> Cité par Nicholls, R. J., Lowe, J. A., (2004), Benefits of mitigation of climate change for coastal areas. *Global Environmental Change*, 14(3), pp229-244.

demeurent, en revanche, potentiellement vulnérables aux risques d'inondation et d'érosion et, en particulier, sous l'intensification des changements climatiques.

Quelque part, l'urbanisation des zones côtières va de pair avec les majeures activités générées à leur niveau. Devant l'absurdité de désurbaniser, sous la contrainte des risques d'inondations, ces espaces de fortes utilités socio-économiques, environnementales et paysagères, la gestion des risques en zones côtières s'affronte aux impératifs de s'adapter au contexte actuel des changements climatiques.

Via sa longue histoire avec les catastrophes naturelles, l'humanité hérite, en particulier, pour les inondations, d'amples leçons d'apprentissage tirées des expériences passées avec ces aléas récurrents. L'évolution des approches et des mesures déployées en zones à risques traduit ces apprentissages du passé. Au futur pourtant, la particularité du phénomène des changements climatiques réside dans les incertitudes qui entourent ce phénomène et ses impacts potentiels. Anticiper ces impacts potentiels se heurte aux fortes incertitudes liées à la fréquence, l'ampleur et la distribution spatiale des futurs événements climatiques sur des échelles nationales, infranationale et locales (Thomalla et *al.*, 2006).

Aujourd'hui, la gestion des risques est à la croisée entre les impératifs du maintien des zones côtières sous un contexte climatique aggravant, caractérisé par des impacts potentiels en zones à risques. Ce travail qui porte sur la gestion des risques se justifie par les inquiétudes grandissantes, et de plus en plus partagées au niveau du globe, sur les capacités d'adaptation de la gestion des risques au contexte actuel marqué par les changements climatiques.

## I. Environnement scientifique

Ce travail de recherche s'insère dans le cadre général du projet européen **Theseus (Innovative technologies for safer European coasts in a changing climate)**. Ce projet qui fait partie du 7<sup>ème</sup> Programme Cadre, vise à anticiper les conséquences des changements climatiques afin de mieux protéger des populations, de plus en plus denses, sur les côtes européennes. Financé par l'Union européenne, ce projet implique trente et un partenaires et huit sites d'études pilotes (Cf. Annexes), dont l'estuaire de la Gironde en France. Cet estuaire constitue la zone d'étude de cas de cette thèse doctorale sous le cadre général du Projet Theseus.

### 1. Cadre général de recherche: Le Projet Theseus

Les côtes européennes sont des zones de fortes activités économiques dont le développement pourrait être menacé par les impacts, de plus en plus apparents, des changements climatiques. Industrie, agriculture, commerce ou tourisme sont toutes des activités qui s'accompagnent d'une forte urbanisation de ces zones désormais vulnérables. Sur les côtes européennes, et durant les cinquante dernières années, la taille des populations a plus que doublé. À 500 mètres du trait de côte, la valeur totale des biens économiques a été estimée entre 500 et 1000 billion d'Euros en l'an 2000 (Livrable Theseus 4.3). Les côtes européennes, qui par-delà tout demeurent des milieux naturels fragiles, sont aujourd'hui, par ailleurs, vulnérables aux risques, notamment, d'inondation et d'érosions côtières. Dans ce contexte, le projet Theseus (FP7, EU), vise à apporter une réponse intégrée en vue de réduire les risques et maintenir la durabilité des activités en zones côtières à l'échelle européenne. Pour Theseus, les zones côtières sont des systèmes à risques pouvant subir ou être affecté négativement par les effets néfastes des changements climatiques, y compris la variabilité climatique et les phénomènes extrêmes. Intitulé "Innovative technologies for safer European coasts in a changing climate", le projet Theseus recherche des stratégies innovantes face aux enjeux émergents, notamment, sous les impacts potentiels des changements climatiques.

La stratégie globale de ce projet s'articule autour de trois étapes ; (1) D'abord, s'arrêter sur les apprentissages des expériences passées avec les risques, notamment d'inondation, au niveau des études de cas. (2) Développer, ensuite, des technologies innovantes à l'épreuve des changements climatiques afin (3) d'en sélectionner, finalement, les plus pertinentes pour proposer une approche intégrée appropriée à chaque étude de cas.

Dès lors, une partie considérable du projet Theseus a été consacrée à la collecte d'un large éventail de données sur les systèmes soumis aux risques d'inondation, en particulier. Des entrevues ont été administrées avec des acteurs locaux et des responsables de planification des stratégies et de politiques de gestion et une variété de techniques a été appliquée pour estimer l'incertitude associée à la prévention des événements. Les partenaires de ce projet ont œuvré autour d'un défi commun qui réunit des chercheurs de diverses spécialités et backgrounds. Les données recueillies ont été dépouillées et mises à disposition pour l'ensemble des partenaires de ce projet via une on-line database.

Cette stratégie va de pair avec les objectifs généraux fixés pour ce projet européen, se structure autour des principaux Work Package (WP) suivants :

- WP 1 : Évaluation des risques, politiques, gestion et planification de stratégies en zones d'études de cas

Le WP 1 vise à évaluer les conditions actuelles des risques d'inondation et d'érosion et à développer des scénarios pilotes de changements des risques et d'impacts d'inondation et d'érosion au niveau des zones d'étude de cas. Ce WP porte sur l'analyse d'un large éventail de mesures et stratégies de réduction des risques soit par la réduction des probabilités soit par la réduction des conséquences des aléas d'inondation. Ce WP considère des scénarios à court, moyen et long-terme pour des situations actuelles, telles que la vulnérabilité environnementale face aux épisodes d'inondation, mais aussi futures liées aux événements extrêmes et imprévus.

- WP 2 : Réduction des aléas d'inondation et d'érosion, structures côtières innovantes et gestion de sédiment

Le WP 2 vise le développement de méthodes innovantes avec l'élévation du niveau de la mer et la croissance d'épisodes de tempêtes. à travers l'ingénierie côtière, ce WP propose l'adoption des convertisseurs d'énergie courants des marées, des structures submergées (récifs artificiels et surfaces végétalisées), digues résistantes ou îles/structures flottantes.

- WP 3 : L'écologie dans la conception et les options de réduction

Ce WP dresse une analyse des impacts sur l'environnement des options de la gestion des risques d'inondation à la fois au niveau des aires contrôlées d'inondation périodiques que sur les zones de défense actives. À travers cette analyse, THESEUS examine dans ce WP

l'ampleur et les atouts des habitats naturels biogéniques dans la protection côtière et le degré de son renforcement.

- WP 4 : Réduction d'impacts, sociétés et économies

Ce WP examine les impacts des scénarios d'inondations et d'érosion côtière sur les sociétés et les économies. Aménagement du territoire, urbanisation, systèmes d'alertes, plans d'évacuation, programmes d'assurance et communication sur le risque sont tous des axes de recherches et des sujets d'analyse pour le développement de nouvelles options de réduction des risques. L'objectif est celui de développer des contributions des sciences sociales et économiques vis-à-vis du concept de la résilience de la gestion des risques.

- WP 5 : Les options de réduction des risques et les moyens de stratégies de planification en zones d'étude de cas

Ce WP résulte des portfolios d'options de réduction développés via WPs 2, 3 et 4, des connaissances autour des niveaux actuels et futurs des risques et des politiques de défense en place. Ce WP développe des approches multidisciplinaires, dont les sciences sociales, économiques, psychologiques, écologiques, d'ingénierie, météorologiques, pour la sélection des options durables parmi les solutions proposées au niveau des zones d'étude de cas.

Sous le cadre général du projet THESEUS, cette thèse de recherche s'insère sous les WPs, 1, 4 et 5.

## **2. Constats et objectifs spécifiques**

Ce travail de recherche s'insère au milieu de l'évolution conjuguée entre l'urbanisation des zones côtières, en termes d'exposition des biens et des personnes, et les changements environnementaux, notamment, climatiques, dont les impacts sont de plus en plus apparents. Imprégné du cadre général du projet européen Theseus, cette thèse doctorale émerge, d'abord, des constats suivants :

- Les zones côtières sont de larges espaces, fortement urbanisés et économiquement vitaux, certes, soumis aux risques potentiels d'inondation et d'érosion côtières.

À la croisée des enjeux socio-économiques et écologiques et leurs évolutions, les zones côtières accumulent, depuis toujours, des formes dynamiques d'organisation spatiales vis-à-vis des risques encourus et leurs évolutions également.

- L'élévation du niveau de la mer et les impacts potentiels des changements climatiques pourraient amplifier la fréquence et l'intensité des aléas climatiques et des évènements imprévus et/ou extrêmes.

Les approches traditionnelles, souvent focalisées sur la résistance aux aléas, et les mesures de protection, souvent centrées autour des mesures physiques de défense, s'avèrent insuffisantes et pas forcément adaptées pour intégrer les larges incertitudes liées aux changements climatiques.

- Le besoin d'une gestion intégrée, à l'échelle européenne, au vu des interdépendances interscalaires en termes de symptômes et de sources associés aux risques d'inondations.

Les conséquences/impacts, comme symptômes des risques d'inondation, et le phénomène global des changements climatiques, comme source d'amplification de ces risques invoquent une stratégie holistique et une gestion interscalaire à l'échelle européenne.

Dans la ligne stratégique des objectifs généraux du projet Theseus, ce travail de recherche s'est fixé les objectifs spécifiques suivants :

- Analyser les leviers de la gestion actuelle des risques
  - o Analyser et apprendre des récentes expériences avec l'aléa et des changements conséquents des attitudes, vis-à-vis des approches et des mesures associées à la gestion locale des risques.
- Nourrir, par théorisation ancrée, des réflexions sur les concepts de la vulnérabilité, de la résilience et de l'adaptation dans le cadre de la gestion des risques
  - o Repenser les concepts de la vulnérabilité, de la résilience et de l'adaptation en lien avec les changements climatiques et leurs impacts potentiels en zones à risques
  - o Placer ces concepts théoriques, et leurs évolutions conceptuelles, avec les approches et les mesures, structurelles et non structurelles, adoptées dans la gestion des risques.
- Arrimage d'approches et de mesures innovantes pour la gestion des risques d'inondation<sup>4</sup>.
  - o Proposer un cadre alternatif plus flexible pour mieux contenir les incertitudes liées aux changements climatiques.

---

<sup>4</sup> Ici, les inondations sont perçues comme des évènements naturels et environnementaux (Smith and Ward, 1998) qui se produisent lorsque l'eau tellurique est en excès et ne peut plus être évacuée (Montoroi, 2012)

Pour ce dernier objectif spécifique, le cadre alternatif proposé est un cadre opérationnel de renforcement de la résilience appliqué à l'estuaire de la Gironde, étude de cas en France.

### 3. Zone d'étude de cas : estuaire de la Gironde

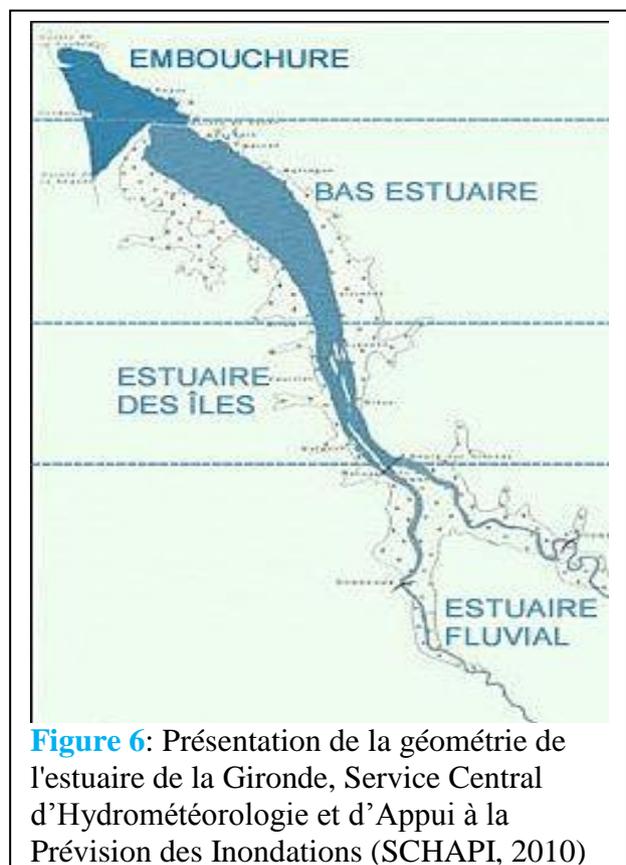
Le projet européen Theseus implique trente et un instituts partenaires, dont l'Université de Versailles St-Quentin-en-Yvelines (UVSQ), et concerne huit zones côtières d'études, dont l'estuaire de la Gironde en France.

Les estuaires sont des espaces particuliers de zones côtières. La littérature scientifique s'accorde pour définir les estuaires comme des espaces/des milieux d'interfaces ou de transition entre les fleuves et les milieux côtiers et marins. Un estuaire, comme espace côtier particulier, peut être défini comme le lieu de rencontre et d'interaction entre des eaux douces fluviales et des eaux marines. Les estuaires qui sont des lieux de mélange, de contacts et d'interfaces, sont par la même, des lieux d'enjeux, de conflits et de formes récurrentes d'organisation de l'espace et des dynamiques communes (Brocard et *al.* 1995).

En France, l'estuaire de la Gironde, situé au sud-ouest, est considéré comme parmi les estuaires les plus vastes d'Europe occidentale. Dans ce travail de recherche, l'estuaire de la Gironde présente notre zone d'étude de cas.

Comme tout estuaire, celui de la Gironde se considère comme "une avancée de la mer dans une vallée fluviale jusqu'à la limite supérieure de la zone d'influence des marées, dans laquelle on distingue d'ordinaire trois secteurs : a) un estuaire marin ou inférieur, ouvert sur la mer; b) un estuaire intermédiaire où se réalise un mélange intense des eaux douces et marines ; c) un estuaire supérieur ou fluvial , caractérisé par de l'eau douce mais sujet à une alternance marégraphique quotidienne." (Fairbridge, 1980).

Pour l'estuaire de la Gironde, il est constitué par la jonction au bec d'Ambés de deux



**Figure 6:** Présentation de la géométrie de l'estuaire de la Gironde, Service Central d'Hydrométéorologie et d'Appui à la Prévision des Inondations (SCHAPI, 2010)

réseaux hydrographiques (Cf. Figure 6), le fleuve de la Garonne et de la Dordogne. L'estuaire de la Gironde est bordé à la fois par deux départements, la Charentes Maritimes et la Gironde, et par deux régions, l'Aquitaine et le Poitou Charente. Cet estuaire de France couvre une surface de 635 km<sup>2</sup>, 75 km de longueur et de 12 km de largeur (à l'endroit le plus large) et 20 km de large à l'embouchure. Cet estuaire est le siège d'importantes activités. Celles agroalimentaires maritimes et portuaires, notamment, sont organisées autour de la métropole bordelaise via plusieurs terminaux portuaires sur l'estuaire de la Gironde. Cet estuaire affiche des activités portuaires et maritimes de trafic annuel de 8 millions de tonnes de produits chimiques et agroalimentaire selon les récents recensements du SMIDDEST (Syndicat MIXte pour le Développement Durable de l'ESTuaire de la Gironde). Par ailleurs, des activités industrielles chimiques, via de nombreuses entités économiques classées SEVESO, existent en particulier sur la presqu'île d'Ambes. Alors que les deux rives, gauche et droite, abritent des activités agricoles, viticoles, céréalières et d'élevage, la rive droite abrite en plus un enjeu sensible par la présence de la centrale nucléaire de Blayais. Au-delà de ces activités économiques, cet estuaire bénéficie d'un patrimoine culturel important, marqué par des sites remarquables (phare de Cordouan, village de Talmont, citadelle de Blaye, quais de Bordeaux). Le potentiel touristique est un atout de mise d'attractivité grâce aux paysages naturels et aux activités diverses de loisirs telles que la chasse ou la pêche. En outre, l'urbanisation qui y est en pleine expansion démographique sur divers pôles d'urbanisation demeure néanmoins principalement concentrée au niveau de la CUB (Communauté Urbaine de Bordeaux) avec une population de plus de 724 605 habitants répartis sur les 27 Communes qui la composent (PLU, 2013).

En parallèle avec ces enjeux, l'estuaire de la Gironde cumule un historique d'expériences passées, notamment avec les aléas d'inondation. L'historique des inondations en Gironde retient la tempête Xynthia, comme événement exceptionnel, par son bilan désastreux, provoquant de nombreuses victimes humaines et de très importants dégâts matériels. La tempête Xynthia a tellement marqué les esprits qu'elle a entraîné un changement de paradigme en matière de gestion des risques en France. L'historique des inondations qui remonte à 1930, en passant par la tempête de Klaus en 2009 et Lothar et Martin en 1999, témoigne des expériences passées avec ces événements climatiques en Gironde.

Les risques potentiels d'inondation et d'érosion au niveau de l'estuaire de la Gironde ont fait de ce territoire un siège de nombreux moyens de réduction des risques et de protection des populations. Ces moyens de protection qui s'illustrent, historiquement, par des ouvrages

physiques de protection, ont tendance, depuis l'évènement Xynthia, à intégrer davantage de mesures non structurelles telles que les plans de prévention et de gestion de crise, dits respectivement les PPRI et les PCS.

## II. Matériel et Méthodes

### 1. Théorisation ancrée

Dans le champ d'analyse des données, le passage de la collecte des données à l'analyse renferme des procédures diverses qu'on appelle « des méthodologies » de recherche. Des facteurs tels que la problématique de recherche, la nature de la recherche et de ses objectifs mais aussi le contexte professionnel et les intérêts du chercheur influencent le choix d'une méthodologie parmi d'autres (Pinard et *al.*, 2004). Le choix d'une méthodologie adaptée pour ce travail est d'autant plus crucial au vu de la nature du recueil, de traitement et d'analyse des données, essentiellement qualitative, en l'absence d'un cadre théorique formalisé à l'avance. Hormis la nature principalement qualitative des données recueillies, le recours à la théorisation ancrée dans ce travail revient essentiellement à la nature de notre champ de recherche interdisciplinaire et à celle des objectifs fixés (cf. 2.1 et 2.2).

La théorisation ancrée, traduction adaptation de la « Grounded theory » a initialement été présentée par Barney G. Glaser et Anselm L. Strauss<sup>5</sup>. Pour la théorisation ancrée, le niveau de la théorisation évolue en fonction des résultats ancrés, « grounded », solidement dans les données empiriques recueillies (Paillé, 1998). Au lieu d'analyser et d'interpréter les données dans un cadre théorique défini à l'avance, la théorisation ancrée permet de construire un cadre théorique qui émerge lui-même des données collectées. Cependant, il ne s'agit pas d'une méthodologie exclusivement déductive ; il s'agit ici d'un dialogue interactif et évolutif, entre les données recueillies et le chercheur, qui guide le projet scientifique dans un large cadre de recherche le long de la période de la recherche. Certes, le développement de la théorie suppose une compréhension approfondie du phénomène par l'immersion du chercheur dans le contexte social de l'étude (Hutchinson, 1993 ; Bowers, 1988). Néanmoins, le développement de la théorie (concepts, catégories, etc.), d'un côté et des données recueillies, d'un autre côté, évoluent systématiquement au cours même de la recherche (Glaser et Strauss, 2010).

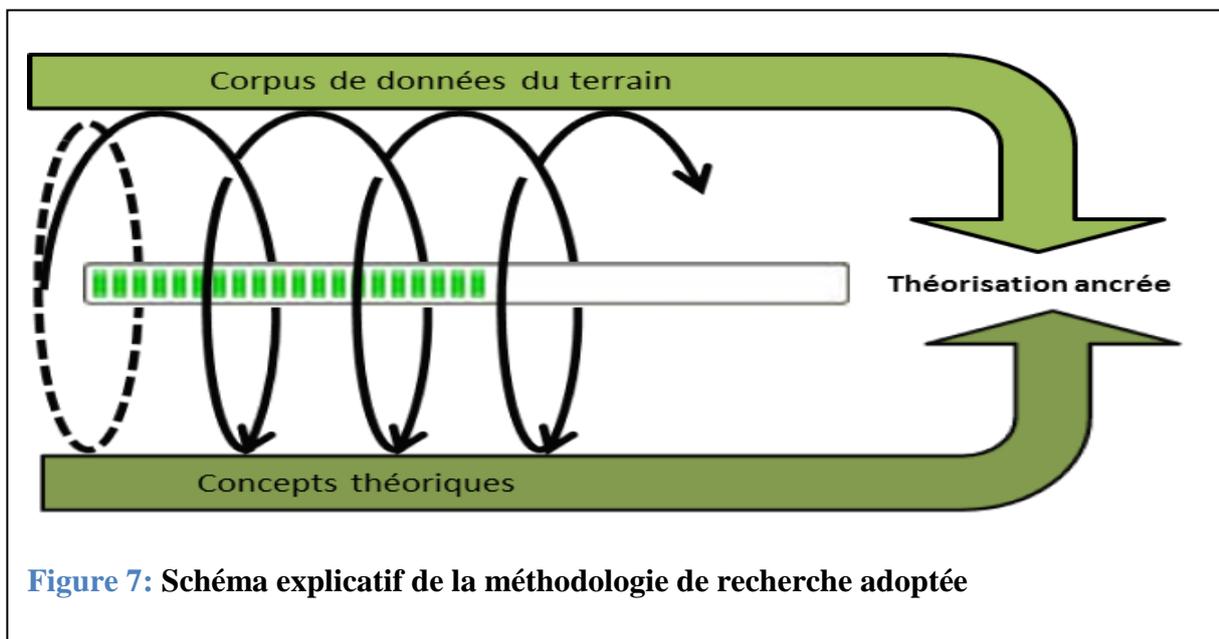
À la différence des méthodes conventionnelles de théorisation, qui consistent à créer de la théorie – des hypothèses – pour les vérifier par la suite, la théorisation ancrée permet d'avancer dans le développement de la théorie tant que les résultats sont ancrés par les données recueillies. Tenant compte du cadre général de ce travail de recherche, cette

---

<sup>5</sup> Glaser, B.G., Strauss, A.L., (1967), *The Discovery of Grounded Theory : Strategies for Qualitative Research*, Chicago, Aldine, Coll. « Observations ».

méthodologie offre une démarche judicieuse et appropriée dans la mesure où nos recherches sont systématiquement guidées par l'itération entre le développement de notre théorie et le recueil de données. Pour notre travail, cette itération interactive permettra, notamment, de dégager les sens d'un évènement, voire d'un concept pour ce qui est de notre travail de recherche, ou à lier par des schémas explicatifs divers éléments d'une situation (Paillé, 1994)<sup>6</sup>.

Le long de ce travail de recherche, les concepts théoriques ont été abordés et étayés en parallèle avec notre avancement en termes d'entrevues de terrain et de documents scientifiques consultés –livrables Theseus et littérature scientifique– et de leurs combinaisons interactives (Figure 7).



Construire un corpus de données du terrain tiré d'une seule séquence d'entrevues ne semble pas être l'idéal. Au vu des objectifs fixés pour notre recherche, des allers-retours progressifs entre les données du terrain et les concepts théoriques semblent être plus adéquats. Ainsi, nous sommes livrés à plusieurs séquences d'entrevues, réparties dans la durée de notre projet de recherche, pour construire notre corpus de données.

<sup>6</sup> Cité par Pinard, R., Potvin, P., Rousseau, R., (2004), Le choix d'une approche méthodologique mixte de recherche en éducation. Recherches qualitatives, 24, pp58-80.

## 2. Matériel

Ce travail a été réalisé sur un total de 33 entrevues menées auprès des acteurs impliqués ou concernés par les risques d'inondation au niveau de l'estuaire de la Gironde en France. La collecte de données qui a été entamée depuis 2010 se répartit sur 3 étapes majeures. Une première étape a été conduite auprès de 9 interviewés en vue de s'arrêter, d'abord, sur la perception générale des risques côtiers. Cette première série d'entretiens qui met la lumière sur la gouvernance actuelle des risques côtiers, a révélé une liaison entre la construction sociale du risque et les mesures associées à la réduction des risques. En continuité avec cette première étape, une seconde série d'entretiens a été administrée sur la répartition actuelle des mesures, structurelles et non structurelles, associées à la prévention, à la gestion de crise et à la reprise post-crise et leurs capacités à réduire les vulnérabilités face aux risques d'inondation en particulier. Ces deux séries d'entretiens nous ont permis de s'arrêter sur les approches actuelles de la gouvernance des risques et les mesures qui leur sont associées. Cependant, les résultats d'analyse de ces deux séries d'entretiens, ayant soulevé certaines limites concernant la combinaison des mesures actuelles de la gestion des risques, nous ont incités à procéder par une troisième et dernière série d'entretiens. L'objectif de cette série d'entretien est, conformément à nos objectifs de recherche, de proposer un cadre innovant de la gestion des risques qui favorise le renforcement de la résilience en zones à risques.

Tenant compte de la nature de nos recherches, nous avons procédé par des entretiens semi-structurés, ou semi directifs, qui se sont déroulés en trois séquences principales :

- ❖ La première séquence d'entrevue a amorcé les missions premières du projet Theseus et qui concerne la perception du risque et des atouts des actions de défense côtière en place. L'objectif de cette première séquence d'entrevues est de s'apercevoir des risques majeurs, des actions entreprises ou à entreprendre à leur égard, des impacts apparents des changements climatiques autour de ces risques et des zones concernées. Neuf entretiens ont été réalisés dans cette première séquence d'entrevues.

	Questions principales	Question secondaires
Séquence N°1	<p><b>Question (1):</b> Pouvez-vous identifier, à l'appui de la couverture aérienne, les zones qui présentent aujourd'hui des conditions considérablement favorables aux impacts des changements climatiques à un risque d'érosion et/ou d'inondation ?</p> <p>Ensemble, nous avons exploré quelques risques majeurs, inondations et érosion, au niveau de votre zone. Maintenant, nous souhaiterions savoir si vous vous rappelez de certains événements exceptionnels ou répétitifs (récurrents). Où, sur la carte aérienne, ces événements se sont manifestés<sup>7</sup> ?</p>	<p>Pour un risque donné au niveau d'une zone donnée :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Quels sont les enjeux, pour quels personnes/groupes, et quelle est la nature de ces enjeux ?</li> <li>- Pourquoi ce risque est t-il important/ou pas important pour vous ?</li> <li>- Quelles sont les parties prenantes potentiellement impliquées ?</li> <li>- Quels sont les biens, qu'ils soient humains ou naturels, menacés par ce risque ?</li> </ul>
	<p><b>Question (2):</b> Ayant exploré, ensemble, les risques majeurs d'érosion et/ou d'inondation, nous voudrions explorer avec vous la gestion de ces risques tels qu'ils se présentent aujourd'hui et dans l'avenir. Face à ces risques, qu'est-ce qui est actuellement fait, qu'est-ce qui est planifié au futur et qu'est-ce qui devrait être fait selon vous ?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Au sujet, du présent, du futur et des options recommandées en matière d'ingénierie ?</li> <li>- Au sujet, du présent, futur et des options recommandées en matière de réhabilitation ou de conservation de défense naturelle ?</li> <li>- Au sujet de l'utilisation de l'aménagement de la terre comme moyen de minimiser les impacts ou les transformations indésirables (présente, future et ce que vous aurez recommandé) ?</li> <li>- Au sujet des plans spécifiques d'aide à la reprise des affaires après une inondation (présente, future et ce que vous aurez recommandé) ?</li> <li>- Au sujet des plans d'évacuation-mesures d'urgences (présente, future et ce que vous aurez recommandé) ?</li> <li>- Au sujet des assurances et des arrangements de compensation (présente, future et ce que vous aurez recommandé) ?</li> <li>- Au sujet de la gouvernance des zones côtières en relation avec la question du risque ?</li> <li>- Au sujet des mesures spécifiques pour faire face à un traumatisme post-inondation (après-inondation) ?</li> </ul>
	<p><b>Question (3):</b> Auriez-vous des choses, que vous jugez importantes, à dire en relation avec les inondations et l'érosion ?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Auriez-vous deux personnes à me recommander absolument pour discuter de ce sujet, lesquels ? pourquoi ?</li> <li>- Pourrions-nous vérifier avec vous que cet entretien a permis de réunir des informations autour des items suivants (Cf. tableaux ci-dessous).</li> </ul>

**Tableau 1:** Questions principales et secondaires relatives à la séquence N°1 d'entrevues

<sup>7</sup> Cette question a été exclusivement employée pour le cadre des entretiens destinés au focus groups.

Les questions principales (1) et (2), et leurs questions secondaires respectives, ont permis de réunir des informations autour des items suivants (Cf. tableaux ci-dessous). Ces informations ont été vérifiées une à une avec les différents interviewés. Quant à la question (3), elle a permis de vérifier harmonieusement, auprès des interviewés, si d'autres items majeurs/acteurs potentiels doivent être abordés/contactés.

Items												
<b>Question (1)</b>	Identification de la principale question (érosion et/ou inondations)											
	Questions secondaires associées à la question principale											
	Principal capital exposé et sa nature (humaine ou naturelle)											
	Principales parties prenantes concernant la question principale et les secondaires											
	Prise de position des parties prenantes par rapport aux questions principales											
	Pertinence du risque des inondations côtières et de l'érosion perçus par :											
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Des individus membres de la communauté</td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> <tr> <td>Des individus de l'extérieur de la communauté</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Des parties prenantes impliquées dans :</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>La gestion de l'inondation</td> </tr> <tr> <td></td> <td>L'aménagement, urbanisation, tourisme, nature/aires protégées</td> </tr> <tr> <td></td> <td>La diffusion de la connaissance</td> </tr> </table>	Des individus membres de la communauté		Des individus de l'extérieur de la communauté		Des parties prenantes impliquées dans :			La gestion de l'inondation		L'aménagement, urbanisation, tourisme, nature/aires protégées	
Des individus membres de la communauté												
Des individus de l'extérieur de la communauté												
Des parties prenantes impliquées dans :												
	La gestion de l'inondation											
	L'aménagement, urbanisation, tourisme, nature/aires protégées											
	La diffusion de la connaissance											

**Tableau 2: Informations réunies par le biais de la question (1)**

Items	
<b>Question (2)</b>	Mesures de réduction acceptable/désirable
	Mécanismes de défense côtiers existants/options de réduction
	Arrangements d'assurances existants/arrangements de compensation des dommages
	Défense naturelle existante
	Défense mécanique (d'ingénierie) existante
	Arrangements institutionnels existants (i.e. ICZM et autres)
	Mécanismes de défense côtiers planifiés/options de réduction
	Arrangements d'assurance planifiés
	Défense naturelle planifiée
	Défense d'ingénierie planifiée
	Place actuelle des plans d'urbanisation et d'aménagement de l'espace en général dans la réduction de risque
	Questions actuelles/plans/ expérience pour faciliter la reprise des affaires après inondation
	Questions actuelles/plans/expérience pour faciliter la gestion du traumatisme après-inondation
	Plan actuel d'évacuation et les pratiques de gestion de l'évacuation/expériences

**Tableau 3: Informations réunies par le biais de la question (2)**

- ❖ La deuxième séquence d'entrevues qui s'inspire des résultats de la précédente séquence se focalise sur les approches adoptées et les mesures associées à la gestion des risques et leur déploiement en zones à risques. Cette seconde séquence tourne autour de cinq méta-questions principales qui visent à relier la gestion des risques aux

thématiques de la résilience et de la vulnérabilité. Cette séquence intermédiaire vise à mettre le point sur les éventuelles contraintes et insuffisances en matière de la gestion des risques en vue de proposer des solutions innovantes plus adaptées par la suite. Cette séquence d’entrevues s’est concrétisée par la réalisation de seize entretiens auprès des acteurs liés à la gestion des risques en Gironde.

<b>Séquence N°2</b>	<p><b>Thématique 1: Réflexions sur la résilience dans la planification de la gestion des risques</b></p> <p><b><u>Méta-question (1):</u></b> Quel pourrait être l’intérêt du concept de la résilience pour la gestion des risques ?</p>
	<p><b>Thématique 2: La place des risques d’inondation et d’érosion côtières</b></p> <p><b><u>Méta-question (2):</u></b> Les risques d’inondation et d’érosion côtière sont pris en compte au niveau de votre territoire ? Comment ?</p>
	<p><b>Thématique 3: Vulnérabilité et aménagement du territoire</b></p> <p><b><u>Méta-question 1:</u></b> Y a-t-il des exemples d’engagement d’acteurs dans la réduction des vulnérabilités et comment cet engagement peut –il être renforcé ?</p> <p><b><u>Méta-question 4:</u></b> Quels sont les partenaires impliqués dans la planification de l’espace (responsables de planification, urbanistes, professionnels, opérateurs économiques, associations sociales,... etc. ?</p> <p><b><u>Méta-question 5:</u></b> Quel est le degré de flexibilité de cette planification à votre avis et quelle est la place accordée à l’incertitude dedans ?</p> <p><b><u>Méta-question 6:</u></b> Quelles sont les contraintes ou les barrières auxquelles fait, et/ou ferait, face le processus de planification de l’espace pour l’ensemble des acteurs impliqués ?</p>
	<p><b>Thématique 4: Processus de la planification des risques et opportunités de changements en zones côtières</b></p> <p><b><u>Méta-question 7:</u></b> Quel est, ou pourrait être, l’apport de l’analyse des scénarios dans la planification, quelles seraient les conséquences en termes de changements au niveau de votre territoire ?</p> <p><b><u>Méta-question 8:</u></b> Y a-t-il des exemples de changements, liés à la planification de la gestion des risques, mal acceptés et pourquoi?</p>
	<p><b>Thématique 5: Autres aspects</b></p> <p><b><u>Méta-question 9:</u></b> Quel est le problème majeur lié à la planification de la gestion des risques par l’aménagement du territoire ?</p> <p><b><u>Meta-question 10:</u></b> L’aménagement actuel du territoire incite t-il à innover en termes de mesures ou en termes d’approches de la gestion des risques ?</p>

**Tableau 4: Question principales relatives à la séquence N°2 d’entrevues**

Cette interview semi-structurée contient des questions secondaires en vue d'apporter des éléments de réponse à chacune des méta-questions.

**Méta-question (1):**

<b>Questions secondaires</b>	
<b>Méta-question (1)</b>	Qu'est-ce que la résilience pour vous ?
	Avez-vous déjà utilisé, implicitement ou explicitement, ce concept en lien avec la gestion des risques ?
	Que pensez de l'utilité de ce concept pour la gestion des risques ?
	Quels seraient les enjeux des acteurs de planification à vouloir intégrer la résilience à la gestion des risques ?
	Les gens définissent différemment l'utilisation de l'espace. Pourriez-vous me donner une idée sur ce qu'est l'utilisation de l'espace (l'aménagement du territoire) ?

**Tableau 5: Questions secondaires de la méta-question (1)**

**Méta-question (2):**

<b>Questions incitatives</b>	
<b>Méta-question (2)</b>	Comment les risques d'inondation et d'érosion sont-ils intégrés dans la planification au niveau de votre zone ou au niveau national ?
	Cette intégration est-t-elle réussie selon vous ?
	Je pense que les principaux acteurs responsables de la gestion des risques sont Xx et Xx. Pensez-vous que ce partage de responsabilités favorise l'intégration des politiques de la gestion des risques, à votre niveau et au niveau national ?
	Pensez-vous qu'une structure régionale serait mieux placée pour répondre aux attentes à des niveaux locaux en matière des risques d'inondation et d'érosion ? Une gestion régionale favorise-t-elle plus l'innovation par l'application de différentes approches appliquées à différentes régions ? De tels arrangements entre échelles régionale et locale favorisent-ils l'intégration des politiques de la gestion des risques aux niveaux locaux, notamment par l'aménagement du territoire ?
	Est-ce que des plans locaux de développement prennent en compte les risques d'inondation et d'érosion? Si oui, comment se reflète cette prise en compte et quels sont ces plans de développement à ce jour ? Quels sont les critères du zonage dans ces plans de développement locaux ?
	Est-ce que les stratégies d'aménagement du territoire sont mises en œuvre au niveau local ? Sont-elles en accord avec la directive « Inondation » ? Si oui, quelles sont ces stratégies ? Si non, y a-t-il eu un progrès pour leur mise en œuvre ?
	Quelles sont les autres plans au niveau local, régional et national face aux risques d'inondation et d'érosion côtière ? Quel est le lien entre ces plans ?

**Tableau 6: Questions secondaires de la méta-question (2)**

### **Méta-question (3):**

<b>Questions incitatives</b>	
<b><u>Méta-question (3)</u></b>	Quel est le niveau d'acceptabilité du public vis-à-vis des réglementations en vigueur ? Qu'est ce qui indique cela au niveau de votre territoire ?
	Quelles sont les méthodes de communication, de consultation et d'engagement utilisées et à quel niveau/échelle ? Comment le dialogue entre acteurs peut-il améliorer la gestion des risques au niveau de votre territoire ?
	Ya-t-il des conflits vis-à-vis de la gestion des risques ? Détaillez avec des exemples ?
	L'urbanisation est régie par des réglementations transparentes à votre avis ? Détaillez ?
	Ya-t-il des organisations/réseaux d'acteurs locaux représentatifs ? Quelle interaction existe entre ceux-ci et les responsables de planification de la gestion des risques ? Ces formes de dialogues sont-elles utiles ?
	À quel niveau est décidé l'aménagement du territoire ? Ceci contraint ou facilite-t-il sa mise en œuvre ? Est-ce un processus collaboratif ?
	Quelle est le degré de flexibilité de la prise de décision et des règlements relatifs à l'aménagement du territoire ? Avez des exemples de planification informelle ou d'une forme d'innovation et qu'en pensez-vous ?
	Quel est le niveau d'incertitude accordé aux informations/données disponibles sur la gestion des risques d'inondation et d'érosion ? Ceci pose-t-il problème pour l'aménagement du territoire ? Quels mécanismes existent pour intégrer cette incertitude à court, moyen et long terme ?

**Tableau 7: Questions secondaires de la méta-question (3)**

### **Méta-question (4):**

<b>Questions incitatives</b>	
<b><u>Méta-question (4)</u></b>	Quelles informations/cartes/plans sont disponibles à votre échelle ? Qu'en pensez-vous ?
	L'engagement du public est-il suscité par des techniques spéciales telles que l'analyse des scénarios, délibérations, ateliers ou autres ? Que pensez-vous de ces techniques ? Quelles sont les éventuelles contraintes ?
	Est-ce que l'analyse des scénarios joue un rôle entre les responsables internes de la planification de la gestion des risques ?
	Y a-t-il des scénarios alternatifs ? Quelle portée des scénarios futurs et leurs incertitudes dans la prise de décision stratégique ?
	Y a-t-il des exemples de refus des changements dus aux règlements relatifs à la gestion des risques ? Pourquoi ? Quel rôle a la mémoire du risque ?

**Tableau 8 : Questions secondaires de la méta-question (4)**

### Méta-question (5):

Questions incitatives	
<b>Méta-question</b> (4)	Quel est le majeur problème/contrainte de la gestion locale des risques ?
	Comment peut-on améliorer l'aménagement du territoire/l'occupation de l'espace ?
	Les plans actuels de la gestion des risques incitent-ils à l'innovation ?
	Quels sont les impacts des traités internationaux/directives européennes sur les plans locaux de la gestion des risques ?
	Autres questions pertinentes selon vous ?

**Tableau 9 : Questions secondaires de la méta-question (5)**

- ❖ La troisième et dernière séquence d'entrevues se focalise sur les capacités de reprise post-crise, notamment vis-à-vis des activités économiques en place. Pour compléter les données de terrain issues de la première et la deuxième séquence d'entrevues, huit entretiens ont été réalisées durant cette troisième séquence.

Questions principales	
<b>Séquence N° 3</b>	<p><b>Thématique 1: détails autour de l'activité</b>  <b>Méta- question 1 : Quelle est la nature de votre activité ? Pourrait-t-elle être affectée par les risques d'inondation et d'érosion côtière, ou d'autres risques éventuels ?</b></p>
	<p>* Informations générales sur le type d'activité/nature d'activité/nombre d'employés/localisations géographiques (sites et locaux)/structures de protection en place/moyens propres de défense.</p>
	<p><b>Thématique 2: expériences passées avec le risque ou des interruptions de votre activité suite à des événements imprévus</b>  <b>Méta-question 2 : Votre activité a-t-elle été interrompue/affectée significativement par ces événements ?</b></p>
	<p>* Détail d'une expérience avec le risque/interruption d'activité :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les risques en question</li> <li>- Les causes et origines de l'interruption</li> <li>- Comment et quand ?</li> <li>- Durée de l'interruption</li> <li>- Les conséquences</li> </ul> <p>* Sinon, pensez-vous que vous pourriez être affecté par les risques d'inondation et d'érosion, ou d'autres risques ?</p>
	<p><b>Thématique 3: Les mécanismes derrière l'interruption par les risques d'inondation, ou d'autres risques ?</b>  <b>Méta-question 3 : Comment votre activité a-t-elle été affectée, détaillez ? Notamment vis à vis des risques d'inondation ?</b></p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comment les inondations peuvent-elles interrompre votre activité ?</li> <li>- Dans le pire scénario, comment les inondations peuvent affecter votre activité et quelles seraient les conséquences ?</li> <li>- Quelles étapes faites-vous pour réduire/minimiser ces conséquences ?</li> <li>- Cette interruption affecte un seul ou plusieurs partenaires dans une chaîne d'activité ? Les partenaires sont-ils localisés en zones à risques ?</li> <li>- Pourriez-vous être affecté négativement par l'interruption d'infrastructures (électricité, gaz, eau télécommunications, transports, ... etc.)</li> <li>- Vos concurrents peuvent-ils profiter de votre interruption ? Où sont-ils localisés ?</li> </ul>
	<p><b>Thématique 4: interruption d'activité et plans de reprise</b>  <b>Méta-question 4a: Avez-vous des plans de réduction des impacts/effets ? Des plans de reprise économique post-interruption ?</b>  <b>Meta question 4b: À quel point ces plans renforcent la résilience économique ?</b></p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quelle idée avez-vous des plans de continuité de fonctionnement ou plans de reprise post-interruption ? Avez-vous un plan de reprise post-interruption ? Pouvez-vous nous l'expliquer ?</li> <li>- Avez-vous fait une analyse de risque pour votre activité ?</li> <li>- Avez-vous réalisé une analyse d'impact d'activité ? Votre activité peut-elle entraîner des formes de contamination ou de pollution ? Quels seraient les impacts éventuels ?</li> <li>- Vos plans de reprise sont-ils de nature confidentielle ? Avez-vous d'autres locaux, des systèmes d'alerte et des plans d'évacuation, des formations pour la gestion de crise pour le personnel ?</li> <li>- Y a-t-il des formes de coordination avec les partenaires d'activité, les autorités locales ou les autres acteurs de la gestion des risques ?</li> <li>- Quel est le coût annuel de votre plan de reprise post-interruption ou de continuité de fonctionnement ?</li> <li>- Si vous n'en avez pas, qu'est ce qui pourrait vous inviter à adopter de tels plans de reprise économique?</li> </ul>
	<p><b>Autres aspects :</b></p> <p><b><u>Méta-question 5</u> : Les risques encourus peuvent-ils être une opportunité au lieu d'être une contrainte pour vous ?</b></p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Avez-vous investi dans des mesures de réduction des risques ? Quelles contraintes y a-t-il à les adopter ?</li> <li>- Avez-vous une assurance contre les inondations ? Sinon, pourquoi ?</li> <li>- Quels sont les intérêts de cette assurance pour vous et vos employés ?</li> </ul>

**Tableau 10: Questions principales relatives à la séquence N°3 d'entrevues**

Concernant les profils interviewés, ce travail est parti d'un échantillon préétabli de catégories d'acteurs, fixé par le projet Theseus, et qui s'est vu élargir pour atteindre nos objectifs spécifiques par effet boule de neige, le long des trois étapes d'entretiens réalisées. Sur le total de 33 entrevues réalisées, 30 entretiens semi-directifs ont été maintenus pour la transcription et l'analyse des données. On tient également à signaler que deux des acteurs rencontrés ont été interviewé deux fois, dans le cadre de la première et de la deuxième séquence de nos entrevues.

Les profils de nos interviewés englobent des acteurs gouvernementaux (8 responsables de planification & environnement, 4 responsables d'aménagement du territoire, 4 chargés de missions risques inondation/érosion), 2 entretiens avec des organisations non gouvernementales (1 président d'association, 1 gestionnaire des digues), 2 entretiens avec des acteurs déconcentrés (1 urbaniste et 1 chef de projet risques et nuisances) et 9 entretiens avec des acteurs économiques (2 chefs d'entreprises, 1 directeur de production, 3 responsables de Stock/Sécurité/Qualité/Environnement, 1 ingénieur d'opérations et 2 assistants de direction, 2 employés).

Les entretiens réalisés ont été enregistrés, avec l'accord des interviewés, puis transcrits anonymement et in extenso. Pour l'analyse des données des entrevues, on s'est livré à une analyse thématique par le logiciel atlas.ti. Ce sont les résultats d'analyses issus de chaque

étape d'entrevues qui ont orienté notre partie conceptuelle initialement cadrée par la thématique générale des risques côtiers sous le projet européen Theseus.

Plus de détails sur les profils des interviewés et l'analyse de données respectifs aux trois séquences d'entrevues sont visibles dans la partie **V** ([Articles publiés](#)) de ce rapport.

### III. Analyse des concepts

La littérature relative à la gestion des risques côtiers en général, et d'inondation en particulier, est souvent associée au risque, à l'aléa, à l'exposition, à la sensibilité, à la résistance, la vulnérabilité, les capacités de réponse, la résilience et capacités d'adaptation. En termes d'approches de gestion des risques, les récents travaux sont plutôt tournés vers les trois concepts principaux qui sont la vulnérabilité, la résilience et l'adaptation des zones à risques. Cette partie bibliographique esquisse dans un premier temps une analyse des concepts des risques, de la vulnérabilité, de la résilience, avant de situer ces concepts dans le cadre de l'adaptation en lien avec les approches et les mesures associées à la gestion des risques.

#### 1. Le risque

Le long passé du risque dispose, en termes d'articles et de livres scientifiques, d'une histoire courte, relativement, évoluant dans des domaines distincts (Rosa, 1998 ; Renn, 2008). Si la lecture étymologique de l'origine du mot « risque » est non concluante (Aven, 2012) c'est que le risque a été considéré, ou approché, dans divers domaines et disciplines et interprété, ainsi, dans des contextes différents et des perspectives distinctes. Comme la littérature scientifique offre une large panoplie de définitions du « risque », l'intérêt de cette sous-partie se manifeste plutôt par l'analyse de cette diversité de définitions en vue d'en tirer des interprétations qui lient le concept « risque » avec la gestion des risques.

Dans un sens large, le risque fait référence à l'incertitude d'un résultat, d'une action ou d'un événement (Cabinet Office, 2002) mais aussi à la probabilité d'un événement et à la portée des conséquences potentielles (Kasperson et al. 1988). De même pour Kaplan et Garrick (1981), qui conçoivent le risque comme un ensemble de scénarios, dont chacun est doté d'une probabilité et d'une conséquence.

Dans le cadre de la littérature scientifique relative à la gestion des risques, le concept « risque » est plutôt associé aux aspects négatifs en termes de probabilités et de conséquences. Le risque est généralement perçu comme une variable quantitative ou qualitative, aux résultats potentiels négatifs ou contraignants, en fonction de plusieurs éléments ou composantes. En effet, le risque est perçu comme la probabilité de conséquences négatives<sup>8</sup> (Knight 1921 ; Merz and Thielen 2004 ; Samuels et al. 2009 ; FLOODsite

---

<sup>8</sup> Cité par Scheuer, S., Haase, D., Meyer, V., (2011), Exploring multicriteria flood vulnerability by integrating economic, social and ecological dimensions of flood risk and coping capacity: from a starting point view towards an end point view of vulnerability. *Natural hazards*, 58(2), pp731-751.

Consortium 2005 ; Scheuer et al. 2011) ou la probabilité d'impacts négatifs selon Graham et Wiener (1995). De même, pour Douglas<sup>9</sup> (1994) qui considère le risque comme un sentiment de danger potentiel par rapport à des dommages futurs et pour Willis (2007) qui considère que le risque équivaut aux pertes escomptées/éventuelles.

Certes, le risque est, d'abord, un modèle mental (Renn, 2008). Néanmoins, un risque est souvent perçu comme la manifestation d'un aléa (phénomène physique perçu comme une menace ou un danger) donné et/ou de conséquences négatives associées à cet aléa. Dans le cadre de la gestion des risques, le « risque » est lié à l'éventualité d'occurrence d'un aléa et à celle des pertes/dommages. Le risque est la probabilité de pertes affectant des objets, enjeux, soumis à un évènement dommageable, aléa (Veyret et Reghezza, 2005). De même, le risque est la probabilité de pertes en présence d'un aléa spécifique (Smith, 1996) ou simplement la probabilité d'occurrence d'un aléa, défini comme une menace potentielle aux humains et leur bien-être (Downing et *al.*, 2001).

En synthèse, la littérature scientifique relative à la gestion des risques, a d'abord associé le « risque » à l'interaction de deux composantes principales : l'aléa, comme toute menace potentielle d'origine naturelle, humaine ou technologique, et les enjeux exposés, comme toute perte et dommage potentiels concernant respectivement des personnes et des biens (la vie, la santé, l'environnement ou le mode de vie). Pour le cas des risques d'inondation, le risque se définit par la probabilité de l'aléa d'inondation multipliée par les dommages, comme conséquences éventuelles (Jorissen, 1998 ; Vis et *al.*, 2003). Selon cette définition, qui combine l'aléa et les conséquences négatives, le risque d'inondation est relatif aux fréquences des aléas d'inondations et à l'ampleur des pertes/dommages conséquentes.

Cependant, c'est la connotation négative associée au « risque » qui est à l'origine de l'association entre « risque » et « aléa ». En dehors de toute appréciation ou connotation, le « risque » équivaut à une simple incertitude autour d'un évènement futur. Pour Jones et Boer (2003), l'aléa est un évènement susceptible de causer des préjudices, tels qu'un cyclone, une sécheresse ou une inondation. Intimement lié à l'occurrence potentielle d'un aléa, le recours au terme « risque » est souvent considéré sous sa forme négative alors que Stenchion (1997) et UNDHA (1992) définissent l'aléa, en terme physique, comme l'évènement qui précipite le désastre sans que cet évènement, en soi, ne constitue le désastre. L'aléa est un phénomène

---

<sup>9</sup> Cité par Joffre, H. (2005), De la perception à la représentation du risque: le rôle des médias, HERMES, 41, pp 121-129.

naturel ou géodynamique interne ou externe qui représente la menace et qui s'exprime par un champ d'action, une magnitude ou un volume, une intensité ou un débit, une violence ou un impact et une récurrence ou une fréquence (Decrop, 1997). Dans le cadre des changements climatiques et environnementaux, l'aléa, selon Brooks (2003), est l'expression physique de la variabilité ou du changement climatique et qui se traduit par une sécheresse, des inondations, des tempêtes ou des épisodes de fortes pluies. Ainsi, la connotation négative vis-à-vis du risque, revient à la confusion, explicite ou implicite, entre le risque et l'aléa. Autour de cette ambigüité, l'occurrence d'un aléa suppose l'existence préalable d'un risque alors qu'un risque préalable n'implique pas forcément l'occurrence de l'aléa. Dans ce travail, l'aléa, est considéré comme l'expression physique d'un danger/menace/perturbation/simili, associé à des effets/impacts négatifs.

Plus récemment, le concept du « risque » a dorénavant été associé, dans le cadre général de la gestion des risques, avec l'exposition, la vulnérabilité ou la résilience.

Le risque implique l'exposition à une perte potentielle Morgan et Henrion (1990). Pour Merz et *al.* (2010), le « risque » se définit comme étant une entité dynamique qui émerge de l'interaction entre l'aléa et la vulnérabilité. Le risque peut être mieux caractérisé par la probabilité qu'un aléa cause un désastre potentiel... tenant en compte la vulnérabilité face à cet aléa (Stenchion, 1997). Le risque est la probabilité de pertes qui dépend de trois éléments : l'aléa, la vulnérabilité et l'exposition (Crichton, 1999). De même pour Kleist et *al.* (2006), le risque englobe trois aspects : l'aléa, les biens potentiellement dommageables et leurs vulnérabilités (en termes de sensibilité des éléments affectés). Pour Brooks (2003), le risque se confond avec la vulnérabilité biophysique (composants physiques soumis aux aléas naturels). Pour Dauphiné et Provitolo (2013), le risque intègre plusieurs composantes telles que l'aléa, la vulnérabilité, et plus récemment, la résilience<sup>10</sup>.

En conclusion, les définitions du risque qui s'appuient sur l'aléa, l'exposition ou les effets/impacts négatifs potentiels, renvoient, en termes de gestion, aux concepts de la vulnérabilité, la résilience ou l'adaptation.

Si l'identification du « risque » est ce qu'il y a de plus critique dans la gestion des catastrophes naturelles (Uitto, 1998), cette identification est la base du choix des approches appropriées dans la gestion (Moe et Pathranarakul, 2006). Le focus récent sur l'exposition

---

<sup>10</sup> Dauphiné, A., & Provitolo, D. (2013). *Risques et catastrophes: observer, spatialiser, comprendre, gérer*. Armand Colin.

des enjeux face aux conséquences négatives éventuelles, est à l'origine de transitions en termes d'approches et de mesures en zones à risques. Pour la gestion des risques, ces transitions relèvent un passage d'un focus sur l'aléa vers un focus sur les concepts de vulnérabilité et/ou la résilience des systèmes à risques.

## 2. La vulnérabilité

Étymologiquement, la vulnérabilité se réfère à une sensibilité et à des difficultés de reprise face à une menace (Thouret et al, 1996). Désormais, le terme « vulnérabilité » qui se déploie dans différents domaines de recherche, tels que la géographie, l'écologie, la santé, la pauvreté, la famine et la sécurité, les sciences physiques, la gestion des risques ou des catastrophes naturelles est, aujourd'hui, associé à une multitude de termes tels que la sensibilité, la susceptibilité, la marginalité, la résilience, l'adaptabilité, la fragilité ou le risque (Brooks, 2003 ; Fussel, 2007).

La vulnérabilité est un concept central quant aux études relatives à la gestion des risques. Au sens large, on parle de vulnérabilité quand les caractéristiques d'un système peuvent être affectées (Messner et Meyer, 2006). Pour Thouret (1996), la vulnérabilité englobe généralement tout préjudice aux personnes, corporel et moral, et tout endommagement potentiel des éléments exposés à une menace.

Or, plusieurs auteurs considèrent ce terme multidisciplinaire comme étant polysémique dans le sens où son déploiement, à travers les disciplines et, parfois, au sein de la même discipline, reflète certaines divergences. Pour Gallopin (2006), en appartenant à différents écoles de pensées, la vulnérabilité se manque d'un sens commun.

La vulnérabilité est un terme polysémique qui renvoie à des degrés d'endommagement comme à l'éventualité de subir des dommages (d'Ercole, 1994, Veyret et Reghezza, 2005). En effet, en sciences sociales, la vulnérabilité est liée à la capacité humaine à faire face aux perturbations/stress (Allen, 2003) alors qu'elle fait plutôt référence, en sciences du climat, à la probabilité d'occurrence d'un événement et ses impacts (Nicholls et al., 1999). En outre, et en lien même avec la gestion des risques, la vulnérabilité peut être considérée comme une perte potentielle/éventuelle (Mithchelle, 1989 ; Cutter 1996)<sup>11</sup> ou le degré de perte pour des éléments à risques (UNDRO, 1982), mais peut aussi désigner la menace (aléa) à laquelle est soumise une population (Grabor et Griffith, 1980) ou cette menace comme interaction entre

---

<sup>11</sup> Cité par Messner, F. et Meyer, V., (2006), Flood damage, vulnerability and risk perception—challenges for flood damage research, Springer Netherlands, pp. 149-167

le risque et la préparation (Pijawka et Redwan , 1985) voire la probabilité d'être exposé à des effets négatifs d'un aléa (Cutter, 1996) ou le degré auquel le système réagit négativement face à un évènement/menace (Timmerman, 1981). À ce sujet, plusieurs auteurs, cités dans cette partie, se sont penchés sur les considérations conceptuelles de la vulnérabilité. Désormais, la polysémie autour du concept de la vulnérabilité est d'autant plus d'actualité que ce concept est, plus récemment, associé à l'adaptation et à la résilience en lien avec les capacités de réponse du système dans le cadre de la gestion des risques.

Pourtant, les divergences, interdisciplinaires et intra disciplinaires, autour de la vulnérabilité ne constituent, au fond, que des divergences de focus sur certains aspects/dimensions parmi d'autres. Le concept de la vulnérabilité s'est, ainsi, enrichi par l'introduction progressive de composantes/facteurs qui servent à mieux appréhender la vulnérabilité sous ses aspects multidimensionnels et complexes.

L'intérêt ici n'est pas celui de confronter les différentes définitions de la vulnérabilité mais plutôt de les concilier vis-à-vis de leur contribution à l'évolution de la gestion des risques. À l'appui de la littérature scientifique et de notre corpus de terrain, la vulnérabilité initialement liée à l'aléa et à l'exposition à cet aléa s'est, plus récemment, tournée vers les capacités de réponse dans le contexte, plus large, des interactions hommes-environnements.

## **2.1 La vulnérabilité comme interaction aléa-exposition**

La vulnérabilité désigne, d'abord, une sensibilité. La vulnérabilité est la sensibilité d'une zone donnée à un aléa (Gilard et Givone, 1997), la sensibilité humaine, d'individus, exposés à des facteurs environnementaux (Amendola, 1998)<sup>12</sup> ou la sensibilité des systèmes socio-économiques et écologiques face à un aléa (Cutter 1996 et Mitchell 1989). Dans la littérature scientifique, cette sensibilité est apparentée à l'aléa et à l'exposition. La vulnérabilité signifie être exposé à des préjudices physiques et moraux (Alexander, 2005) et désigne le niveau des «dommages» ou des « pertes » de toute nature, associés directement ou indirectement avec la survenance d'un aléa (Mauro, 1993 ; Veyret et Reghezza, 2005)<sup>13</sup>.

Ainsi, cette « sensibilité » réside dans sa dimension dichotomique qui s'appuie sur l'existence simultanée et de l'aléa et de l'exposition à cet aléa. Comme un aléa ne pourrait pas entraîner de dommages/pertes sur une zone déserte, non peuplée (Brooks, 2003), une exposition ne

---

<sup>12</sup> Cité par Fuchs, S., Heiss, K. et Hübl, J., (2007), Towards an empirical vulnerability function for use in debris flow risk assessment, *Natural Hazards and Earth System Science*, 7(5), pp495-506.

<sup>13</sup> Cité par Scarwell, H.- J., (2007), Déconstruire les logiques de gestion du risque d'inondation. De la résistance à la résilience, *Air Pur*, 72, pp24-31.

saurait être sensible en l'absence d'aléas. Jadis, les divergences autour de la vulnérabilité issues d'un focus exclusif sur l'aléa, ou d'un focus exclusif sur l'exposition, tendent, implicitement ou explicitement, à s'unir autour de l'interaction aléa-exposition pour désigner la vulnérabilité.

À ce niveau, il convient d'ouvrir une parenthèse concernant la notion d'exposition. L'exposition renvoie à la notion de « zone à risque », où coïncide spatialement « aléa » et « enjeux » (Leone et Vinet, 2005). Cité par Gallopin, (2006), l'exposition se réfère au degré, à la durée et/ou à l'ampleur à laquelle le système est, ou serait, assujéti aux perturbations (Adger, 2006; Kaspersen et *al.*, 2005). Si Merz et *al.* considèrent que l'exposition concerne « tous les biens pouvant être affectés au sein ou en dehors de la zone à risques », l'exposition ne se confond pas pour autant avec les « enjeux ». D'abord, les « enjeux » font référence, dans un sens large, aux biens/éléments à risques qui englobent des personnes humaines, des biens physiques et l'environnement socio-économique, écologique et naturel. Quant à l'exposition, elle caractérise plutôt le lien qui relie le système et la perturbation/aléa (Gallopin, 2006). L'exposition s'intéresse ainsi aux conditions/caractéristiques qui font que des enjeux, biens/éléments à risques, deviennent sensibles, vulnérables, face aux conditions/caractéristiques d'un aléa. Pour Messner et *al.* (2005), l'exposition possède des indicateurs tels que la proximité à la côte/rive, l'élévation de la zone ou la fréquence et la durée de l'aléa. Notre corpus de terrain soulève, justement, que l'exposition peut être jugée selon les fréquences historiques des aléas, la proximité des rives/berges, les hauteurs des constructions urbaines et les interdépendances entre partenaires économiques, pas forcément situés en zones à risques. La notion d'exposition est passée de l'exposition au risque à l'exposition aux impacts du risque, qui s'étend au-delà de la dimension spatiale concernée par l'occurrence de l'aléa. L'exposition d'enjeux pourrait, ainsi, être considérée vis à vis des impacts directs, indirects, tangibles et intangibles, et indépendamment de la dimension spatiale d'occurrence des aléas. Définir la zone à risque serait dès lors une question complexe.

Pour revenir au concept de la vulnérabilité, comme interaction aléa-exposition, ce concept a, également, fait référence à la susceptibilité. Par-delà la sensibilité, comme une caractéristique générale de la vulnérabilité, la susceptibilité caractérise davantage le résultat de l'interaction aléa-exposition ; en effet, la susceptibilité renferme une connotation négative de dommages et préjudices, contrairement à la sensibilité, qui, elle, renvoie à une réactivité à des effets à la fois négatifs ou positifs de stimuli (Smit et *al.*, 1999 ; Gallopin, 2006). La vulnérabilité a,

ainsi, été reconsidérée comme une susceptibilité, à l'interface de l'aléa-exposition, face aux effets/impacts qui résultent de l'interaction aléa-exposition. Dans ce sens, certains auteurs s'appuient notamment sur la susceptibilité pour mesurer le degré de la vulnérabilité d'un système ; la vulnérabilité est le degré auquel un système est susceptible à des préjudices ou des dommages (Smit et *al.* 1999) ou incapable de faire face à des effets négatifs (IPCC, 2001).

En somme, la revue de la littérature scientifique fait référence à deux types d'éléments dans la composition de la vulnérabilité. Comme interaction aléa-exposition, la vulnérabilité est sous-jacente à une susceptibilité entre des éléments internes au système, des enjeux humains et physiques exposés, et des éléments externes, liés à l'occurrence de l'aléa/risque encouru (Cf. Figure 8). Pour la gestion des risques, la vulnérabilité est, dès lors, perçue, sous son aspect quantitatif, comme une combinaison de composantes et de facteurs. Pour les risques en général, et pour les risques d'inondation en particulier, Scheuer, et al. (2011) perçoit la vulnérabilité en fonction du nombre et de la valeur des éléments sous risques, de leur susceptibilité et de leur exposition à des aléas caractérisés par une intensité et une probabilité. Bien qu'elle soit considérée par plusieurs auteurs comme une composante de la vulnérabilité, la susceptibilité, comme la sensibilité d'ailleurs, constitue, de notre point de vue, un facteur d'évaluation de la vulnérabilité dont les composantes principales sont à la fois de l'aléa et l'exposition à cet aléa.

En conclusion, la vulnérabilité d'un système, de ce point de vue, est inhérente à l'existence d'un risque. Pour Scheuer et al. 2011, les concepts de risque et de vulnérabilité renferment les mêmes éléments et, par conséquent, ont la même ampleur. Dans cette considération de la vulnérabilité, la « vulnérabilité » et « risque » sont indissociables dans la mesure où la présence d'un risque implique une vulnérabilité du système à l'égard des impacts potentiels liés à ce risque.

Or, et par-delà cette interaction aléa-exposition, « un aléa donné pourrait ne pas entraîner de dommages/pertes si le système est bien adapté à y faire face » (Brooks, 2003). La vulnérabilité peut, ainsi être approchée selon les capacités de réponse du système aux effets/impacts résultant de l'interaction aléa-exposition.

## **2.2 La vulnérabilité comme capacité de réponse**

Plus récemment, la littérature scientifique semble mettre davantage l'accent sur la dimension humaine autour du concept de vulnérabilité. La définition de la vulnérabilité, notamment en

lien avec la gestion des risques, est passée de caractériser l'aléa, l'exposition et le résultat de leur interaction, à caractériser les capacités à répondre, faire face ou « to cope with », du système, sous cette interaction aléa-exposition.

En effet, la vulnérabilité renvoie aussi aux caractéristiques d'individus, ou de groupe d'individus, en termes de capacités d'anticipation, de lutte, de résistance, et de reprise des impacts d'un aléa (Wisner et *al.*, 2004 ; Janssen et *al.*, 2006). Selon Amendola (1998), la vulnérabilité est liée à la fois à la sensibilité humaine et à l'efficacité de la préparation et la réponse aux facteurs environnementaux. D'autres auteurs intègrent la capacité de réponse dans la composition de la vulnérabilité. « La vulnérabilité est composée de l'exposition, de la sensibilité et de la capacité de réponse » (Merz, 2010).

En tant que capacité de réponse, la vulnérabilité revêt un aspect qualitatif et une dimension humaine qui va au-delà de l'existence d'un aléa et d'une exposition à cet aléa.

De notre point de vue, le produit aléa-exposition n'est qu'un facteur de la vulnérabilité qui englobe aussi les capacités de réponse du système. La vulnérabilité comme capacité de réponse englobe, d'office, l'interaction aléa-enjeux. Ici la vulnérabilité n'est pas perçue à l'instant ( $t_1$ ), lié à l'existence de l'aléa et de l'exposition des enjeux aux effets/impacts potentiels résultant de l'interaction aléa-exposition, mais plutôt à l'instant ( $t_{+1}$ ), comme les capacités de réponse du système face à ces effets/impacts.

En général, on parle de capacités de réponse quand un système est apte à s'ajuster aux perturbations, modérer les dommages/pertes potentielles, générer des avantages et des opportunités et faire face aux conséquences des transformations induites (Gallopain, 2006). Pour Merz, (2010), la réponse décrit l'aptitude du système à répondre et à reprendre par des mesures de réparation, comme l'assurance, des effets/impacts induits. Les capacités de réponses, dites aussi, "Coping capacities", renvoient aux moyens de faire face aux conséquences négatives avant, pendant, et après un désastre (Villagran de Leon, 2006). De notre point de vue, la capacité de réponse équivaut à la capacité du système à contrefaire sa vulnérabilité biophysique – issue de l'interaction aléa-exposition – grâce à des mesures de prévention, de gestion de crise et de reprise post-crise (Cf. Figure 8).

Au-delà de la vulnérabilité inhérente à l'aléa et à l'exposition, la vulnérabilité comme capacité de réponse désigne la capacité/incapacité du système à faire face aux effets/impacts dus à l'interaction aléa-exposition. Cette considération de la vulnérabilité soulève un aspect qualitatif de la vulnérabilité qui renvoie vers les attitudes vis-à-vis du risque et son acceptabilité sous certains seuils d'effets/impacts négatifs.

En outre, si le focus sur l'aléa-exposition confond « risque » et « vulnérabilité », le focus sur les capacités de réponse associe la « vulnérabilité » avec « l'adaptation », et la « résilience ». Nelson et al. (2007) perçoit la vulnérabilité d'un système en fonction de sa capacité de réponse et d'adaptation. Ceci place la vulnérabilité, non pas comme une fonction/propriété du système, mais plutôt comme un état variable qui, dépend d'un contexte lié, certes, initialement à l'existence d'un aléa et d'une exposition à cet aléa, mais, désormais, lié à la capacité de réponse au résultat de l'interaction aléa-enjeux exposés. Pour Adger, (2006), les formulations de la vulnérabilité tiennent en commun le stress/perturbation auquel le système est exposé, la sensibilité et les capacités d'adaptation comme trois facteurs ou paramètres de la vulnérabilité.

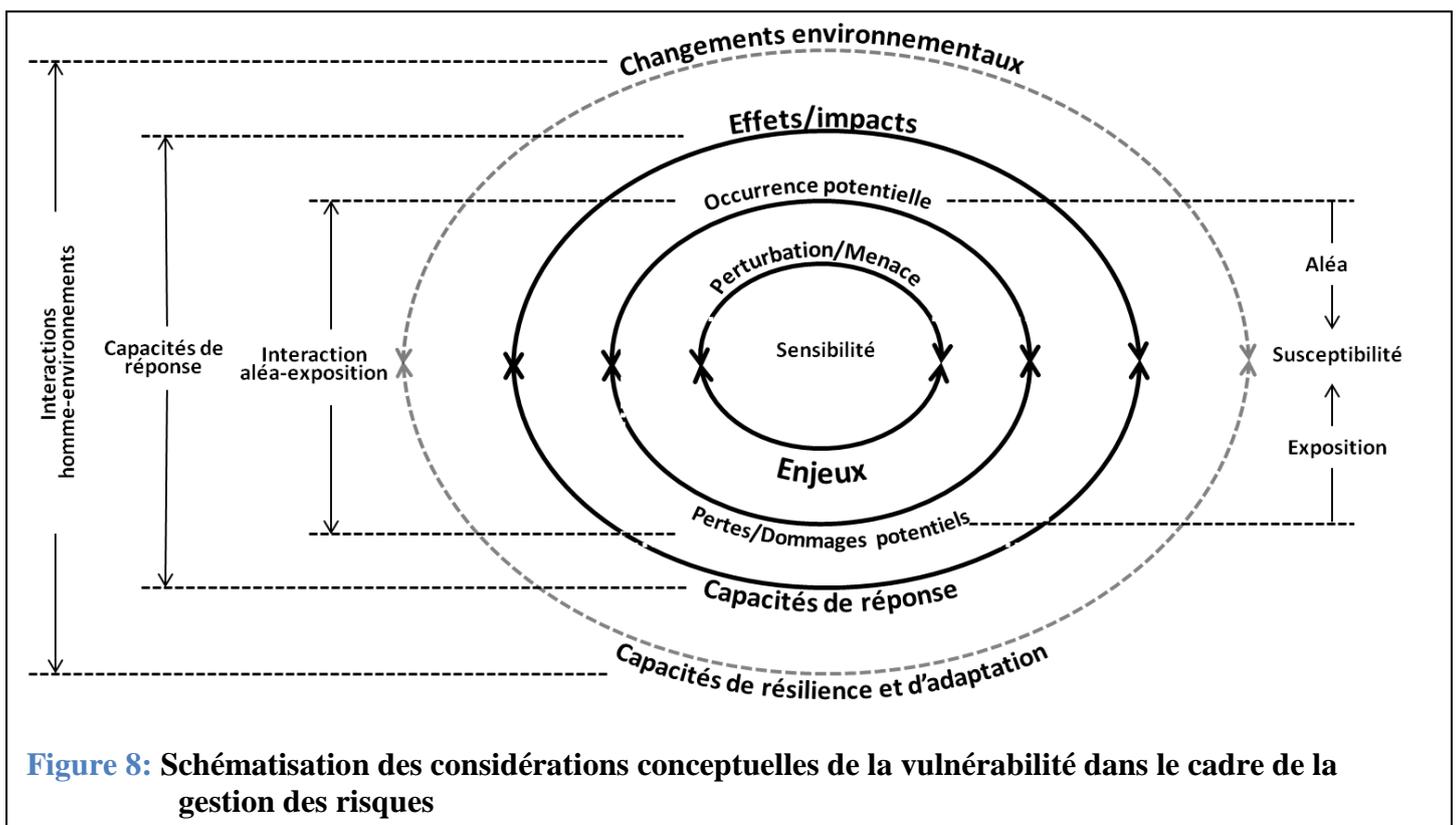
Dans ce cadre, les capacités de réponse, selon Adger (2006), sont des capacités d'adaptation alors que ces capacités de réponse, selon Gallopin (2006), renvoient aux capacités de faire face, dites, "coping capacities". La lecture scientifique de la littérature relative à la vulnérabilité nuance les capacités de réponse qui renvoient le plus souvent au court-terme de celles d'adaptation utilisées plutôt pour le long-terme, en lien avec un processus continu d'adaptation. La réponse englobe toute action, individuelle ou collective, par anticipation ou par réaction postérieure, pour gérer des changements environnementaux (Tompkins et Adger, 2005). Ainsi, le recours aux « capacités de réponse » inscrit le concept de la vulnérabilité dans un cadre d'adaptation face à des changements.

Pour ce qui est de son lien avec la résilience, les nuances et les croisements sont plus ou moins confuses dans la littérature scientifique relative à la gestion des risques. Pour Adger (2005), l'exposition à un stress/perturbation et les capacités d'adaptation constituent des points de convergences entre la vulnérabilité et la résilience. La vulnérabilité est la susceptibilité d'un système face à des perturbations en fonction de son exposition et de sa sensibilité vis-à-vis de ces perturbations et de sa capacité à s'adapter (Nelson et al. 2007). Dans le même sens, la vulnérabilité d'un système, selon Smit et Wandel (2006), dépend de son exposition et sa sensibilité face à des conditions menaçantes et de son aptitude, capacité ou résilience, pour faire face, s'adapter ou reprendre des effets de ces conditions.

En conclusion, la lecture de la littérature relative à la vulnérabilité témoigne d'une grande variété de définitions. Or, cette diversité de définitions de la vulnérabilité ne fait que converger vers trois considérations/conceptions nuancées par Fleischhauer, (2008) : (1) La vulnérabilité, comme une exposition au risque/aléa, qui se réfère à la source biophysique ou

technologique de l'aléa. (2) La vulnérabilité, comme réponse sociale, qui se réfère aux capacités de résistance et de résilience sociétales. (3) La vulnérabilité comme combinaison entre les deux types susmentionnés, à savoir, le risque biophysique et la capacité de réponse sur un espace géographique donné. La vulnérabilité ici incarne une équation entre la capacité de réponse et les effets/impacts issus de l'interaction aléa-exposition. Dans cette considération, la vulnérabilité est un état variable qui s'inscrit dans un processus d'adaptation entre les éléments internes et externes, susmentionnés, qui composent la vulnérabilité.

De notre point de vue, cette dernière conception de la vulnérabilité offre un cadre plus large qui associe à la fois la résilience et la vulnérabilité dans le cadre de l'adaptation.



### 3. La résilience

La résilience est un terme interdisciplinaire, certes, pas polysémique. L'usage ou l'interprétation de ce mot qui a conquis plusieurs disciplines, en transgressant depuis les sciences physiques jusqu'aux sciences sociales, tend à s'y transposer comme étant la capacité de rebondir face à des perturbations/chocs. En mécanique, la résilience est associée à la propriété de résistance de certains aciers (Hoffmann, 1948)<sup>14</sup>. Le recours au terme « résilience » en psychologie, a été développé pour traiter les capacités des individus à surmonter des traumatismes et renaître de ses souffrances (Cyrulnik et Seron, 2012). Alexander (2013) nous explique que ce terme vient pallier l'inadéquation du terme « invulnérable », qui renvoie à une forte adaptabilité ou résistance de certains enfants, jugé trop rigide selon Rutter (1985)<sup>15</sup>. En lien avec les sciences sociales, la résilience se réfère à la capacité humaine de se confronter, d'intégrer et se transformer face à des expériences aversives (Anaut, 2008). En outre, la résilience n'a pas manqué d'atteindre le domaine économique et financier. « Resilient businesses » ou « resilient economies » sont de plus en plus utilisés récemment et, notamment, suite à la crise économique et financière récente. Un des rapports de synthèse de la réunion des ministres de l'OCDE a été consacré aux économies et aux sociétés résilientes (OCDE, 2014). Néanmoins, l'étendue multidisciplinaire de la résilience, actuellement, tient beaucoup à son introduction initiale par Holling (1973) dans le domaine de l'écologie. La contribution considérable des travaux de ce dernier revient à la considération de la résilience dans le cadre des systèmes dynamiques et complexes, qui n'est d'autre que celui de l'écologie. Selon Holling, la résilience désigne d'abord la capacité d'un système à persister face aux changements. Les systèmes écologiques, selon les travaux de Holling et Gunderson, ont une résilience leur permettant le maintien de l'intégrité de leurs fonctions en dépit de subir d'importants changements (Foulquier (2011).

D'un point de vue interdisciplinaire, le sens du mot « résilience » tend, avec certaines nuances, à maintenir un sens commun, celui de « rebondir ». Désormais, ces nuances conduisent, selon plusieurs auteurs, à une certaine confusion terminologique. La résilience prête à confusion quant à sa multitude d'usage et d'interprétation (Alexander, 2013).

La lecture multidisciplinaire autour de la résilience suppose, en effet, deux considérations, que l'on va appeler facettes de la résilience. D'une part, la résilience peut être définie comme

---

<sup>14</sup> Cité par Alexander, D. E., (2013), Resilience and disaster risk reduction: an etymological journey. *Natural Hazards and Earth System Science*, 13(11), pp2707-2716.

<sup>15</sup> Cité par Alexander, D. E., (2013), Resilience and disaster risk reduction: an etymological journey. *Natural Hazards and Earth System Science*, 13(11), pp2707-2716.

la quantité/le volume de changement que le système peut subir en conservant les mêmes fonctions et structures (Nelson et al. 2007). Cette définition rejoint celle de Pelling (2010) qui considère la résilience comme la capacité de maintenir un statu quo face aux changements climatiques. À l'encontre de cette facette de la résilience, la résilience peut, d'autre part, désigner la capacité des systèmes, en particulier ceux socio-écologiques, de s'organiser autour de plusieurs « états » (Berkes et al., 2003). Selon Gunderson et Holling (2002), la résilience d'un système revient à sa capacité d'absorber un choc en maintenant ses fonctions par le renouvellement et la réorganisation de ses composantes. Cette deuxième facette, tirée notamment du domaine de l'écologie, renvoie à des états multi stables possibles pour un système face à des perturbations/menaces.

Ainsi, et bien qu'il y est accord sur la(es) perspective (s) de « rebondir » dans l'usage et l'interprétation de la résilience, la revue bibliographique manque, en effet, d'amples clarifications autour des croisements et des limites de certains termes à la fois intimement liés à la résilience mais aussi à d'autres concepts, notamment la vulnérabilité et l'adaptation.

L'usage interdisciplinaire et les interprétations en conséquences de la résilience ne datent pas d'aujourd'hui. Dans ce cadre, Folke (2006) contribue à distinguer une résilience<sup>16</sup> qui suppose le retour du système à son état initial, portant sur la résistance aux perturbations et la conservation du système, d'une résilience qui s'inscrit dans le cadre des systèmes dynamiques et complexes, et qui suppose l'existence de plusieurs états multi-stables possibles au système. La première facette de la résilience, qui concède un seul état d'équilibre stable au système, interprète la résilience par le retour du système uniquement vers son état antérieur/initial. Un système résilient est un système stable près d'un état d'équilibre permanent (Provitolo, 2009). Cette facette de la résilience, qui rejoint la notion de la résistance des matériaux en physique, est également appelée la « résilience d'ingénierie » par Holling. Ici, la résilience suppose un seul état d'équilibre du système qui, d'ailleurs, se confond avec son état stable antérieur à l'impact de la perturbation.

En revanche, la seconde facette de la résilience, qui s'inscrit plutôt dans le cadre des systèmes dynamiques et complexes, suppose l'existence de plusieurs états multi-stables possibles. Cette dernière facette interprète ainsi la résilience par un équilibre dynamique, autour de plusieurs états, qui renvoie à la notion d'homéostasie selon Holling (1973). Dès lors, Peterson et al. (1998) qui distingue également la résilience écologique de celle d'ingénierie, perçoit celle écologique comme « la quantité de changements à partir de laquelle le système se

---

<sup>16</sup> La résilience dite la résilience d'ingénierie selon Holling

transforme en passant d'une forme de ses capacités structurelles et fonctionnelles vers une forme distincte de ses capacités structurelles et fonctionnelles » (Peterson et *al.*, 1998). Toujours selon Peterson, « les systèmes peuvent exister sous des formes d'auto-organisation ou de stabilité alternatives » distincte de l'état postérieur à l'impact de la perturbation. Dans cette logique, le système ne serait pas résilient s'il revient à son état antérieur puisque la résilience se désigne justement par la capacité de se transformer via un nouvel état stable/d'équilibre, autre que celui antérieur jugé vulnérable. Ici, la résilience est désignée par la transformation du système après perturbation. La transformation du système suppose la création fondamentale d'un nouveau système, quand les conditions des structures écologiques, sociales, économiques voire politiques ne sont plus fonctionnelles (Walker, 2004). Cette seconde facette de la résilience suppose une transformabilité, par des capacités permettant au système d'atteindre un état d'équilibre autre que celui initial post-perturbation.

À ce stade, il semble important de nuancer entre un état stable et un état d'équilibre. Dans la littérature, l'état antérieur/initial du système, avant l'impact de la perturbation, est souvent perçu comme l'état stable de référence. Dans sa description des caractéristiques des systèmes, Smit et *al.*, (1999), relie la résistance à la stabilité en définissant la résistance comme étant la capacité de s'opposer et d'empêcher les effets de stimuli (ou de perturbations) et la stabilité comme étant la capacité de maintenir un état difficilement déplaçable et modifiable. Un état stable est un état qui ne change pas ou trop peu face aux perturbations (Walker et *al.*, 1982). De son côté Holling (1973) décrit la stabilité comme la persistance du système près ou aux alentours d'un état d'équilibre. La notion d'équilibre englobe celle de la stabilité dans le sens où plusieurs états stables pourraient osciller autour d'un même état d'équilibre. Or, et bien qu'un écosystème paraisse similaire, il ne l'est plus parce que les écosystèmes, systèmes vivants, changent et se développent continuellement (Folke, 2007). Ainsi, et notamment dans le cadre des systèmes dynamiques et complexes, la notion du retour à l'état d'équilibre antérieur est une illusion puisque les écosystèmes, leur composantes et leurs environnements, sont en changements perpétuels. À défaut d'appréhender plusieurs états d'équilibre possibles, les états stables sont souvent confondus avec les états d'équilibre pour les systèmes complexes et dynamiques. D'où l'intérêt de maintenir la résilience, du moins d'un point de vue terminologique, sous ces deux facettes.

Pour conclure, les confusions autour de la résilience ne concernent pas autant le fait de « rebondir » que la (les) trajectoire (s) de ce rebondissement. Ainsi, la capacité d'un système à rebondir, dans son sens large, englobe des trajectoires qui renvoient à la fois aux concepts

de la stabilité ou de la conservation, mais aussi à la transformation et le renouvellement du système. La stabilité et la conservation impliquent une résistance aux perturbations alors que la transformation et le renouvellement impliquent un changement structurel et/ou fonctionnel. Rebondir inclut ainsi des trajectoires qui dépendent de plusieurs facteurs dont la nature des systèmes et les caractéristiques des perturbations/chocs. De notre point de vue, le terme résilience n'est pas polysémique dans le sens où ces deux trajectoires, liées, conduisent au rebondissement des systèmes. Seul le fait de se limiter, notamment par les sphères disciplinaires, exclusivement à l'une de ces deux trajectoires peut générer cette polysémie. Pour récapituler, la résilience implique un maintien du système par le maintien de capacités structurelles et fonctionnelles, initiales ou adaptées, de ce système.

Aujourd'hui, la résilience focalise l'attention en termes d'analyse des interactions hommes-environnements (Janssen et al.2006). Dans ce cadre, la résilience équivaut à la persistance d'un système, par sa conservation et/ou par sa transformation/renouvellement face aux perturbations. Une des définitions les plus exhaustives, en lien avec la gestion des risques, considère la résilience d'un système, d'une communauté ou d'une société comme la capacité de résister, d'absorber, de s'accommoder à un aléa et de rebondir de ses effets de façon rapide et efficace, incluant une préservation et une restauration de ses structures et fonctions vitales (UNISDR, 2009).

Pour faire le lien avec la vulnérabilité, et les capacités de réponse, la résilience renvoie à des capacités de reprise qui englobent une double capacité : une capacité de conservation, par le maintien ou le retour vers l'état initial en cas d'impact, et une capacité de préservation, par la transformation/renouvellement des capacités structurelles et fonctionnelles du système initial. D'ailleurs, cette dernière capacité de préservation, qui inclue des états d'équilibres pluriels, illustre une forme d'adaptation par le changement via des approches de renforcement de la résilience dans la gestion des risques.

En termes d'approches et de mesures de gestion des risques, le débat se situe plutôt autour des nuances entre la réduction de la vulnérabilité et le renforcement de la résilience.

## **IV. Discussions autour de l'adaptation**

La vulnérabilité et la résilience coïncident autour d'un lien commun qui est celui de l'adaptation. Cette partie consacrée au concept de l'adaptation offre un cadre plus large qui permet de mieux appréhender les concepts de la vulnérabilité et de la résilience à travers l'évolution des approches et les mesures associées à la gestion des risques. Cette partie qui revient d'abord sur le concept de l'adaptation, développe ensuite ce concept sous l'angle des transitions issues des dynamiques d'approches et de mesures.

### **1. L'adaptation et les capacités d'adaptation**

Par son évolution continue, l'humanité a toujours fait preuve d'adaptation. Au sens large, l'adaptation fait référence à un processus, une action ou un résultat dans un système (famille, communauté, groupe, secteur, région, ou pays) en vue de mieux faire face, de gérer, ou s'ajuster à des changements de conditions, stress, aléa, risque, ou opportunité (Smit et Wandel, 2006).

D'abord, l'usage actuellement du concept de l'adaptation converge avec ses usages multiples passés.

Étymologiquement, l'adaptation signifie un ajustement. Le verbe « adapter » fut utilisé au sens concret, pour dire « appliquer », et au sens figuré, pour dire « mettre en accord avec quelque chose » ou pour exprimer « la convenance à une situation ». Selon Smit et Wandel (2006), la définition de l'adaptation, aujourd'hui, est assez proche de sa définition d'origine en sciences naturelles comme étant le développement de caractéristiques génétiques ou comportementales permettant aux organismes, ou aux systèmes, de survivre et se reproduire face à des changements environnementaux (Kitano, 2002). Le focus récent sur l'adaptation est, d'ailleurs, intimement lié à l'émergence des changements climatiques et leurs impacts potentiels actuels et futurs sur les zones côtières.

En lien avec la gestion des risques, « l'adaptation implique un changement » (Neslon et al. 2007). En réponse aux impacts potentiels des changements climatiques, le terme d'adaptation fut d'abord déployé lors de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) de 1992. En plus de l'atténuation, qui vise à réduire les émissions en gaz à effets de serre et à renforcer la séquestration de ces derniers, l'adaptation suggère plutôt la réduction des vulnérabilités face aux impacts potentiels des changements climatiques, réels ou prévus (IPCC, 2007). À la différence de l'atténuation, qui s'attaque aux sources des

changements climatiques, l'adaptation semble se focaliser sur l'ajustement des zones à risques aux symptômes des changements climatiques.

Dans le cadre de la gestion des risques, l'adaptation concerne l'ajustement entre la gestion des risques et les changements qui la contourne, en particulier aujourd'hui, ceux liés aux changements climatiques.

Pour Nelson et *al.* (2007), l'adaptation est un processus de prise de décision et de séries de mesures prises pour maintenir la capacité de faire face à des changements présents et futurs. Les mesures d'adaptation sont diverses et vont de « l'établissement de barrages/digues à la mise en place de programmes d'assurances spécifiques, voir, dans les cas les plus extrêmes, à la migration ou à l'abandon pur et simple des zones trop à risques » (Dupuis et Knoepfel, 2011). L'adaptation se penche sur des mesures en vue de prévenir et de réduire, ou à mieux répartir les dégâts actuels et futurs dus aux changements climatiques (Smit et *al.*, 2000).

En zones à risques, l'adaptation n'est autre que la manifestation des capacités d'adaptation (Smit et Wandel, 2006). Si les capacités d'adaptation se réfèrent aux capacités des acteurs d'influencer et gérer la résilience selon Walker et Meyers (2004), ces capacités d'adaptation font également référence aux capacités de réponse ou "coping capacities" pour Adger (2006). Les capacités d'adaptation incluent une modification de la susceptibilité, une réduction de l'exposition ou un renforcement des capacités de réponse (Merz et *al.* 2010). Pour Turner et *al.*, (2003) les capacités de réponse se distinguent de celles d'adaptation, certes, toutes les deux sont des capacités de résilience du système.

Sous ce large cadre du concept d'adaptation, les capacités d'adaptation, de notre point de vue, renferment les capacités de réponse liées au concept de la vulnérabilité et celles de reprise liées à celui de la résilience. Dans le cadre de l'adaptation, les capacités de réponse liées à la vulnérabilité, et celles de reprise, par le maintien de la stabilité ou le renouvellement/transformation liées à la résilience, incarnent ensemble des capacités d'adaptation.

En zones à risques, les capacités d'adaptation, dites aussi adaptatives, incarnent les approches et les mesures associées à la gestion des risques. Le choix des approches de gouvernance et des mesures qui leur sont associées illustre l'adaptation face aux risques d'inondation.

## 2. Dynamique d'approches et de mesures

Certes, l'adaptation est aujourd'hui liée aux phénomènes des changements climatiques. Néanmoins, la revue historique de la gestion des risques montre que celle-ci a bel et bien évolué en termes d'approches et de mesures. Si les approches sont les pilotes « drivers » de la gestion des risques, les mesures qui lui sont associées sont la partie visible de ces approches en zones à risques. Ainsi, les dynamiques avérées concernant la combinaison de mesures, structurelles et non structurelles, caractérisent davantage une adaptation qui a évolué d'un simple contrôle de l'aléa vers une réduction de la vulnérabilité et /ou renforcement de la résilience. La gestion des risques qui fut longtemps focalisée sur le contrôle de l'aléa (Veyret, Reghezza, 2005, 2006) s'est récemment penchée vers la réduction de la vulnérabilité (Renard et Chapon, 2010) et/ou le renforcement de la résilience.

Le recours, de plus en plus croissant, aux mesures non structurelles est un élément significatif en termes d'adaptation d'approches.

Si les approches focalisées sur l'aléa prônent des mesures purement structurelles, l'adaptation de la gestion des risques est actuellement visible en zones à risques par le recours davantage aux mesures non structurelles dans le cadre des approches de réduction de vulnérabilité et/ou de renforcement de la résilience. À ce titre, le recours aux mesures non structurelles caractérise des approches qui intègrent des ajustements sur l'activité humaine pour l'adapter aux inondations (James, 1975) alors que le recours à celles structurelles caractérise des approches visant la protection des biens et des personnes et l'atténuation des crues (Alexander, 2013).

Face aux risques d'inondations, la gestion des risques fut initialement focalisée sur des mesures physiques de défense telles que les digues et les barrages. La gestion des risques était pendant des siècles basée sur des ampleurs prévisibles de l'aléa pour édifier des mesures de défense en vue de protéger les sociétés (eg. Dauphiné et Provitolo, 2007). La gestion des inondations était, principalement, fondé sur des ouvrages physiques avant d'introduire des mesures supplémentaires, toujours structurelles, telles que les barrages ou les canaux d'évacuation, à l'usage unique des digues initialement (Rasid et Haider, 2002). Dans le cadre des approches focalisées sur l'aléa, le recours aux mesures structurelles vise à agir sur l'aléa (Pottier, 1998) par le biais d'ouvrages de génie civil comme les barrages et les digues mais aussi via des mesures douces de contrôle hydraulique (Vinet, 2007). Les zones d'expansion des crues illustrent au niveau de l'estuaire de la Gironde le recours aux mesures douces.

Or, la réduction des désastres peut passer par le contrôle de l'aléa, mais aussi par la réduction de la vulnérabilité (Cannon, 1993) ou, plus récemment, par le renforcement de la résilience.

Le focus sur l'aléa illustre une approche de résistance qui vise, par l'usage des mesures structurelles, à modifier l'aléa et l'isoler du système à risques. Désormais, les risques naturels, en général, et ceux d'inondations en particulier, sont des événements inévitables. Ainsi, la gestion des risques, par-delà toute protection par les ouvrages physiques de défense, s'est progressivement penchée sur la réduction des effets/impacts résultant de l'interaction aléa-exposition. Les apprentissages des expériences récurrentes avec les aléas d'inondation ont conduit la gestion des risques à l'usage de plus en plus croissant des mesures non structurelles, en matière de gestion de crise, pour faire face à l'occurrence de l'aléa à l'instant (t), et en matière de reprise post-crise, pour reprendre des effets/impacts entraînés à l'instant (t+1) par l'occurrence de l'aléa. Ce recours aux mesures non structurelles, comme des mesures majeures et non accessoires à celles structurelles, a transféré la gestion des risques d'un simple contrôle de l'aléa vers des approches visant aussi la réduction de la vulnérabilité et/ou le renforcement de la résilience.

Pour Tapsell, (2009), les approches contemporaines intègrent davantage de mesures non structurelles telles que les services de prévision, les systèmes d'alerte, l'aménagement du territoire ou l'assurance. Au niveau de notre zone d'étude de cas, ce changement de paradigme s'illustre par le recours aux Plans de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI) et aux Plans Communaux de Sauvegarde (PCS). À la différence du focus sur l'aléa, les approches non structurelles, de réduction de la vulnérabilité ou de renforcement de la résilience, mettent désormais l'accent sur les capacités de réponse, de reprise et d'adaptation.

Les approches de la vulnérabilité qui se focalisent sur l'endommagement potentiel (Thouret et d'Ercole, 1996) ou sur les conditions qui favorisent l'occurrence de la crise (Cardona, 2004) marquent une transition vers une pré-gestion de la crise par la réduction des conditions favorisant la catastrophe (Fordham, 2004). Au-delà de l'action locale qui caractérise le focus sur l'aléa, les approches de réduction de la vulnérabilité et celles du renforcement de la résilience considèrent des échelles temporelles et spatiales plus larges. Dans cette vision, le recours aux mesures non structurelles dépasse la réduction des pertes/dommages directs au niveau local pour intégrer les effets/impacts directs, indirects, tangibles et intangibles sur des échelles multiples supra locales. Quant aux approches du renforcement de la résilience, le recours aux mesures non structurelles incarne un système plus dynamique dans un cadre, plus

large, favorable aux capacités d'adaptation (Nelson et *al.*, 2007). Par-delà la disposition de mesures de prévention, de gestion de crise et de reprise post-crise, les approches de renforcement de la résilience s'intéressent aux capacités d'auto-organisation inter-échelles et par l'interaction de ses échelles (Adger et *al.*, 2004).

Pour revenir au contexte actuel de la gestion des risques, les fortes incertitudes en termes de fréquence, d'intensité et de distribution géographique des aléas favorisent davantage le recours aux mesures non structurelles. À l'état actuel des connaissances autour des impacts potentiels en zones à risques, la flexibilité de la gestion non structurelle présente des atouts plus adaptés face à des incertitudes irréductibles liées aux impacts potentiels des changements climatiques (Cf. [Article 2](#)).

En conclusion, la dynamique des approches et de mesures de la gestion des risques s'illustre désormais par le recours aux mesures non structurelles, comme un point commun entre les approches de réduction de vulnérabilité et de renforcement de la résilience (Cf. Figure 9).

## V. Publications

**Article 1:** Touili, N. et al. (2014). Public perception of engineering-based coastal flooding and erosion risk mitigation options: Lessons from three European coastal settings. *Coastal Engineering*, vol. 87, p. 205-209. DOI : 10.1016/j.coastaleng.2014.01.004

**Article 2:** Touili, N., Vanderlinden, J.P. Mesures non structurelles, flexibilité adaptative et gestion du risque climat : étude de cas de l'estuaire de la Gironde (France), soumis (accepté) à la revue *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*

**Article 3:** Touili, N. (2015). Portfolio d'options pour le renforcement de la résilience : application de principes systémiques de résilience à la gestion des risques d'inondation en Gironde. *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, (Hors-série 23), URL : <http://journals.openedition.org/vertigo/16671>

**Article 1: Public perception of engineering-based coastal flooding and erosion risk mitigation options: Lessons from three European coastal settings, Coastal Engineering, 87, p205-209.**

**Titre:** Public perception of engineering-based coastal flooding and erosion risk mitigation options: Lessons from three European coastal settings

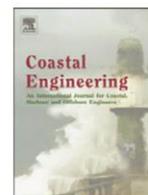
**Sommaire**

Résumé (en français) .....	70
Abstract .....	71
<u>1. Introduction</u> .....	71
<u>2. Central concepts and working hypothesis</u> .....	72
<u>2.1 Risk and perception, toward an integrative framework and its application to coastal risks</u> .....	72
<u>2.2 Engineering based mitigation options: an ad hoc THESEUS-centred and SPRC-based typology</u> .....	73
<u>2.3 The question at hand revisited and working hypothesis</u> .....	73
<u>3. Material and methods</u> .....	74
<u>4. Results and discussions</u> .....	74
<u>5. Conclusion</u> .....	75
<u>6. Acknowledgements</u> .....	75
References .....	75

## **Résumé (en français)**

Cet article vise à apporter des éléments de réponse à la question suivante : quels sont les déterminants de la perception locale vis-à-vis des mesures associées à la gestion des risques? Les risques sont certes un construit physique et social. Cet article argumente la construction duale, sociale et physique, des mesures associées à la gestion des risques en abordant l'analyse de la « perception des risques » du point de vue des « mesures de réduction ». Parmi l'ensemble des options en termes de mesures de gestion, cet article permet d'identifier les déterminants de la perception des acteurs locaux vis-à-vis d'une catégorie spécifique : les mesures technologiques (ou d'ingénierie). Par le biais d'enquêtes qualitatives conduites sur trois sites côtiers européens (Cesenatico, Santander et l'estuaire de la Gironde), cette recherche démontre que les mesures d'ingénierie associées à la gestion des risques sont aussi un construit social en se référant aux heuristiques (individuelles et collectives) associées à leurs égards. Par l'analyse du discours des usagers de la gestion des risques, la perception locale vis-à-vis des mesures d'ingénierie s'articule autour d'une combinaison imbriquée associant les questions de « pertinence » de gérer (ou non) un risque donné, de « causalité » entre le fonctionnement de ce risque et la performance des mesures associées à sa gestion, et celles des « normes » (ou de valeurs normatives) attribuées aux choix de la gouvernance des risques. Pour envisager de nouvelles mesures, la prise en compte de ces heuristiques s'avère fondamentale. La compréhension de ces heuristiques permet d'argumenter la faible acceptabilité sociale, par rapport à certaines mesures, sans que cette acceptabilité ne soit directement liée à la performance de ces mesures dans la réduction des risques.

**Mots clés :** Perception du risque, Mesures d'ingénierie, Acceptabilité, Inondations, Zones côtières, Théorisation ancrée itérative



## Public perception of engineering-based coastal flooding and erosion risk mitigation options: Lessons from three European coastal settings



Nabil Touili <sup>a</sup>, Juan Baztan <sup>a,b</sup>, Jean-Paul Vanderlinden <sup>a,\*</sup>, Idrissa Oumar Kane <sup>a</sup>, Pedro Diaz-Simal <sup>c</sup>, Luca Pietrantoni <sup>d</sup>

<sup>a</sup> Laboratoire CEARC, OVSQ, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines, 11 Boulevard d'Alembert, 78280 Guyancourt, France

<sup>b</sup> Marine Sciences for Society, Spain

<sup>c</sup> IHC, Universidad de Cantabria, Avenida de los castros, 39005 Santander, Spain

<sup>d</sup> Department of Psychology, Alma Mater Studiorum – University of Bologna, Via Filippo Re 6, 40126 Bologna, Italy

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 4 July 2013

Received in revised form 29 December 2013

Accepted 2 January 2014

Available online 28 January 2014

#### Keywords:

Risk perception

Risk mitigation

Acceptability

Coastal zone

Flood

Iterative grounded theory

### ABSTRACT

Recent damages and losses associated with coastal floods have generated many analyses dealing with overexposure to flood risk, its consequences, associated technological choices and governance principles, and what seems to be a poor understanding of the causes and consequences of floods and working of coastal defences at the local level. While many analyses demonstrate that risks are both physically and socially constructed, in this paper we go further by analysing risk mitigation options (engineering works) as being dual (physically and socially constructed) as well. When envisioning mitigation options through stakeholders' perception, one can observe a mix of intertwined statements associated with the relevance the specific risk that is dealt with, dealing with the sometimes incomplete knowledge associated with the mitigation option and its performance at reducing risk, and, dealing with the value conflicts that may be present when envisioning a particular flood risk mitigation strategy. Our research question is "what are the drivers of stakeholder perceptions when envisioning engineering-based mitigation options." Through qualitative empirical fieldwork conducted in three European coastal settings (Cesenatico, Santander and the Gironde Estuary) we demonstrate here that engineered mitigation solutions are socially construed by referring to individual and collective heuristics associated with these options. These heuristics may lead to poor social acceptability of envisioned mitigation options, poor acceptability not directly linked to the performance in terms of risk reduction.

© 2014 Elsevier B.V. All rights reserved.

### 1. Introduction

In this paper we identify the drivers of the stakeholders attitude toward a specific category of coastal risk mitigation: engineering-based risk mitigation options. Most risk perception analyses deal with the way individuals or groups relate to uncertain events and their associated outcomes. In this paper we enter the "risk perception" analysis through a different entry point: the risk mitigation options.

Recent damages and losses associated with coastal floods have generated many analyses dealing with overexposure to flood risk, its consequences, associated poor governance principles (Eisenman et al., 2007), and what seems to be a poor understanding of the causes and consequences of floods (Burby, 2006; Schneider, 2005). This "poor understanding" points toward a need to reinforce the science-policy interface.

Yet this has been mostly approached by attempts at informing the public and policymakers in order to fill a perceived "knowledge gap". This "knowledge gap hypothesis" is very much contested. There is ample evidence that knowledge is not the sole determinant of risk (mis-)perception (e.g., Kahan et al., 2012).

More recently, integrative approaches to the analysis of risk perception have been proposed (Renn, 2008) stressing the fact that risk perceptions are determined by collective and personal manifestation of cultural backgrounds, socio-political institutions, cognitive affective factors and heuristics of information processing. This diversity of these potential sources of (mis-)perceptions indicates how ludicrous it may be to try to address one of these in order to modify attitudes.

When envisioning risk mitigation strategies and options the issue of perception is complexified by the mitigation option choice itself. Risk mitigation options raise perception issues as well. Furthermore, the concrete nature of a mitigation option implementation, its direct visibility to those affected, its existence, even if the risk does not concretize itself, may lead to a differential framing of the option chosen and of the risk under consideration. Finally, mitigation option may raise acceptability issues as some options may profoundly change the landscape, potential land use, real estate values and the likes.

\* Corresponding author. Tel.: +33 1 80 28 55 01.

E-mail addresses: [nabil.touili@uvsq.fr](mailto:nabil.touili@uvsq.fr) (N. Touili), [jbaztan@marine-sciences-for-society.org](mailto:jbaztan@marine-sciences-for-society.org) (J. Baztan), [jean-paul.vanderlinden@uvsq.fr](mailto:jean-paul.vanderlinden@uvsq.fr) (J.-P. Vanderlinden), [idrissa-oumar.kane@uvsq.fr](mailto:idrissa-oumar.kane@uvsq.fr) (I.O. Kane), [pedro.diaz@unican.es](mailto:pedro.diaz@unican.es) (P. Diaz-Simal), [luca.pietrantoni@unibo.it](mailto:luca.pietrantoni@unibo.it) (L. Pietrantoni).

While many analyses demonstrate that risks are both physically and socially constructed, in this paper we go further by analysing risk mitigation options (engineering works) as being dual (physically and socially constructed) as well.

This paper answer to some of the question identified above by exploring empirically the following research question: “What are the drivers of stakeholder perceptions when envisioning engineering-based mitigation options?”

In Section 2 (this Introduction being Section 1) we present a synthesis of the theoretical frameworks that we are using, we define the type of mitigation option under scrutiny and present the associated working hypothesis. Section three briefly presents the method that has been used for the empirical part of our work. Section 4 presents and discusses the results that were obtained. Section 5 concludes this paper.

## 2. Central concepts and working hypothesis

### 2.1. Risk and perception, toward an integrative framework and its application to coastal risks

Risk is a mental model (Renn, 2008, p.2). Part of this model is linked with reality as it may manifest itself (some will call it the hazard, others will associate a probability density function with the description of an event) and part is linked with the way individual and society frame this manifestation (some may call this the consequence). By “framing” we mean here: how individuals talk about, and then assess the risk, taking into account contextual elements that seems neither directly linked with the probabilistic nature of risk nor with its consequences. This framing leads to situation where risk assessment by experts and risk assessment by laypersons lead to dissonant conclusions that may lead to sub-optimal behaviours, ill designed and/or not well accepted risk management options.

Therefore, what is understood as “risk”, “risk management”, “risk assessment” and the likes may cover diverse realities. While this is not a difficulty in itself, it raises several challenges when identifying a risk worth managing, when choosing the management option and when setting the risk governance mechanism. The analysis of this diversity has been the focus of the active and diverse literature on risk perceptions. Key elements of this literature are presented here as well as its potential interest to the analysis of engineering-based coastal risk mitigation options. Several theories constitute the main stream in risk perception since the 80s. We chose to focus on the followings: the psychometric approach to risk, the cultural theory of risk, the social amplification of risk, the governmentality approach to risk and the synthesis recently produced by Renn (2008).

Psychometrics deals with the quantification and prediction of risk and is probably the leading contender in the field (Sjöberg, 2000); according to Slovic (1992), the perceived risk is somehow quantifiable and predictable and one of the main questions is: “how much risk people say are they willing to accept?”. The three main factors are: 1) the degree to which a risk is understood, 2) the degree to which it evokes a feeling of dread and, 3) the number of people exposed to the risk. An approach for studying perceived risk is to develop taxonomies for hazards that can be used to predict attitudes toward their risks. A taxonomic scheme might explain, for example, people's extreme aversion to some hazards, their indifference to others, and the discrepancies between these reactions and experts' opinions. The most common approach to this goal has employed the psychometric paradigm (Fischhoff et al., 1978; Slovic et al., 1984), which uses scaling and multivariate analysis techniques to produce quantitative representations of risk attitudes and perceptions. Within the psychometric paradigm, people make quantitative judgments about the current and desired riskiness of diverse hazards and the desired level of regulation of each (Slovic, 1992). These judgments are then related to judgments about other properties, such as (i) the hazard's status on characteristics that have been hypothesized to account for risk perceptions and attitudes

(for example, voluntariness, dread, knowledge, controllability), (ii) the benefits that each hazard provides to society, (iii) the number of deaths caused by the hazard in an average year, (iv) the number of deaths caused by the hazard in a disastrous year, and (v) the seriousness of each death from a particular hazard relative to a death due to other causes (Slovic, 1992). While the psychometric approach has been widely used to quantify relative perception of risk, it seems of little use when envisioning options for risk mitigation. Acknowledging the need for action, does not necessarily define the attitudes toward modes of action.

In the seminal “Risk and Culture” (Douglas and Wildavsky, 1982), one can read: “can we know the risks we face, now or in the future? No, we cannot; but yes, we must act as if we do. Some dangers are unknown; others are known, but not by us because no one person can know everything. Most people cannot be aware of most dangers at most times. How, then, do people decide which risks to take and which to ignore? On what basis are certain dangers guarded against and others relegated to secondary status?” “Risk and Culture” attributed political conflict over environmental and technological risks to a struggle between adherents of competing ways of life associated with the two dimensions “group” and “grid”. A “high group” way of life exhibits a high degree of collective control, whereas a “low group” one exhibits a much lower one and a resulting emphasis on individual self-sufficiency. A “high grid” way of life is characterized by conspicuous and durable forms of stratification in roles and authority, whereas a “low grid” one reflects a more egalitarian status. Therefore, egalitarian (“low grid”) and collectivist (“high group”) cultures gravitate toward fear of environmental disaster as a justification for restricting commercial behaviour productive of inequality; and individualistic (“low group”) and hierarchical (“high grid”) cultures resist claims of environmental risk in order to shield private orderings from interference, and to defend established commercial and governmental elites from subversive rebuke. This cultural theory is of interest when envisioning coastal risks because it indicates that risk, and risk mitigation options, and perceptions may very well be defined by factors that are not necessarily directly connected to knowledge. Risk assessment and mitigation may encounter difficulties associated with norms and tradition. The setting up of engineering-based mitigation options may lead to attitudes toward these options that are influenced by cultural factors as defined above rather than by the performance in terms of risk mitigation of the option that is envisioned.

The concept of “social amplification of risk” suggests that the actions of the media, government, and nongovernmental organizations, as well as disputes among scientists, can significantly increase or decrease public risk concerns (Kasperson et al., 1988). The social amplification of risk theory is of interest when analysing coastal risks because of the importance of climate change. Climate change is a field where controversies have been making the headline news. Furthermore conducting field level research on risk is an information gathering, mobilizing and knowledge creation activity, which in itself may contribute to social amplification dynamics.

“Governmentality” theory deals with new style of governance in modernity where the risk is mainly understood as entirely socially it makes no sense to ask for more or less risk or how real risks are (Foucault, 2004). Governmentality emphasises the diversity of forms that risk takes as a governmental technique, and stresses their very different implications for those who are governed. It focuses on governmental plans and programmes. Within this framework it is argued that the relevant hazards may be unilaterally and centrally defined by those holding the power. As such hazards and therefore risk can be instrumentalized by governments pursuing objectives (hidden agendas) not pertaining to risk per se. Within coastal context, climate change may thus be framed as an opportunity for governments to regain control of coastal areas.

Combining these various theoretical and empirical approaches, Renn and Rohrman (2000) and Renn (2008) have been proposing an integrative model of risk perception (Fig. 1).

This model acknowledges the fact that risk perceptions are influenced both by collective influences and the personal manifestation of these influences. Furthermore this model acknowledges the fact that

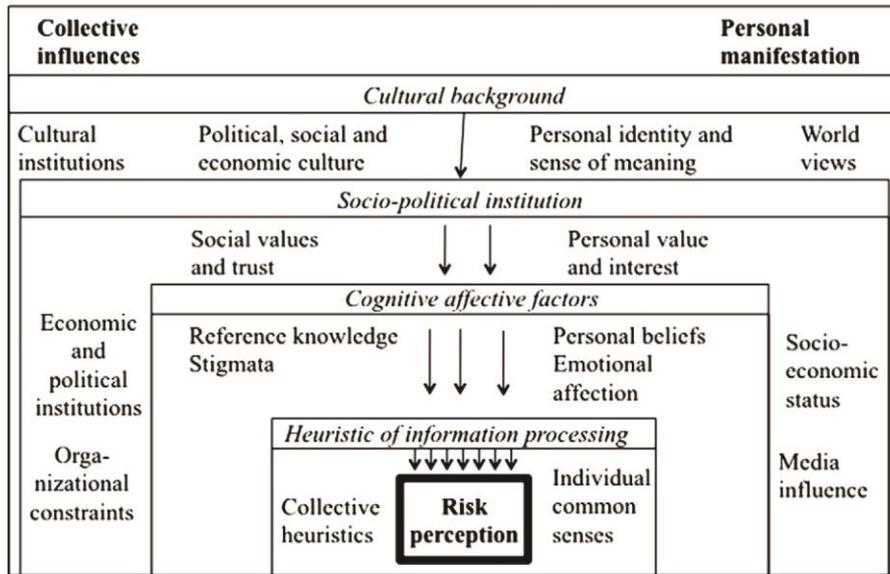


Fig. 1. Renn's (2008) integrative model for risk perception.

these influences belong to the cultural sphere, to the socio-political arenas, to cognitive affective factors and to heuristic and information processing (Renn, 2008).

These determinants lead through their integration to claim by risk stakeholder dealing with (1) what is good, tolerable, and/or acceptable, (2) what matters to society, what are the important phenomena that should receive our attention and, (3) causal linkages. Stakeholders' discourse is thus embedded in a "Claims triangle" (Fig. 2). Accessing the relative importance of the claim categories, and qualifying the content of these claims, gives an access to the determinants of perceptions.

This integrative framework, combined with the elements given above on psychometrics, cultural theory, social amplification and governmentality will be used here after to develop an understanding of the way stakeholder perceive engineering-based coastal risk mitigation options.

2.2. Engineering-based mitigation options: an ad hoc THESEUS-centred and SPRC-based typology

In order to establish what an "engineering-based coastal risk mitigation option" is, we have chosen to focus on the observations and developments made within the THESEUS project (Zanuttigh, 2011; Zanuttigh et al., in this volume). We used the project's official deliverables (Burcharth, 2012; Nicholls, 2011; Vanderlinden, 2012) in order to identify and typify these options. We then identify their rationale for intervention within the Source Pathway Receptor Consequences (SPRC) framework as applied within the THESEUS project (Narayan et al., in this volume). It must be stressed here that the SPRC framework corresponds to a simplified representation of the coastal system that is particularly powerful when envisioning the choice of an engineering-based risk mitigation option. Yet this simplification somehow erases the complex nature of the coastal system; this is not necessarily neutral (Kane et al., 2014-in this volume).

Table 1 presents the types of engineered mitigation options that we identified, as social scientists analysing perceptions, examples of these, and key features in a SPRC framework.

2.3. The question at hand revisited and working hypothesis

In the light of Sections 2.1 and 2.2 above we can refine our general question: "what are the drivers of stakeholders' perceptions when envisioning coastal risk and engineering-based mitigation options?"

First, we need to ascertain whether the mitigation options raise value-laden issues, this in line with the "cultural theory" and with the normative claims of Renn's (2008) integrative framework. This leads to a first working hypothesis: "Engineering-based mitigation options generate normative claims in stakeholders' discourses and these normative claims play a role in the definition of stakeholders' attitudes toward the risk mitigation options".

Second, we need to ascertain whether the mitigation option raises pertinence issues (i.e. are the assets protected well chosen), this coherently with the psychometric framework and the integrative framework. This leads to a second working hypothesis: "Engineering-based coastal risk mitigation options generate pertinence claims in stakeholders' discourses and these pertinence claims play a role in the definition of stakeholders' attitudes toward the risk mitigation options".

Third, associated with the governmentality theory, social amplification theory and with the integrative framework, we need to explore whether the causal chains that are mobilized in the design and choice of engineering-based risk mitigation options are congruent with the way stakeholders understand and describe, explicitly or implicitly the functioning of the coastal system. This leads to our third working hypothesis: "Engineering-based coastal risk mitigation options generate

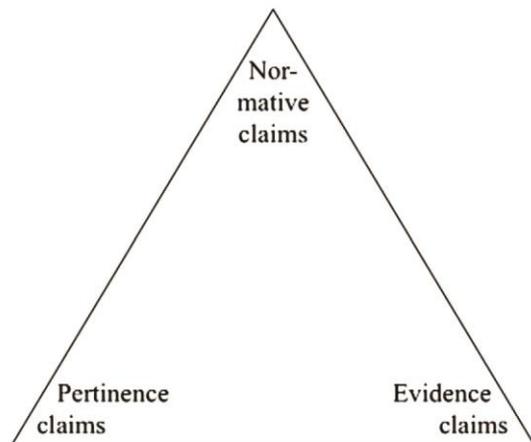


Fig. 2. Claims triangle, stakeholders' discourse on risk will contain an intertwined mix of normative, pertinence and evidence claims, the analysis of which gives insight on the determinants of risk perception.

**Table 1**  
Engineering-based coastal risk mitigation options identified in the course of the THESEUS project.

Within SPRC	Type of intervention	Example
"Early" on the pathway, reduce energy	Submerged structure Floating structure Floating structure with energy converter	Submerged bar, submerged dykes, vegetation Floating breakwaters Wave dragon, Sea breath, Blow Jet, DEXA
Either pathway, or receptor. On the pathway, interrupting the SPRC causal chain.	Immerged breakwater Nourishment Dikes Artificial dunes Temporary barriers	Rubble mound, Groynes, Maintaining beaches for their recreational value, Maintaining coastlines Nourished sand spit Flood gates (Vinci gates)
Modifying the state of the receptor in order to limit consequences	Flood proof buildings Warning systems Evacuation software Active drainage systems	Floating structures, Raised floors. Phone relay, Sensors Pumps

evidence claims in stakeholders' discourses and these *evidence claims* play a role in the definition of stakeholders' attitudes toward the risk mitigation options".

### 3. Material and methods

In order to conduct our analysis we used a corpus consisting of transcribed semi directed interviews with coastal risk stakeholders. This corpus consists of 32 transcribed semi directed interviews in three European locations with very different coastal risk settings: the Gironde estuary, France (9 interviews), Santander, Spain (12 interviews) and Cesenatico, Italy (11 interviews). The interview framework was built around an aerial photograph of the site, the identification of areas at risk of flooding or erosion, and the discussion of current or envisioned challenge for risk and risk mitigation. This corpus was chosen as a proxy to local stakeholders individual and collective representations. The average duration of interviews amounted to 50 min (minimum of 17 min, maximum of 73 min). Transcriptions averaged 1812 words (minimum of 882 words, maximum of 3089 words). The sample size has been defined by saturation: constant comparisons are made between the developing theory and the raw data until no new findings or views emerge regarding a concept or category. The sampling was designed in order to capture a high variety of differing experiences in relation with the coastal site under scrutiny. The key characteristics of the interviewees' sample may be found in Kane et al. (2014-in this volume).

The data analysis was conducted using iterative-grounded theory. Grounded theory is a systematic methodology in social science involving the discovery of theory through the analysis of (essentially) qualitative data (Strauss and Corbin, 1997; Charmaz, 2006; McCreddie and Payne, 2010). Iterative-grounded theory consists of using a general conceptual framework to conduct a thematic analysis, this order to build a bottom theorization in close relation with an existing framework. The existing conceptual frameworks that were chosen are Renn's integrative framework for risk perceptions, mitigation option typology, and SPRC, all presented above.

The 32 interviews were thus first coded using:

- pre-set categories pertaining to Renn's conceptual model: "relevance claims" identifying quotes where the interviewee states what is a phenomenon worth attention; "evidence claims", identifying quotes where the interviewee establishes causal linkages related to coastal flooding and; "normative claims", identifying quotes where the interviewee states what is good, acceptable and tolerable regarding coastal flooding risk management options;
- pre-set categories pertaining to engineering-based risk mitigation options: these categories corresponds to the "type of interventions" listed in Table 1 above;
- pre-set categories pertaining to mitigation options within the SPRC framework: "source", "pathway", "receptor" and "consequences".

The choice of these thematic categories had been guided: (a) by the need to acknowledge the evaluative dimension of our research

question, evaluation captured within the stakeholders' discourse through the various claim categories; (b) by the need to see how clearly defined mitigation options (intervention types) were contextualized (SPRC). The choice of these initial coding themes allowed for the identification of emerging themes directly connected to our research question.

In the course of the coding it appeared that interviewee did put an emphasis on issues associated with governance and cross scale linkages. These concepts were very much present when engineering-based mitigation options were assessed through the various claim categories. As such they connected in the stakeholders discourse mitigation option and their assessment. The following thematic categories were thus considered as emerging categories in the course of the analysis:

- "governance", identifying quotes where the interviewee states that governance plays a role in risk management and;
- "interlinkages" identifying quotes where the interviewee states the questions of cross scale linkages play a role in flood and erosion risk management.

The association of the various themes was explored in site-specific corpus separately, and then across corpuses.

### 4. Results and discussions

In our corpuses stakeholders did express themselves about engineered solutions. Dykes, drainage systems, breakwater, warning systems, nourishment, floodgates and artificial dunes were all mentioned and contextualized. As mitigation options, within a SPRC worldview, these are not contested. Yet interviewees do express reservations in terms of their implementation, this in the light of their experience. We present these reservations along issues of norms, relevance and evidence.

On the normative front, we see one main issue emerging from the stakeholders discourse. The issue of the redistributive effect of dykes, breakwaters and nourishment is often stressed as an important weakness of these options. In the case of dykes along estuaries, most stakeholders express the fact that dykes, while protecting pre-identified assets, displace the flood elsewhere. They see dykes as a mean to sacrifice areas less close to the interest of politicians. Farmers are sacrificed in the favour of city dwellers. SMEs are sacrificed in favour of large industries. This leads to distrust of dykes and more generally toward mitigation options that displace the risk spatially. Dykes are thus framed as instruments of power and while their performance is somehow recognized, their legitimacy is strongly criticized. Breakwaters, and to a lesser extent nourishment, particularly in areas of high beach usage, is seen as having the potential to redistribute erosion by modifying sediment transfers. Some stakeholders see beach nourishment as a transfer of ecological wealth if sand is brought from productive ecosystems. Finally, in one instance, the issue of ownership of protection structures, and the associated burden of taking care of the structure, was raised as a hidden way of further impoverishing those at risk.

In terms of relevance, stakeholders raised the issue of costs and benefits. The issue raised was that of the difficulty of scaling correctly the cost and benefits. They saw dykes, breakwaters, and floodgates as major investments well beyond the value of what is directly protected. This leads to stakeholders expressing that areas protected by dykes are clearly “overprotected”, thus contesting the pertinence of the option. When explaining this perceived non-pertinence, stakeholders expressed that these choices were governed by nested multi scale economic and political interest leading to choices that seemed not attuned to reality.

Evidence claims were the richest part of the corpus when focusing on engineering-based coastal risk mitigation options. This emerged rather paradoxically as these corpuses, when analysed in more general terms, are clearly dominated by normative claims (see Kane et al., 2014 in this volume). Evidence claims associated with engineering-based mitigation options dealt primarily with governance (or more precisely lack thereof) leading to failures of the options implemented. From dykes left in disrepair, to poorly planned nourishments, or poorly stabilized artificial sand dunes, stakeholders expressed that what mattered was the ability to take care of the mitigation option, not the choice of the option itself. A second type of evidence claim was found in the corpus. These dealt with the importance of seeing the coastal system as a collection of nested, strongly interlinked, subsystems. Stakeholders expressed that dykes, breakwaters, nourished beaches, and artificial dunes faced the influence of distant factors and were influencing other systems. Yet stakeholders expressed that these mitigation options did not seem to take these influences into account in their design. Stakeholders attributed this to a lack of higher order coordination, as a misplaced implementation of subsidiarity. Again stakeholders pointed to a governance deficit. Finally, and this very much in the light of climate change, stakeholders felt that the calibration of engineering-based solutions, was questionable.

If we revisit our working hypotheses in the light of these results, we can safely argue that norms, pertinence, and evidence do influence stakeholders' attitudes toward engineering-based coastal risk mitigation option. Yet this attitude is closely associated with the issue of governance, as the ability to engage into coordinated action, and is thus more broadly defined. What appears is that mitigation, as a technique, cannot, for those affected, be disconnected from the route taken to conduct collective choices. This result seems to point to something more fundamental. Engineering-based mitigation options are clearly efficient when framed in a SPRC worldview, where causal chains are clearly established. Yet stakeholders, when questioning these mitigation options, are talking about boundary conditions – conditions at the boundary of the system or outside these boundaries – (such as externally defined efficient governance), about interconnectedness (distant influence, nested system) and values. It seems therefore that the interviewees displace the discourse within a complex system paradigm, a paradigm where causality is difficult, impossible often, to establish, a paradigm where the future is irreducibly uncertain.

## 5. Conclusion

In this paper we have analysed how the attitudes of stakeholders toward engineering-based mitigation options was defined. Through an empirical analysis, involving of corpuses generated through interviews in three different settings we showed that norms, pertinence and evidence influence stakeholders' perceptions of engineering-based coastal risk mitigation options. Furthermore we demonstrated that stakeholders, when envisioning coastal risk mitigation position themselves within a complex system paradigm. The central result points to the need for engineering-based coastal risk mitigation options to be developed with strong multiscale governance mechanisms in place. Without

this condition, stakeholders point to weaknesses that cannot be corrected by envisioning the “technique” alone.

These results, while enlightening, call for further developments. First, coastal risk mitigation is a field rich with innovation. Yet our corpus deals only with well-known mitigation options. The real world development of innovative measures should ideally be accompanied with perception and governance analysis in order to guarantee a complete assessment of the option's value for those affected. Second, our framework could and should be refined by testing it, and the associated results in other settings.

## 6. Acknowledgement

The support of the European Commission through FP7.2009-1, Contract 244104 – THESEUS (“Innovative technologies for safer European coasts in a changing climate”), is gratefully acknowledged.

## References

- Burby, R.J., 2006. Hurricane Katrina and the paradoxes of government disaster policy: bringing about wise governmental decisions for hazardous areas. *Ann. Am. Acad. Polit. Soc. Sci.* 604 (1), 171–191.
- Burcharth, H. (Ed.), 2012. Integrated Report on Design of Innovative Coastal Structures and Best Practices for Coastal Defence. Results From Numerical, Experimental and Prototype Testing. THESEUS Project Official Deliverable OD 2.7.
- Charmaz, K., 2006. *Constructing Grounded Theory: A Practical Guide Through Qualitative Analysis*. Sage Publications, Thousand Oaks.
- Douglas, M., Wildavsky, A.B., 1982. *Risk and Culture: An Essay on the Selection of Technical and Environmental Dangers*. University of California Press, Berkeley (224 pp.).
- Eisenman, D.P., Cordasco, K.M., Asch, S., Golden, J.F., Glik, D., 2007. Disaster planning and risk communication with vulnerable communities: lessons from hurricane Katrina. *Am. J. Public Health* 97 (supplement\_1), s109–s115.
- Fischhoff, B., Slovic, P., Lichtenstein, S., Read, S., Combs, B., 1978. How safe is safe enough? A psychometric study of attitudes towards technological risks and benefits. *Policy. Sci.* 9, 127–152.
- Foucault, M., 2004. *Sécurité, territoire, population: Cours au Collège de France (1977–1978)*. Seuil, Paris (435 pp.).
- Kahan, D.M., Peters, E., Wittlin, M., Slovic, P., Larrimore Ouellette, L., Braman, D., Mandel, G., 2012. The polarizing impact of science literacy and numeracy on perceived climate change risks. *Nat. Clim. Chang.* 2, 732–735.
- Kane, I.O., Vanderlinden, J.-P., Baztan, J., Touili, N., 2014. Communicating risk through DSS design: vulnerability, resilience and the design of DSS's cognitive pathways. *Coast. Eng.* 87, 240–248 (in this volume).
- Kasperson, R.E., Renn, O., Slovic, P., Brown, H.S., Emel, J., Goble, R., et al., 1988. The social amplification of risk: a conceptual framework. *Risk Anal.* 8, 177–187.
- McCreaddie, M., Payne, S., 2010. Evolving grounded theory methodology: towards a discursive approach. *Int. J. Nurs. Stud.* 47, 781–793.
- Narayan, S., Nicholls, R., Hanson, S., Clarke, D., Reeve, D., Simmonds, D., Hoggart, S., 2014. A modelling framework for rapid quantitative assessments of dynamic coastal flood-plain systems. *Coast. Eng.* (in this volume, Under submission).
- Nicholls, R. (Ed.), 2011. Integrated Report on Risk Assessment in the Study Sites. THESEUS Project Official Deliverable OD 1.15.
- Renn, O., 2008. *Risk Governance: Coping with Uncertainty in a Complex World*. Earthscan, London (455 pp.).
- Renn, O., Rohrman, B., 2000. *Cross-cultural Risk Perception: A Survey of Empirical Studies*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht (245 pp.).
- Schneider, S.K., 2005. Administrative breakdowns in the governmental response to hurricane Katrina. *Public Adm. Rev.* 65, 515–516.
- Sjoberg, L., 2000. Factors in risk perception. *Risk Anal.* 20, 1–11.
- Slovic, P., 1992. Perception of risk: reflections on the psychometric paradigm. In: Krinsky, S., Golding, D. (Eds.), *Social Theories of Risk*. Praeger, Westport, CT, pp. 117–152.
- Slovic, P., Fischhoff, B., Lichtenstein, S., 1984. Behavioral decision theory perspectives on risk and safety. *Acta Psychol.* 56, 183–203.
- Strauss, A.L., Corbin, J., 1997. *Grounded Theory in Practice*. Sage Publications, Thousand Oaks (280 pp.).
- Vanderlinden, J.-P. (Ed.), 2012. Structured Portfolio of Tested Operational Innovative Tools and Protocols for Policy and Management Purposes of Coastal Flooding Risks. THESEUS Project Official Deliverable OD 2.8.
- Zanuttigh, B., 2011. Coastal flood protection: what perspective in a changing climate? The THESEUS approach. *Environ. Sci. Pol.* 14, 845–863.
- Zanuttigh, B., Zagonari, F., Bagli, S., Pescaroli, G., Bozzeda, F., Nicholls, R., Hoggart, S., Vanderlinden, J.-P., 2014. Theseus decision support system for coastal risk management. *Coast. Eng.* (in this volume, Under submission).

**Article 2: Mesures non structurelles, flexibilité adaptative et gestion du risque : étude de cas des inondations dans l'estuaire de la Gironde (France)**

**Titre : Mesures non structurelles, flexibilité adaptative et gestion du risque :  
étude de cas des inondations dans l'estuaire de la Gironde (France)**

**Sommaire**

Résumé.....	78
Abstract.....	78
<i>Introduction</i> .....	80
<i>Concepts théoriques et contexte</i> .....	81
<i>Un passage des mesures structurelles aux mesures non structurelles</i> .....	81
<i>Dynamique des mesures en France</i> .....	83
<i>Méthode</i> .....	85
<i>Résultats et analyse</i> .....	90
L'aménagement de l'espace combiné aux mesures structurelles .....	90
Les mesures de la gestion de crise .....	93
Les mesures de reprise post-crise.....	95
Discussion .....	98
Changements climatiques et flexibilité des mesures.....	100
Changements climatiques et comportements individuels .....	100
Changements climatiques et échelles multiples.....	101
Changements climatiques et équité .....	102
Conclusion .....	103
Bibliographie .....	104

Date de proposition : **11/09/2015**

**Titre :** Mesures non structurelles, flexibilité adaptative et gestion du risque : étude de cas des inondations dans l'estuaire de la Gironde (France)

### **Résumé**

Les approches actuelles associent mesures structurelles et non structurelles face aux risques d'inondation. Les mesures non structurelles sont, dans un contexte d'adaptation au changement climatique, associées à l'avantage d'être flexibles, révisables chemin faisant. Or, leur déploiement en Gironde depuis l'évènement Xynthia et leur association aux mesures structurelles pré-existantes soulève certaines interrogations. Perçues autrefois comme des mesures auxiliaires à la gestion structurelle, les mesures non structurelles dominent les pratiques de la gestion actuelle des zones à risques face aux inondations. Cet article montre que la transition d'une gestion structurelle vers une combinaison de mesures structurelles et non structurelles se fait au détriment de la flexibilité de ces dernières. Nous analysons la combinaison actuelle entre ces deux types de mesures à la lumière des incertitudes futures liées aux changements climatiques.

**Mots clés :** Transition, Mesures non structurelles, Risque inondation, Adaptation, Changements climatiques

**Titre en Anglais:** Non-structural climate risk mitigation measures, adaptation and flexibility: a case study of the Gironde estuary (France).

### **Abstract**

Flood risk management approaches have shifted toward the combination of both structural and non-structural mitigation measures. Non-structural measures, previously perceived as complement to structural measures, appear today prominent and, especially, playing a lead role in flood risk management. In the context of climate changes, the use of non-structural measures gives the main advantage of adaptability; they may be changed along the way. However, the transition to non-structural measures in the Gironde estuary raises some issues when it comes to their flexibility while implemented in combination with the existing structural measures. This paper analyses this combination in regard of the future uncertainties related to climate changes.

**Key words:** Transition, Non-structural measures, Flood risk, Adaptation, Climate change

### **Auteurs**

Nabil Touili<sup>a</sup>, Jean-Paul Vandelrinden<sup>b</sup>

<sup>a,b</sup> Laboratoire CEARC (Cultures, Environnements, Arctique, Représentations, Climat), OVSQ (Observatoire de Versailles St-Quentin-en-Yvelines), Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines, 11 Boulevard d'Alembert, 78280 Guyancourt, France.

<sup>a</sup> Ingénieur Agronome en ingénierie du territoire, Nabil Touili est également titulaire d'un Master en médiation des connaissances environnementales. Les travaux présentés ici s'inscrivent dans le cadre de la réalisation de sa Thèse doctorale en aménagement du territoire. Les travaux de recherche de Nabil Touili portent sur l'articulation sociale des risques sociotechniques émergeant, avec un accent sur les risques associés aux changements

climatiques. Les auteurs remercient Juan Baztan et Idrissa Oumar Kane pour leur relecture et appui. Toute erreur ou omission demeure de la responsabilité des auteurs. L'auteur remercie la commission européenne pour son soutien dans le cadre du 7PCRD (2009-1), Contrat 244104 - THESEUS ("Innovative technologies for safer European coasts in a changing climate").

## Introduction

Cet article porte sur la gestion des risques d'inondation au niveau de l'estuaire de la Gironde, soumis à la conjugaison de hautes marées, des ondes de tempête, et de crues fluviales. Une attention particulière est accordée au déploiement, important depuis les années 2000, des mesures non structurelles dans la gestion actuelle des risques. Cet article analyse la combinaison entre mesures structurelles et non structurelles dans la gestion du risque inondation en France, ceci face aux incertitudes liées aux changements climatiques. Nous utilisons pour cela une étude de cas conduite dans l'estuaire de la Gironde.

La gestion des risques d'inondation s'articule aujourd'hui autour d'une combinaison de mesures structurelles et non structurelles. La gestion des risques d'inondation a été historiquement focalisée sur le contrôle de l'aléa via des mesures physiques de protection, telle la mise en œuvre de digues, dites « mesures structurelles » (Veyret et Reghezza, 2005). Aujourd'hui, les approches intègrent de façon croissante des mesures non structurelles telles que les services de prévision, les systèmes d'alerte, l'aménagement du territoire ou l'assurance (Tapsell, 2009). Il s'agit d'un tournant qui a été entamé au début du 21<sup>ème</sup> siècle (Cutter et al. 2000) et qui s'est diffusé fortement en Europe suite à la directive cadre sur les inondations de 2007 (Reghezza-Zitt, 2015). Autrefois perçues comme des mesures auxiliaires à une gestion structurelle indispensable (Bruk, 2002), ces mesures non structurelles jouent désormais un rôle de plus en plus important. Cette tendance s'est accentuée avec la prise en compte des risques associés au changement climatique (Nicholls et al. 2007a<sup>17</sup>, Vanderlinden et al. 2015, Touili et al. 2015).

Ce virage vers plus de « non-structurel » a également pu être observé en France. La combinaison de mesures structurelles (physiques) et non structurelles n'est pas nouvelle en soi. Néanmoins, le déploiement des mesures non structurelles s'est accéléré. Les zones à risques, jadis, identifiables essentiellement par l'existence de mesures physiques de protection, sont à présent reconnues plutôt par l'application de mesures non structurelles telles que les Plans de Prévention des Risques d'Inondations (PPRI)<sup>18</sup> ou les Plans Communaux de Sauvegarde (PCS).

La recherche, dont les résultats sont présentés ici, s'inscrit donc dans ce contexte d'intégration croissante des mesures structurelles et non-structurelles. Deux questions se posent dans un tel contexte : (a) quelles sont les modalités de mise en œuvre de cette

---

<sup>17</sup> Cité par Dawson, R. J., Dickson, M. E., Nicholls, R. J., Hall, J. W., Walkden, M. J., Stansby, P. K., et al. (2009), Integrated analysis of risks of coastal flooding and cliff erosion under scenarios of long term change. *Climatic Change*, 95(1-2), pp249-288.

<sup>18</sup> Les PPRI sont des documents de servitude d'utilité publique annexés aux plans locaux d'urbanisme

hybridité croissante, et ; (b) quelle en est la réception par les acteurs locaux ? Les réponses à ces questions nous permettent de confronter le corpus théorique existant, portant sur les mesures non-structurelles, avec la pratique de ces mesures telle qu'elles se déploient aujourd'hui. Nous utilisons une étude de cas, celle de l'estuaire de la Gironde.

Cet article est structuré en quatre parties. La première partie est consacrée au cadre conceptuel. Cette partie présente les atouts théoriques des mesures structurelles et non structurelles, tels qu'identifiés dans la littérature. Cette partie énumère, ensuite, l'ensemble de ces mesures associées à la gestion des risques inondation en France. La deuxième partie porte sur la description de la méthodologie adoptée pour la collecte et l'analyse des données du terrain. La troisième partie est réservée à l'analyse des résultats. Cette section, centrale pour nos développements, vise à analyser l'articulation entre les mesures physiques ou structurelles et non structurelles dans la gestion des risques d'inondation. L'analyse de résultats est, ainsi, scindée en trois sous parties selon qu'il s'agit de mesures associées à la prévention, à la gestion de la crise ou à la reprise post-crise. La quatrième partie de ce travail présente une discussion autour de la combinaison entre le structurel et le non structurel, notamment en matière de flexibilité, de comportements individuels, d'échelles multiples et d'équité face aux changements climatiques.

## **Concepts théoriques et contexte**

### **Un passage des mesures structurelles aux mesures non structurelles**

Face aux risques d'inondations, la gestion des risques a d'abord été focalisée sur des mesures physiques de protection dimensionnées pour un niveau d'aléa considéré comme prévisible (Harries et Penning-Rowsell, 2011 ; Dauphiné et Provitolo, 2007). Ces mesures physiques de protection, appelées également « mesures structurelles », regroupent tout ouvrage technique qui relève du génie civil et qui vise à influencer les conditions d'écoulement des eaux (Scarwell et Laganier, 2004). Le recours, d'abord, aux mesures physiques traduit des stratégies de contrôle des aléas d'inondations (Merz et *al.* 2010) dans le cadre d'une gestion purement structurelle. Cette gestion, initialement fondée sur l'usage dominant des digues et levées de terre, a progressivement inclus des mesures supplémentaires, toujours physiques, telles que barrages, drains ou canaux d'évacuation (Rasid et Haider, 2002).

Aujourd'hui, la gestion structurelle s'illustre par l'usage de digues, de levées de terre, de barrages, de brise-lames mais également par des mesures de contrôle hydrauliques (Vinet,

2007) telles que les champs d'expansion des crues<sup>19</sup>. Toutefois, la haute technicité requise pour le déploiement de ces mesures physiques exige des investissements financiers conséquents (Blaikie et *al.*, 2014) ainsi que la possibilité d'effectuer un dimensionnement qui suppose quant à lui une distribution statistique connue pour les aléas. Dès lors, les interventions structurelles sont plutôt destinées à contrôler les inondations là où elles sont d'ores et déjà avérées et documentées de façon robuste (Miguez, 2010). Par le biais des mesures physiques, la gestion structurelle incarne des approches de résistance qui focalise la gestion des risques sur des espaces historiquement concernés par les aléas. Ces approches structurelles visent principalement la protection des biens et des personnes contre les inondations (Alexander, 2013).

Les limites inhérentes aux ouvrages physiques (coûts, technicité et surtout manque de flexibilité) et leur remise en cause tant par la société civile, que par l'Etat ou la communauté scientifique (Touili et al. 2014, Kane et al 2014) ont encouragé l'essor de mesures législatives et réglementaires (de Richemond et Reghezza, 2010), dites « mesures non structurelles ». Si l'on considère les incertitudes irréductibles liées au risque climatique (Dessai et van der Sluijs, 2007), les mesures non structurelles présentent des atouts majeurs pour l'adaptation au changement climatique (Vanderlinden et *al.*, 2015). Les mesures non structurelles intègrent la possibilité d'ajuster l'activité humaine afin de réduire le risque d'inondation (James, 1975). Elles visent essentiellement à atténuer les conséquences, via, par exemple, une réduction de l'exposition, ou par la compensation. Les fortes probabilités de hausse des fréquences et des intensités des événements climatiques mais aussi de celles des événements imprévus et/ou extrêmes incitent au renforcement de la gestion non structurelle. En effet, la gestion des risques prévoit une hausse inédite des impacts des aléas d'inondations aux prochaines décennies (Zevenbergen et *al.*, 2010) accompagnée d'une distribution géographiquement aléatoire de ces aléas (Verboom et *al.*, 2010). Ces changements demanderont flexibilité, adaptabilité, afin de faire face, efficacement, à l'inconnu.

Les plans d'aménagement, les règlements, les codes d'urbanisme ou les normes de construction sont tous des mesures non structurelles de réduction des risques. Ces mesures permettent d'éviter les dommages/pertes et/ou de les réduire en cas de d'évènements imprévus ou en cas de défaillance des ouvrages physiques en place. Comme alternatives, parfois, moins coûteuses, aux mesures physiques (Poussin et *al.*, 2012), les mesures non

---

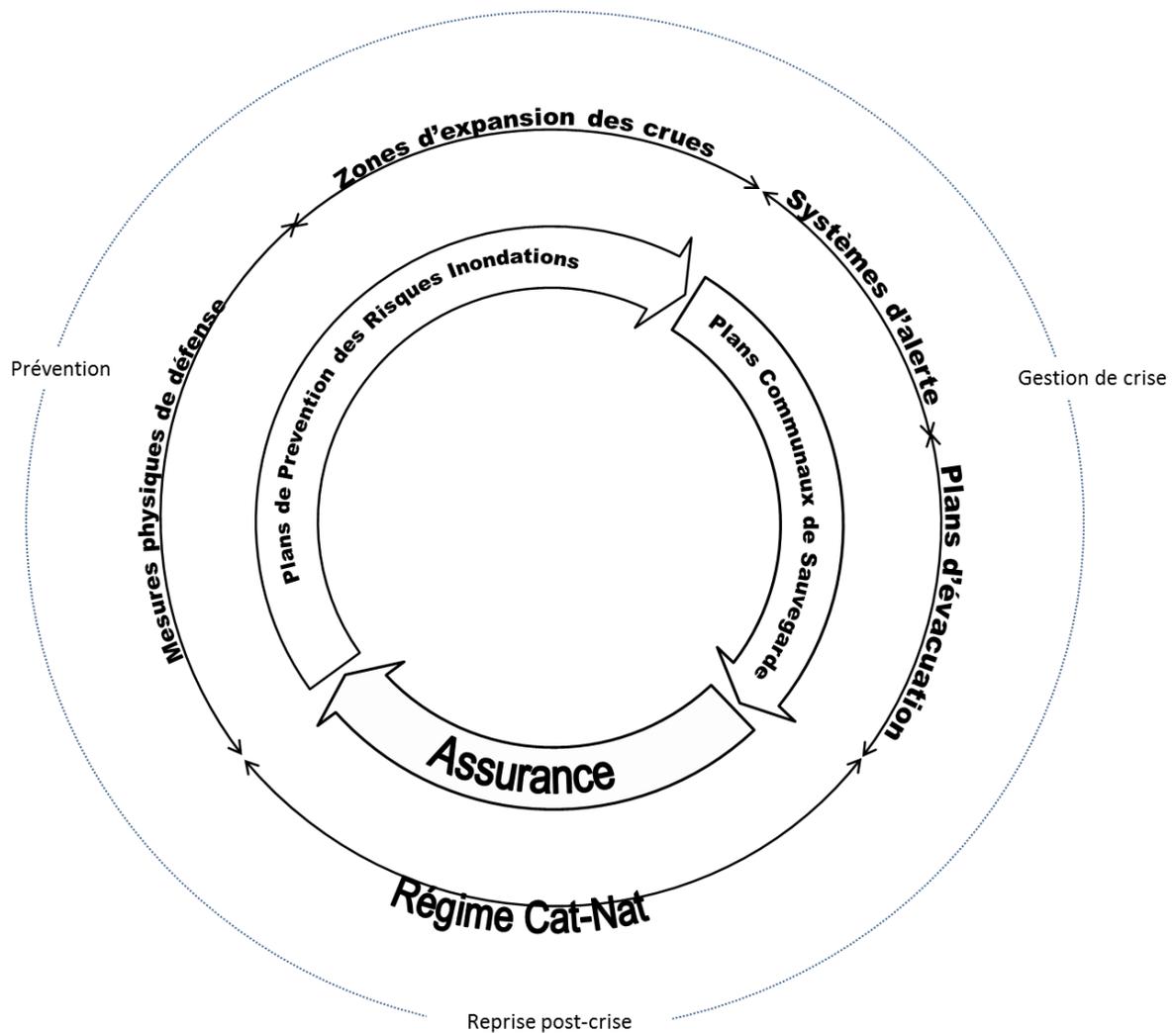
<sup>19</sup> Des espaces dédiés volontairement aux débordements naturels des eaux, en périodes de crues, et qui correspondent à des secteurs peu aménagés et non ou peu urbanisés.

structurelles s'avèrent aussi plus pertinentes pour prévoir des scénarios futurs dans la gestion des risques (Miguez, 2010). En matière de prévention, l'usage des mesures non structurelles intègre davantage les incertitudes sur les prévisions. La focalisation n'est donc plus nécessairement centrée sur des espaces historiquement concernés par les inondations. Les mesures non structurelles peuvent être appliquées sur des échelles plus larges et, aussi, être adaptées en fonction de l'évolution des risques. La flexibilité des plans de prévention offre une meilleure adaptabilité, notamment face au manque de connaissances scientifiques précises sur l'évolution des risques eu égard du changement climatique.

En outre, la prévention, à elle seule, ne permet pas toujours d'éviter les impacts des aléas des inondations (Dewi, 2007). Le recours à la gestion non structurelle relève, donc, autant de l'impératif que de l'alternatif. En effet, la gestion des risques dispose des mesures non-structurelles suivantes : des systèmes d'alerte et des plans d'évacuation, pour gérer la crise et de l'assurance, pour faciliter la reprise post-crise. Les efforts de gestion des risques ne reposent plus uniquement sur la prévention, mais également sur la gestion de crise et la reprise post-crise.

### **Dynamique des mesures en France**

Pendant des décennies, la gestion du risque d'inondation en France a fait des ouvrages de protection son fer de lance (de Richemond et Reghezza, 2010). C'est à la fin du siècle dernier que le virage vers les mesures non structurelles apparaît (Pottier, 1998). Aujourd'hui, la gestion des risques s'appuie sur des mesures à la fois structurelles et non structurelles (**Figure 1**). En plus des digues, comme la principale mesure physique, la gestion des risques d'inondation s'est, en effet, tournée vers des mesures non structurelles en matière de prévention, de gestion de crise et de reprise post-crise. L'intégration des mesures non structurelles retient, en particulier, trois dates clés. En matière de prévention, la loi Barnier, du 2 février 1995, a accentué le contrôle de l'urbanisation en zones à risques via des plans d'aménagement du territoire (Beucher et Rode, 2009). Cette loi annonce le recours à des Plans de Prévention des Risques Inondation (PPRI) au lieu des Plans d'Exposition aux Risques (Tricot et Labussière, 2009). Le PPRI y est défini comme un document réglementaire qui délimite les zones exposées aux risques encadrées par des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde des personnes.



**Figure 1:** Les mesures structurelles et non structurelles déployées en termes de prévention, de gestion de crise et de reprise post-crise

En outre, et devant l'impossibilité d'éliminer les risques par des mesures physiques de protection (Pigeon, 2007), la loi de 2004 sur la modernisation de la sécurité civile, a prévu des plans de préparation à l'occurrence de l'aléa. Il s'agit des Plans Communaux de Sauvegarde (PCS) pour la gestion de crise. Ce sont des documents de planification opérationnelle et d'organisation de la protection propre à la gestion de crise (Gralepois, 2010) pour assurer l'alerte, l'information, la protection et le soutien des populations concernées par l'occurrence de l'aléa (Lozachmeur, 2007). Quant à la reprise post-crise, la loi du 13 juillet en 1982 avait déjà instauré un régime d'indemnisation des victimes des catastrophes naturelles dit régime « cat-nat ». L'assurance, dont le rôle principal est la compensation des dommages, est censée jouer un rôle important dans la prévention à travers des incitations à réduire ces dommages éventuels chez les assurés (Paudel et al., 2015).

En somme, la gestion actuelle des risques associe des mesures physiques, notamment des digues et des champs d'expansion des crues avec des mesures non structurelles, notamment, des PPRI, des PCS ainsi que le régime d'assurance cat-nat que nous n'analysons pas ici. Le recours aux champs d'expansion des crues est plutôt associé à l'application récente des mesures non structurelles, en l'occurrence des PPRI. La directive européenne de 2007 encourage la création de champs d'expansion des crues en parallèle avec l'application ad-hoc de mesures non structurelles (Di Baldassare *et al.*, 2009).

Il semble donc, qu'en France, il ait été possible, depuis maintenant près de vingt ans, de combiner les mesures structurelles et les mesures non structurelles d'une façon relativement unique. À la lumière de ces éléments et en prévisions des adaptations à venir pour faire face aux changements climatiques, il semble fondamental d'aller à la rencontre des acteurs de la gestion du risque inondation afin d'investiguer leurs perceptions quant aux qualités de l'équilibre entre structurel et non-structurel. Dorénavant, c'est le PPRI qui est considéré comme la pierre angulaire de la gestion des inondations en France (de Richemond et Reghezza, 2010). Ce changement de paradigme a fait basculer la gestion des risques d'une gestion purement structurelle vers une combinaison de mesures structurelles et non structurelles.

### **Méthode**

Afin de capter les avis des acteurs de la gestion des risques d'inondation en Gironde, nous avons privilégié une approche qualitative, par théorisation ancrée. L'intérêt de cette approche inductive, est de nous permettre une posture exploratoire, face à une question essentiellement liée aux expériences individuelles. La théorisation ancrée est une approche qualitative développée à l'origine par Glaser et Strauss (1967). Cette approche méthodologique, qui consiste à développer un objet théorique à partir d'une variété de données qualitatives, est utilisée actuellement dans des champs aussi variés que l'aménagement du territoire (Heacock et Hollander, 2011), la santé (McCreddie et Payne, 2010), l'analyse des organisations (Martin et Turner 1986), l'éthique appliquée (Charmaz, 2006), la psychologie (Fassinger, 2005). La théorisation ancrée a été utilisée pour l'analyse de la gouvernance des risques (Touili *et al.*, 2014) et pour l'analyse des tensions paradigmatiques en zones côtières (Kane *et al.*, 2014). «La théorisation ancrée constitue l'une des méthodes privilégiées et compte parmi les plus utilisées en recherche qualitative. Cette méthode a pour but l'élaboration d'une théorie mettant en lumière le processus qui permet aux individus d'attribuer un sens à ce qui leur arrive » (Couture 2003).

Plus précisément, pour conduire un travail de théorisation ancrée, notre recherche sur le terrain a combiné description et abstraction. Cela a impliqué de conduire la collecte des données et l'analyse via des itérations successives, nous avons effectué un aller-retour entre récolte de données et analyse. Cela a impliqué que les différents périodes sur le terrain ont été séparées par des périodes d'analyse, qui ont nourri les modalités d'observation du terrain suivant.

Ainsi, notre liste d'interviewés (Voir **Tableau 1**) est l'aboutissement de trois séquences d'entrevues. Une première session de terrain a permis l'administration d'un cadre d'entretien général destiné à capter le positionnement des acteurs par rapport au risque inondation (voir **Tableau 2**). Une seconde session sur le terrain a mis l'accent sur les acteurs publics de la gestion du risque et leur conception des mesures actuellement utilisées (voir **Tableau 3**). Finalement une troisième session sur le terrain a mis l'accent sur les acteurs privés, les mesures qui les touchent ainsi que les mesures qu'ils utilisent au sein de leur entreprise (voir **Tableau 4**).

Statuts des interviewés	Profils des interviewés		Thématiques dominantes
	Institution	Services/Unité	
Responsables planification/ chefs de projets (7)	DDTM <sup>20</sup>	Nature, Eau & Risques	Planification - Incertitude & Plans de prévention - Processus de concertation/délibération
		Agriculture, Forêt et Développement Rural	
		Risques & Prévention	
	CA33 <sup>21</sup>	Urbanisme et Protection du territoire	
Urbanistes/chargés de missions (7)	Marie de St-louis de Montferrand	Urbanisme	Zonage - Mise en œuvre des plans d'aménagements du territoire
	CUB <sup>22</sup>	Pôle dynamiques urbaines	
	Grand Port Maritime de Bordeaux	Gestion portuaire	Urbanisation - Expérience avec l'alerte et évacuation- Assurance
	DDTM	Mer & littoral	
		Urbanisme/Aménagement	
CETE Sud-Ouest <sup>23</sup>	Risques urbains et industriels		
Chercheurs (1)	IRSTEA <sup>24</sup>		Intégration du climat par les approches de gouvernance

<sup>20</sup>Direction Départementale du Territoire et de la Mer

<sup>21</sup>Chambre d'agriculture de la Gironde

<sup>22</sup>Communauté Urbaine de Bordeaux

<sup>23</sup>Centre d'études Techniques du Sud-ouest

<sup>24</sup>Centre national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture

Entrepreneurs (2)	Raffinement et transport d'hydrocarbures	Transports - Alerte & évacuation - Assurances -
	Fournitures de matériels industriels	Perceptions du risque
Syndicats/Associations (2)	SPIPA <sup>25</sup>	Perceptions du risque - Gestion collective des digues
	Association Claire Aubarèdes	- Expériences avec la gestion locale de crise

**Tableau 1: Profils des acteurs participants à nos entretiens semi-structurés**

Principaux items	
Séquence N°1 d'entrevues	Identification des principaux risques / Questions secondaires associées à la question principale
	Identification des zones qui présentent aujourd'hui des conditions considérablement favorables aux impacts des changements climatiques
	Principal capital exposé et sa nature (humaine ou naturelle)
	Principales parties prenantes concernant la gestion des risques principaux et secondaires
	Prise de position des parties prenantes par rapport aux risques en questions
	Pertinence du risque des inondations côtières et/ou de l'érosion perçus par :
	Des individus membres de la communauté
	Des individus de l'extérieur de la communauté
	Des parties prenantes impliquées dans :
	La gestion de l'inondation
	L'aménagement, urbanisation, tourisme, naturel/aires protégées
	La diffusion de la connaissance
	Mesures de réduction acceptables/désirables
	Mécanismes de défense côtiers existants/options de réduction
Questions d'assurances/Compensation des dommages	
Protections naturelles existantes/planifiées	
Protections d'ingénierie existants/planifiées	
Plan actuel d'évacuation et les pratiques de gestion de l'évacuation/expériences de gestion de crise	
Place actuelle des plans d'urbanisation et d'aménagement de l'espace dans la réduction des risques	
Questions actuelles/plans/ expérience pour faciliter la reprise des activités après inondation	
Questions actuelles/plans/expérience pour faciliter la gestion du traumatisme après-inondation	

**Tableau 2: Questions principales des entretiens semi structurés de la série N°1 d'enquête de terrain**

<sup>25</sup>Syndicat de Protection contre les Inondations de la Presqu'île d'Ambès

Questions principales	
Séquence N°2 d'entrevues	<p><b>Thématique 1: Réflexions sur les concepts et les approches de la gestion des risques</b></p> <p><b>Méta-question 1:</b> Quels sont les concepts et les approches actuelle de la gouvernance des risques ?</p>
	<p><b>Thématique 2: La place des risques d'inondation et d'érosion côtières</b></p> <p><b>Méta-question 2:</b> Les risques d'inondation et d'érosion côtière sont pris en compte au niveau de votre territoire ? comment ?</p>
	<p><b>Thématique 3: Vulnérabilité et aménagement du territoire</b></p> <p><b>Méta-question 1:</b> Y a-t-il des exemples d'engagement d'acteurs dans la réduction des vulnérabilités et comment cet engagement peut –il être renforcé ?</p> <p><b>Méta-question 4:</b> Quels sont les partenaires impliquées dans la planification de l'espace (responsables de planification, urbanistes, professionnels, opérateurs économiques, associations sociales,... etc. ?</p> <p><b>Méta-question 5:</b> Quel est le degré de flexibilité de cette planification à votre avis et quelle est la place accordée à l'incertitude dedans ?</p> <p><b>Méta-question 6:</b> Quelles sont les contraintes ou les barrières auxquelles fait, et/ou ferait, face le processus de planification de l'espace pour l'ensemble des acteurs impliqués ?</p>
	<p><b>Thématique 4: Processus de la planification des risques et opportunités de changements en zones côtières</b></p> <p><b>Méta-question 7:</b> Quel est, ou pourrait être, l'apport de l'analyse des scénarios dans la planification, quelles serait les conséquences en termes de changements au niveau de votre territoire ?</p> <p><b>Méta-question 8:</b> Ya-t-il des exemples de changements, liés à la planification de la gestion des risques, mal acceptés et pourquoi?</p>
	<p><b>Thématique 5: Autres aspects</b></p> <p>Meta-question 9: Quel est le problème majeur lié à la planification de la gestion des risques par l'aménagement du territoire ?</p> <p>Meta-question 10: L'aménagement actuel du territoire incite-t-il à innover en termes de mesures ou en termes d'approches de la gestion des risques ?</p>

**Tableau 3: Questions principales des entretiens semi structurés de la série N°2 d'enquête de terrain**

Questions principales	
Séquence N° 3 d'entretiens	<b>Thématique 1: détails autour de l'activité</b> <b>Méta- question 1</b> : Quelle est la nature de votre activité ? Pourrait-t-elle être affectée par les risques d'inondation et d'érosion côtière, ou d'autres risques éventuels ?
	<b>Thématique 2: expériences passées avec le risque ou des interruptions de votre activité suite à des événements imprévus</b> <b>Méta-question 2</b> : Votre activité a été interrompues/affectée significativement par ces événements ?
	<b>Thématique 3: Les mécanismes derrière l'interruption par les risques d'inondation, ou d'autres risques ?</b> <b>Méta-question 3</b> : Comment votre activité a été affectée, détaillez? Notamment vis à vis des risques d'inondation?
	<b>Thématique 4: interruption d'activité et plans de reprise</b> <b>Méta-question 4a</b> : Avez-vous des plans de réduction des impacts/effets en cas face aux risques encourus? Des plans de reprise économique post-interruption ? <b>Meta question 4b</b> : À quel point ces plans renforce la résilience de votre activité face à ces risques?
	<b>Autres aspects :</b> <b>Méta-question 5</b> : Les risques encourus peuvent être une opportunité au lieu d'être une contrainte pour vous ?

**Tableau 4: Questions principales des entretiens semi structurés de la série N°3 d'enquête de terrain**

L'ensemble des entretiens a été enregistré puis transcrit verbatim avant d'être organisé au sein du logiciel de traitement de données qualitatives « Atlas.ti » (Lewins et Silver, 2007). Le corpus ainsi obtenu a été codifié, également à l'aide d'Atlas.ti. Les corpus individuels l'ont été selon une approche inductive, les corpus entre eux selon une approche comparative. Un codage préliminaire a dégagé des catégories de sens à partir des matériaux bruts récoltés. On a ensuite analysé ces catégories en identifiant leurs propriétés. Nous avons ensuite conceptualisé nos observations en nous reposant sur les relations identifiées entre les catégories. Il s'est donc agi d'explorer les propriétés des concepts et les relations pouvant exister avec d'autres concepts en augmentant progressivement le degré d'abstraction afin de dégager quelques unités de sens centrales porteuses de l'expérience des acteurs en matière de risque inondation.

Notre échantillon est parti d'une première liste préétablie d'informateurs clés, situés au niveau régional, concernés par la planification des risques en Gironde. Cette liste d'interviewés s'est, ensuite, élargie sur des acteurs locaux de différents profils et secteurs d'activités, pour répondre aux questions émergeant des analyses itératives (**Tableau 1**). Nous

avons réalisé un total de dix-neuf interviews semi structurées (durée maximale de 88 minutes, durée moyenne de 47 minutes, durée minimale de 34 minutes).

Le codage de données à l'aide du logiciel « atlas.ti » a consisté à attribuer des codes, sous formes de rubriques, pour identifier des données relatives aux mesures associées à la gestion des risques. Ce codage a permis d'identifier des données relatives à des mesures structurelles et/ou non structurelles et d'y associer la prévention, la gestion de crise et la reprise post-crise dans le cadre de la gestion des risques. Les données relatives à tous ses axes de recherche ont, ainsi, été associées à des extraits du corpus pour l'analyse. Certains de ces extraits figurent dans cet article, sous forme de citations, pour illustrer nos propos en l'ancrant dans nos données.

## **Résultats et analyse**

### **L'aménagement de l'espace combiné aux mesures structurelles**

Les acteurs interviewés considèrent que la politique de prévention contre les inondations a connu un « avant » et un « après » Xynthia.

La catastrophe Xynthia (Arnaud, 2015 ; Przulski, et Hallegatte, 2013 ; Mercier, 2012) semble avoir renforcé la volonté de l'Etat d'appliquer plus strictement les mesures de gestion préventive, notamment celles d'aménagement du territoire. Simultanément, la mise en œuvre plus importante des mesures préventives, principalement non structurelles, vient rompre avec une tradition d'application graduelle et un équilibre historique dans la gestion. Les administrateurs locaux, historiquement en capacité de moduler l'application des règles existantes, perdent leur autonomie au profit de l'administration centrale et des tribunaux administratifs.

« On avait quand même quelques choses de plus souple [...] mais depuis Xynthia, on est arrivé à l'application dure et stricte de la règle et de l'arrêté ministériel » (cb\_p2)<sup>26</sup>

L'application intensifiée et accélérée des mesures non structurelles fait donc des Plans Prévention des Risques Inondations (PPRI) l'outil-référence de la gestion des risques. Le recours aux mesures non structurelles semble prendre le dessus : les zones inondables sont dorénavant désignées, nommées, dans le quotidien « zones PPRI ». Les règlements des PPRI, relatifs à l'urbanisation et à la constructibilité, sont souvent associés avec la création de zones d'expansion des crues. Pour nos interviewés, la période post Xynthia est caractérisée par une

---

<sup>26</sup> « [Citation du corpus de données du terrain] » (Initiales codées de l'interviewé\_N° de page dans la transcription). Ces citations, généralement représentatives du contenu de notre corpus, sont présentées afin d'illustrer le propos, afin de l'ancrer dans nos données.

polarisation urbain-rural des mesures de réductions des risques qui sont mises en œuvre : renforcement des digues en zones urbanisées et, application stricte des règlements des PPRI conjuguée à la création de zones d'expansion de crue en zones rurales dites à « haut-risques ». Par un glissement sémantique et réglementaire, les zones à « haut-risques » associées aux PPRI sont soumises à la création de zones d'expansion des crues. Leurs protections physiques (digues, levées de terre) sont supprimées, par endroit, afin de faciliter cette fonction de zone d'expansion. Ce glissement est mal vécu par les acteurs ruraux de la gouvernance territoriale.

« [...] une double peine aux communes de ne pas pouvoir construire et étendre leurs communes et, en même temps, recevoir des eaux pour protéger des zones plus urbanisées » (cc\_p6)

Perçue comme une contrainte au niveau local, l'application des PPRI et la création des champs d'expansion des crues génèrent une série de tensions potentielles ou avérées. Pour nos répondants, être soumis aux règlements des PPRI est synonyme d'un gel de la constructibilité et, par conséquent, une perte importante de la maîtrise du développement local. Les réglementations actuelles des PPRI, non négociables en théorie (Douvinet et *al.*, 2011), mettent aussitôt les collectivités locales face au dilemme de privilégier le développement socio-économique des populations locales ou de se soumettre aux obligations contraignantes imposées par et pour des entités territoriales qui leur sont extérieures. Au niveau local, l'essor d'une commune dépend du zonage des règlements des PPRI où les espaces désignés comme étant à « haut-risques » sont inconstructibles d'office. Nos entretiens montrent que ces réglementations ont souvent pour résultat d'interdire la construction au lieu de renforcer la prévention via des constructions adéquates :

« Le public n'accepte pas ce changement [...] parce qu'on vise à interdire la construction au lieu de nous aider à bâtir de telle ou telle manière. On vous dit seulement: Vous ne construisez pas suivant le circulaire du 27 juillet<sup>27</sup> » (cs\_p16)

L'application des règlements des PPRI en termes de constructibilité s'accompagne de la création de champs d'expansion des crues. Cette mesure implique notamment, par exemple, de supprimer certaines digues, en zones PPRI, pour créer des zones de réception des eaux en périodes de crues. L'application de cette mesure, pour nos répondants, va totalement à l'encontre de la volonté des populations locales qui réclament le maintien, voire le

---

<sup>27</sup> Circulaire du 27 juillet 2011 relative à la prise en compte du risque de submersion marine dans les plans de prévention des risques naturels littoraux

rehaussement, des digues en place. Au niveau local, la création de champs d'expansion des crues semble accentuer l'exposition aux aléas et, par conséquence, les impacts potentiels des personnes et des activités économiques locales. En revanche, cette mesure génère une surprotection des zones urbanisées en aval, en l'occurrence la communauté d'agglomération bordelaise :

« Les agriculteurs ne comprennent pas qu'on ait une accentuation des aléas par disparition des digues pour protéger l'agglomération bordelaise qui s'est allégrement étendue sur des zones inondables postérieurement aux PPRI » (bc\_p1).

Notre analyse montre que c'est plutôt le choix restreint de certains espaces, parmi les zones à risques, pour créer des champs d'expansion des crues qui est à l'origine des difficultés d'application de cette mesure. En dehors des atouts incontestables des champs d'expansion des crues, leur mise en œuvre est assimilée à un « sacrifice » des communes rurales pour surprotéger des centres urbains ou à forts enjeux économiques. Le gel de la constructibilité, conséquent aux règlements des PPRI, et l'accentuation perçue de l'exposition aux aléas, conséquente à la création des champs d'expansion des crues, sont désormais perçus comme des moyens de pression foncière plutôt que des mesures de renforcement de la prévention. Il existe donc aujourd'hui des conflits d'intérêts et des logiques contradictoires entre l'échelle locale et régionale, et entre logique rurale et urbaine. La politique de prévention du risque inondation devient une contrainte au développement local et une source de tensions défavorables à une gestion collective inter échelles.

La résistance à la mise en œuvre conjointe des PPRI et des champs d'expansion des crues semble en outre amplifiée par le renforcement, en parallèle, des mesures physiques de protection en zones fortement urbanisées. Nos entretiens montrent que le renforcement des digues en zones urbanisées se réalise en l'absence, ou presque, de mesures préventives réglementaires contraignantes – les zones urbaines, fortement exposées, mais protégées par des digues ne sont en conséquence plus perçues comme des zones inondables. Nos résultats révèlent que la concentration de contraintes réglementaires sur les zones dites à « haut-risques » instaure une gestion préventive différentielle qui se traduit par une faible perception des risques en zones urbanisées et endiguées. Aujourd'hui, les zones à risques se limitent principalement à celles soumises aux PPRI au niveau de l'estuaire de la Gironde. Pour certains de nos interviewés, l'aspect réglementaire et contraignant des PPRI a éclipsé la présence de mesures physiques de protection pour afficher des zones à « haut-risques » parmi les zones à risques. Nos entretiens révèlent même une illusion d'invulnérabilité en zones

urbanisées et endiguées avec le renforcement des digues et la concentration des mesures réglementaires ailleurs.

Nos résultats montrent donc, pour notre étude de cas, que le recours à la gestion non structurelle s'est illustré par une gestion préventive polarisante – traitant différemment des zones dites à « haut-risques », plus rurales et de zones fortement urbanisée ou à forts enjeux économiques. Ces mesures de prévention, qui sont vécues comme ayant de profonds impacts re-distributifs, sont contestées. Cette façon de faire semble en outre fausser la perception du risque et incite à des surexpositions, des biens et des personnes, en zones à la fois endiguées et à contraintes réglementaires faiblement perceptibles par la population.

### **Les mesures de la gestion de crise**

L'objectif de la gestion de crise est de réduire la vulnérabilité des personnes et des biens matériels en cas d'occurrence de l'aléa. La directive européenne de 2007, qui reconnaît le caractère inévitable<sup>28</sup> des inondations, reconnaît par la même la nécessité de disposer de mesures de gestion de crise. Ainsi, la gestion des risques prévoit en cas d'impact des mesures de gestion de crise, notamment, des Plans Communaux de Sauvegarde (PCS). Les PCS prescrivent des mesures immédiates, qui vont de la diffusion de l'alerte jusqu'à l'accompagnement et le soutien des populations sinistrées. Néanmoins, la planification préalable de la gestion de crise et l'engagement des PCS en cas d'impact sont fortement influencés par la topographie et la gouvernance de la prévention.

« Il y a encore des communes qui n'ont pas leur Plan Communal de Sauvegarde »  
(cc\_p7).

À priori, l'élaboration d'un PCS par les autorités locales n'est obligatoire qu'après approbation du PPRI (article 13 de la loi n° 2004-811 du 13 août). Les approches actuelles de gouvernance font que l'application des PCS, pour la gestion de crise, est indissociable de l'application des PPRI au niveau communal. Ainsi, les difficultés relatives à l'approbation des PPRI finissent par restreindre sensiblement l'adoption de PCS au niveau des zones dites à « haut-risques ». Quant aux zones urbanisées et endiguées, elles ne semblent pas être mieux loties en matière de gestion de crise. Pour les personnes interviewées, l'élaboration des PCS est une compétence exclusive aux communes soumises aux PPRI. La gestion de crise est perçue comme une mesure destinée principalement aux zones dites à « haut-risques » concernées préalablement par les contraintes réglementaires des PPRI. En outre, et hormis

---

<sup>28</sup> « Les inondations sont des phénomènes qui ne peuvent pas être évités » selon la directive 2007/60/CE du parlement européen et du conseil

l'aspect réglementaire, la faible perception du risque ratifie la faible planification de la gestion de crise constatée au niveau des zones urbanisées et endiguées :

« On n'a pas d'inondation ici [...] On n'est pas soumis au risque inondation sur Bordeaux (tc\_p3) ».

Les sujets interviewés, particuliers et entrepreneurs confondus, invoquent soit la faible occurrence des aléas, soit la concentration de contraintes réglementaires en zones PPRI, soit la présence d'ouvrages physiques de protection pour justifier la faible adoption des PCS en zones urbanisées et endiguées. En plus de ces facteurs, un manque d'intérêt vis-à-vis des mesures de gestion de crise, en général, est constaté chez les entrepreneurs interviewés, en particulier, disposant d'une assurance<sup>29</sup>.

De façon plus détaillée, l'application des PCS comprend l'alerte et l'évacuation. L'alerte déclenche la gestion de crise. La pertinence du message d'alerte, qui se répercute des services régionaux de prévisions des crues vers les populations locales, s'avère déterminante. La réception du message d'alerte doit engager un processus social (Affeltranger et de Richemond, 2003) qui suppose la connaissance préalable des risques et des actions pré établis dans les PCS. Parmi les contraintes de la gestion collective de la crise, nos entretiens soulèvent particulièrement la question de l'intelligibilité du message d'alerte au niveau local :

« Entre les éléments qui sont donnés par la préfecture, on nous donne une hauteur d'eau. Mais c'est quoi 4m50 par rapport à nos digues ? Les élus ne sont pas capables de savoir. La hauteur de la digue est à 4.80 Ngf<sup>30</sup>, et nous on nous dit 4.50m » (9\_Int1).

La répercussion du message d'alerte, en provenance de l'échelle régionale, ne permet pas de s'arrêter sur les actions adéquates du PCS, à engager au niveau local. Parmi ces actions, prévues dans les PCS, réside l'évacuation des populations concernées par l'occurrence de l'aléa.

« Dernièrement, quelques-uns avaient fait des PCS [...] ils avaient préparé des lits dans la salle des fêtes, qui elle aussi avait été inondée » (cs\_p19)

En effet, l'occurrence imminente d'un aléa engage des plans d'évacuation si le seuil de l'alerte le requiert. À l'égard de la planification des refuges dans les PCS, les sujets interviewés rappellent que l'occurrence de l'aléa ne se limite pas forcément aux frontières

---

<sup>29</sup> « Aussi bien les employés que l'entreprise ont une assurance. En cas de dommage, l'assureur est là pour faire son travail » (fg\_p3).

<sup>30</sup> Nivellement général de la France

administratives d'une commune. L'objectif des plans d'évacuation est celui de déplacer des populations vers des refuges sûrs, probablement hors de la commune soumise à l'aléa. Or, la planification des refuges, cadrée par les PCS, se limite à l'échelle communale. Qu'il soit pour l'alerte ou pour l'évacuation, la gestion de crise invoque une planification intégrée et une prise conscience partagée en zones à risques. Le différentiel de prise de conscience et de planification préalable, entre les zones dites à « haut-risques » et celles urbanisées et endiguées, ne semblent pas favoriser des réponses homogènes inter-échelles.

L'analyse de nos résultats montre que pour les acteurs interrogés il existe, en matière de gestion des crises, un traitement différencié à l'image du différentiel des mesures de prévention. Concernant la combinaison entre structurel et non structurel, la présence des ouvrages physiques de protection est souvent jugée suffisante pour ne pas engager des PCS pour la gestion de crise et vice-versa.

Pour résumer nos résultats, l'adoption des PCS est consubstantielle à celle des PPRI au niveau de l'estuaire de la Gironde. La planification de la gestion de crise est ainsi confrontée aux contraintes préalables d'approbation des PPRI, en zones dites à haut-risques, et à la perception du risque comme étant faible, en l'absence de contraintes réglementaires en zones fortement urbanisées. La faible occurrence des aléas au niveau des zones urbanisées et endiguée, notamment grâce aux champs d'expansion des crues situés en amont, appuie considérablement cette position. Le recours aux PCS, comme mesure non structurelle pour consolider une gestion collective aux différentes échelles, souffre paradoxalement de son application sur des espaces restreints désignées en amont par les PPRI. Ainsi, les procédures d'alerte et de l'évacuation constituent, dans le cadre des PCS, des actions ponctuelles délimitées par les frontières administratives et supervisées par la prédictibilité des plans de prévention.

### **Les mesures de la reprise post-crise**

Les inondations, sont les aléas naturels les plus répandus à l'origine à la fois de dommages et de troubles (Görner et *al.*, 2009). Face à des dommages potentiels, l'assurance est la principale mesure financière en vue de la reprise post-crise. En France, la loi du 13 juillet 1982 a instauré un régime d'assurance obligatoire, appelé régime « cat-nat », d'indemnisation des victimes en cas de catastrophes naturelles d'intensité anormale. Ce régime d'assurance est alimenté par des surprimes uniformes, indépendamment des risques encourus par les assurés, appliquées pour tout contrat d'assurance de dommage aux biens.

Certes, le rôle de l'état, comme réassureur de dernier recours aux assureurs privés, permet de remédier aux difficultés relatives à l'assurabilité des risques naturels. Une telle assurabilité implique néanmoins que l'exposition au risque d'inondation n'aille pas au-delà de ce qui est autorisé.

« Les gens ont deux solutions : soit ils s'en vont ailleurs, soit qu'ils construisent dans l'illégalité et là ils acceptent de ne pas être couvert par les assurances » (bc\_p3).

Le premier constat de nos enquêtes est qu'il existe une demande croissante du secteur de l'assurance que le régime « cat-nat » soit davantage associé aux mesures de prévention, en l'occurrence aux PPRI. Cette demande prône un tandem Primes d'assurance-PPRI. L'idée est de soumettre les zones à « haut-risques » à des hausses de primes – du moins dans certaines conditions. Pour nos sujets, les assureurs s'appuient sur les zonages des PPRI pour définir des primes d'assurance, jugées parfois abusives et non proportionnelles au risque réel ou perçu<sup>31</sup>: « Les assurances ont fonctionné en 1999 mais après, on a refusé d'assurer des gens à nouveau [...] et y'en a qui ont abandonné l'assurance parce la prime d'assurance a doublé » (cs\_p7). À l'image des règlements contraignants des PPRI, cette revue à la hausse des primes est perçue comme un moyen additionnel de pression qui vise à réduire les coûts des catastrophes par la réduction de l'urbanisation, en particulier en zones dites à « haut-risques ». Pour certains de nos interviewés, la hausse des primes d'assurance remet en question l'assurabilité face aux risques naturels et le tandem Primes d'assurance-PPRI entraîne d'ores et déjà des réticences à la souscription d'assurance en zones à « haut-risques ». La non prise en compte, selon nos enquêtes, des travaux de réduction des risques réalisés par l'assuré dans le calcul des primes<sup>32</sup> rend ces réticences d'autant plus contre-productives.

Pour nos interviewés, l'enjeu majeur du régime d'assurance « cat-nat » est plutôt lié aux valeurs grandissantes des biens exposés en zones à risques en général. La capacité de compensation financière est menacée, non par l'urbanisation en soi, mais plutôt par les valeurs des biens exposés. Or, ce tandem PPRI-primes d'assurance, qui vise à réduire les coûts par la réduction de l'urbanisation, ne permet pas forcément d'agir sur les valeurs des biens exposés.

---

<sup>31</sup> « Naturellement, l'assureur préfère assurer ce qui ne présente pas de risque. Plus le risque augmente plus la prime augmente, mais pas forcément de façon proportionnelle » (en\_p8).

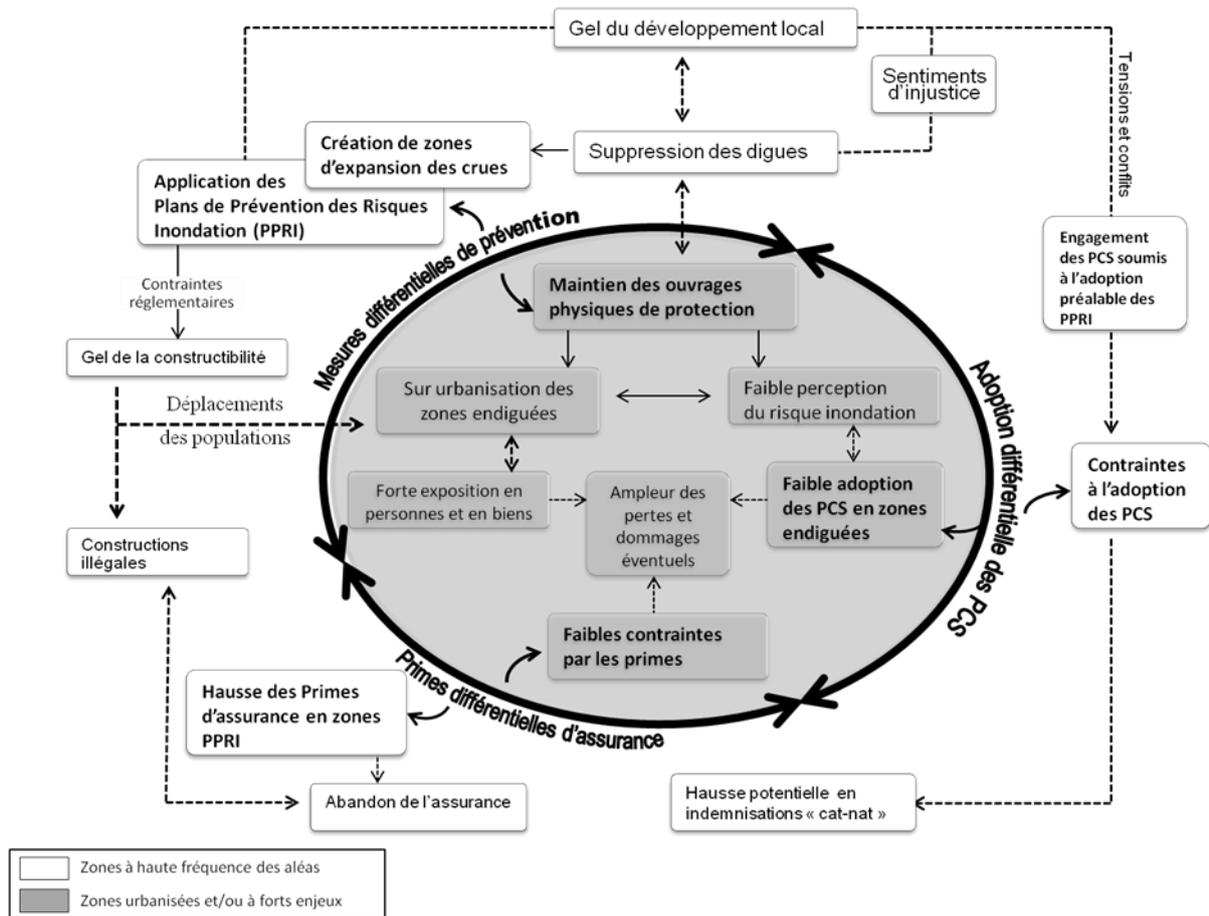
<sup>32</sup> « L'assurance ne regarde guère les travaux de réduction réalisés. Pour les assureurs, dès qu'il y a trop de dédommagement vous avez des malus et on veut plus vous assurer » (cs\_p8).

« On est plus vulnérable par notre façon de vivre. [...] Avant, les gens n'avaient rien en zones à risques alors qu'aujourd'hui, il y'a des dégâts monstrueux en cas de sinistre » (fr\_p21)

L'enjeu majeur du régime d'assurance « cat-nat » est donc plutôt lié aux valeurs grandissantes des biens exposés en zones à risques en général. La capacité de compensation financière est menacée, non pas par l'urbanisation en soi, mais plutôt par les valeurs des biens exposés. Or, ce tandem PPRI-primés d'assurance, qui vise à réduire les coûts par la réduction de l'urbanisation, ne permet pas forcément d'agir sur les valeurs des biens exposés.

Pour résumer nos résultats, les modalités d'assurance sont intimement arrimées aux prescriptions des PPRI. Ainsi, la hausse des primes, constatée récemment, concerne principalement les zones soumises aux PPRI et aux PCS alors que les zones urbanisées et endiguées en ont été presque exemptées. Le tandem Primes d'assurance-PPRI, qui vise à assurer la pérennité de ce régime d'assurance affecte négativement à la fois la reprise post-crise et la politique de prévention : L'abandon de l'assurance, suite à la hausse des primes, entraîne une faible capacité de reprise mais aussi un prétexte pour construire illégalement, à l'encontre de l'objectif de contrôle de l'urbanisation en zones à « haut-risques ». En revanche, les zones urbanisées et endiguées, qui échappent à cette hausse de primes, sont celles où les pertes éventuelles sont amplifiées par la forte exposition des biens d'une part et par l'absence de contraintes réglementaires de prévention et de moyens de gestion de crise, d'autre part.

La **figure 2** illustre les effets et impacts induits par le déploiement actuel de chacune des mesures associées à la prévention, à la gestion de crise et à la reprise post-crise. Cette figure met en exergue le rôle central des PPRI dans le déploiement à la fois des mesures physiques de protection et des mesures non structurelles.



**Figure 2: Déploiement des mesures non structurales vis à vis de celles structurales au niveau de l'estuaire de la Gironde**

## Discussion

Nos résultats montrent que la dominance historique des ouvrages physiques de protection a cédé la place à une gestion sous forme de combinaison de mesures physiques et non structurales. Ils montrent également que cette combinaison de mesures s'organise autour du PPRI. Le PPRI apparaît comme la mesure phare qui a initié, et mène, la transition vers les mesures non structurales en France. En matière de prévention, les PPRI sont à l'origine du choix des espaces dédiés à l'expansion des crues, et, en conséquence, du maintien ou non des ouvrages de protection. Le déploiement des mesures non structurales semble impliquer le remplacement des digues par l'application des PPRI et la création de Champs d'Expansion des Crues. Perçue comme une contrainte pour les élus, pour les particuliers et pour les industriels (Douvinet et *al.* 2011), l'application des PPRI oriente, au-delà de la prévention, l'application des PCS et des primes d'assurances. La planification préalable de la gestion de

crise est à la fois conditionnée et impactée par l'application des PPRI. Il en est de même pour les modalités d'assurance « cat-nat » qui sont désormais inhérentes aux zonages des PPRI.

Le recours aux mesures non structurelles de prévention est censé faciliter l'intégration des échelles d'actions en saisissant l'incertitude des probabilités des aléas en dehors de leurs fréquences historiques. Or, les règlements des PPRI, concernant la constructibilité, sont déterministes et tirés des expériences passées. Les zones inondables dites aujourd'hui à « haut-risques » sont à vrai dire les zones à haute fréquence historique des aléas. Nos constats concernant la répartition différentielle des règlements des PPRI, stricte et contraignante d'un côté, faible et accommodante de l'autre, reflètent une application à géométrie variable, mais qui rigidifie les décisions possibles.

De même, le recours à des mesures de secours et/ou d'indemnisation reflète une volonté explicite de coexister avec les risques. Pourtant, le déploiement actuel des PCS, qui accorde peu de crédit à l'occurrence éventuelle d'un aléa en zones urbanisées et endiguées, ne tient pas compte suffisamment du caractère incertain et inévitable des risques d'inondation. L'application des PCS ne concerne que des zones à hautes probabilités d'occurrence des aléas alors qu'elle pourrait être élargie sur les zones fortement urbanisées. À faibles probabilités d'occurrence des aléas, certes, les zones urbanisées sont justement les plus sujettes aux fortes ampleurs de pertes/dommages en cas d'impact au vu des fortes expositions en biens et en personnes à leur niveau. En zones à « haut-risques », cette volonté de coexister avec les risques, se heurte paradoxalement aux incitations pressantes d'abandonner ces espaces soumis à de fortes contraintes réglementaires. La hausse des primes, par surcroît aux contraintes réglementaires des PPRI, mène vers un « retrait » des zones soumises aux mesures non structurelles pour une concentration des richesses sous une gestion purement structurelle, autrement dit, en zones fortement urbanisées et endiguées.

Les atouts des mesures non structurelles font de celles-ci des mesures indispensables dans la gestion des risques. En théorie, le recours aux mesures non structurelles autorise une meilleure prise en compte de l'incertitude, à faibles coûts et à grandes échelles. Or, leur déploiement actuel et leur combinaison avec les mesures structurelles accuse certaines limites à l'égard des impacts potentiels des changements climatiques. Ces limites peuvent être approchées en termes de flexibilité des mesures, de comportements individuels, d'échelles multiples et d'équité dans la gestion des risques.

### **Changements climatiques et flexibilité des mesures**

Un des atouts des mesures non structurelles réside dans la capacité d'agir sur de larges échelles spatiales afin de mieux appréhender les incertitudes sur les risques présents et futurs. Les incertitudes inhérentes au changement climatique appellent à des décisions flexibles concernant la mise en œuvre des mesures d'atténuation des risques (Isoard, 2011), afin d'offrir une capacité de changement en réponse à de nouvelles conditions (Adger et *al.*, 2005).

Des zones à priori sûres pourraient, dans le futur, être concernées par ces aléas (Few, 2006). Or, pour les acteurs rencontrés le déploiement des PPRI semble générer des irréversibilités – facteurs d'inflexibilité : Le gel de la constructibilité semble être définitif, en zones à « haut-risques », en parallèle avec une densification des zones endiguées et exemptées de contraintes d'urbanisation. Ce déploiement restreint, basé sur des leçons du passé, omet la probabilité d'occurrence d'évènements extrêmes et/ou imprévus hors des zones concernées par les PPRI pour l'avenir. Les processus d'adaptation pourraient entrevoir des procédures plus flexibles pour maintenir la veille et ancrer l'éventualité des changements sur l'ensemble des zones à risques. Ainsi, des permis de construire renouvelables, selon l'évolution des scénarios, ou des droits de construire sous réserve de travaux de réduction du risque seraient des exemples de flexibilité en termes de mesures de prévention.

En outre, la flexibilité vis-à-vis des changements climatiques concerne également les mesures structurelles, notamment, les champs d'expansion des crues. Le choix de supprimer des digues et de les dédier définitivement à la fonction de rétention des eaux réduit la flexibilité en termes d'occupation des sols et d'aménagement du territoire. De plus, les fixer exclusivement sur des zones en amont des villes, suppose une forte certitude quant à l'occurrence des évènements futurs seulement en zones PPRI. Serait-il soutenable à long terme que chaque projet de développement urbain en aval entraîne la création de zones d'expansion des crues en amont? Une stratégie d'adaptation robuste requiert plus de flexibilité au vu du manque de connaissances sur les caractéristiques des inondations à venir.

### **Changements climatiques et comportements individuels**

Nos résultats soulèvent la question du déplacement des populations, la question du choix d'avoir recours à des constructions illégales et la question de l'abandon de l'assurance. L'émergence de ces comportements individuels semblent être fortement influencés par l'installation d'un traitement réglementaire polarisant rural/urbain.

La relocalisation des habitations ou des activités économiques fait partie des stratégies d'adaptation. Or, ici nous observons, sous l'influence de différentes pressions réglementaires, une relocalisation non pas vers des zones à faibles risques mais plutôt vers des zones à faibles contraintes réglementaires. Cela génère une augmentation supplémentaire de l'exposition de zones, déjà surexposées, engendrant au passage une perte de la mémoire locale du risque tel qu'observé par Anziani (2010) et Przymuski, et Hallegatte (2013). Les motivations à l'origine du déplacement s'avèrent un critère fondamental, notamment, que le déplacement actuel vers des zones endiguées conforterait le sentiment illusoire de sécurité en présence des digues. Sur la base de critères réglementaires seulement, cette relocalisation constituerait alors un simple transfert d'exposition, de personnes et de biens, vers des zones endiguées et artificiellement surexposées. Le caractère progressif des changements climatiques, et donc de l'adaptation dans la durée, suppose davantage de précaution quant à la relocalisation des habitations ou des activités économiques. S'il l'on s'appuie sur les coûts des inondations passées pour relocaliser les personnes et les biens, on pourrait, par anticipation, prendre en compte les coûts d'un événement éventuel dans les zones vers lesquelles ces personnes et ces biens seraient déplacés.

Au niveau local, la gestion des risques est synonyme aujourd'hui de constructibilité du foncier. Les constructions illégales et l'abandon de l'assurance sont des comportements émergents qui aggravent les impacts des inondations au niveau individuel et collectif. Ces deux comportements, causés respectivement par le gel de la constructibilité et la hausse des primes sont liés : construire illégalement oblige à l'abandon de l'assurance et vice-versa.

Ces comportements issus de la transition actuelle vers les mesures non structurelles ne remettent pas en cause ces mesures en soi mais plutôt leur déploiement, tel que perçu aujourd'hui par les acteurs locaux : une gestion différentielle selon les zones à risques. Ces comportements révèlent, par ailleurs, l'importance de la prise en compte des notions d'échelles multiples (entre territoires institutionnels) et d'équité (entre municipalité) dans la combinaison des astreintes de prévention des risques.

### **Changements climatiques et échelles multiples**

La gestion flexible du risque d'inondation exige un dialogue fonctionnel entre collectivités publiques (Merz et *al.*, 2010 ; Vanderlinden et *al.*, sous presse). Néanmoins, les écarts en termes de perception des risques, entre les différentes échelles impliquées dans la gestion, entraînent des écarts en termes d'acceptabilité et d'adhésion aux mesures non structurelles.

C'est le cas de l'application actuelle des PPRI et des PCS où l'on observe des écarts entre municipalités (rurales vs urbaines) et collectivités régionales. Ces divergences différencient l'appropriation des mesures de gestion. De notre point de vue, ces écarts sont dus à la méso-identification préalable des niveaux de vulnérabilité en zones à risques.

Aujourd'hui, l'exposition à l'aléa est pensée en termes de fréquences historiques des inondations. L'application des PPRI et des PCS s'adresse donc en priorité aux zones déjà inondées. Ces zones sont jugées plus exposées que les espaces fortement urbanisés et à faible fréquences historique des conséquences d'aléas. Or, nos interviewés au niveau communal accordent aussi des considérations aux capacités de réponse<sup>33</sup> (Merz, 2010), telle que la préparation mentale et physique de gérer la crise et reprendre de ses impacts, en vue de vivre avec le risque. À l'aune des divergences autour de la vulnérabilité, et sa perception sur différentes échelles, naissent des écarts d'acceptabilité et d'adhésion à la gestion des risques.

Concilier les avis entre institutions régionales et municipales appelle une échelle commune et optimale. Si le déploiement des mesures dépend de la capacité de les intégrer localement, la réticence constatée vis-à-vis des règlements des PPRI n'est pas si surprenante (Douvinet et al., 2011). Le refus des approches descendantes face au changement climatique (Gralepois et Guevara, 2015) pourrait, en dépit de sa complexité, instaurer le dialogue autour d'un équilibre entre vulnérabilité et développement urbains, inter-échelles communales et supra communales. Des plans intercommunaux, d'aménagement urbains et des plans de sauvegarde, pourrait illustrer cette démarche multi-scalaire (Dournel et al., 2015 ; Touili, 2015).

### **Changements climatiques et équité**

Si les Plans de Préventions contribuaient déjà à territorialiser les risques (Pigeon, 2007), des territoires gagnants et perdants semblent émerger de la transition actuelle menée autour des PPRI. Les inégalités inhérentes aux zones à risques sont causées par des différences naturelles ou des injustices liées à la gestion des risques (Johnson et al., 2007). Les choix de répartition des mesures structurelles et non structurelles, et leurs impacts, révèlent des enjeux d'équité dans la gestion des risques d'inondation. Au-delà des différences naturelles liées à la topographie, le renforcement des digues en zones urbanisées et leur suppression, pour créer des Champs d'Expansion de Crues, modifient l'exposition. En effet, la fréquence des aléas en zones urbanisées est atténuée par les digues mais aussi confortée par la création de champs

---

<sup>33</sup> « La vulnérabilité est composée de l'exposition, de la sensibilité et de la capacité de réponse » (Merz, 2010).

d'expansion des crues en amont. La perception locale des Champs d'Expansion des Crues comme une armure de surprotection des centres urbanisés instaure un sentiment d'iniquité réglementaire.

Nos résultats révèlent que l'aspect contraignant et restreint des réglementations, et leurs impacts localement et à court-terme, sont les plus significatifs dans la perception des injustices et des inégalités en matière de gestion des risques. Par la gestion actuelle des risques, les territoires perdants sont souvent associés aux zones d'application des règlements contraignants des PPRI et à leur absence ailleurs. En outre, les zones urbanisées et endiguées ne sont pas des territoires gagnants pour autant. La faible application des mesures non structurelles, notamment les PCS, en zones fortement exposées est alarmante, en termes d'inégalités à moyen et long terme, vis-à-vis des impacts potentiels des changements climatiques.

## **Conclusion**

« Si demain il y a une inondation, ce n'est pas ce qui est zoné en rouge qui va être inondé, et ce qui est en blanc qui ne va pas l'être. Chaque inondation est différente » (fk\_p7)

Aujourd'hui, il n'est plus question de prétendre une gestion exclusivement structurelle ou exclusivement non structurelle, et en particulier, face aux changements climatiques et leurs impacts potentiels. La gestion des risques ne peut se passer de la combinaison entre une planification préalable, d'alerte ou d'évacuation par exemple, en parallèle avec la présence d'ouvrages physiques de protection (Tapsell, 2009). Cependant, le recours aux mesures non structurelles, en Gironde, s'accompagne de la disparition de certaines digues sur certaines municipalités alors que le maintien de celles-ci dans des municipalités voisines est dépourvu de l'application de mesures non structurelles en matière de prévention et de gestion de crise. La transition actuelle vers les mesures non structurelles établit des zones exclusivement soumises à une gestion structurelle et d'autres exclusivement soumises à celle non structurelle.

La gestion non structurelle caractérise des approches de réduction de la vulnérabilité et/ou de renforcement de la résilience (Touili, 2015 ; Vanderlinden et al., 2015). Elle inscrit la gestion des risques dans un autre ordre, celui de « coexister harmonieusement avec les risques » (Miguez et al., 2010). La gestion non structurelle vise à adapter les enjeux, et leur exposition, alors que la gestion structurelle vise à réduire la fréquence et l'intensité de l'inondation via

des modifications, souvent irréversibles, du paysage physique. Ainsi, la gestion structurelle, comme celle non structurelle, sont à la fois nécessaires mais pas suffisantes pour la gestion des risques.

Le recours au non structurel reflète une transition en termes d'approches également. Néanmoins, il s'avère important de ne pas confondre transition et rupture. La transition vers les mesures non structurelles ne signifie pas pour autant la rupture avec la gestion structurelle et les mesures physiques de protection. Les rôles et les natures différentes des mesures physiques et de celles non structurelles ne permettent aucunement de remplacer des mesures physiques par celles non structurelles et vice-versa. Sur notre étude de cas, ce travail met en exergue la complexité d'intégrer des mesures non structurelles dans une approche d'adaptation. Cette complexité ouvre, par ailleurs, le débat sur les formes de combinaisons possibles et les interactions entre ces deux types de mesures, à la fois entières et complémentaires dans la gestion des risques.

## **Bibliographie**

- Adger, N.W., N.W. Arnell., E.L. Tompkins., 2004, Successful adaptation to climate change across scales, *Global Environmental Change*, 15, pp.77-86.
- Alexander, D.E., 2013, Resilience and disaster risk reduction: an etymological journey, *Natural Hazards and Earth System Science*, 13(11), pp.2707-2716.
- Anziani, A., 2010, Rapport d'information (1) sur les conséquences de la tempête *Xynthia* (rapport d'étape), *Sénat*, 554, p100.
- Arnaud, A., 2015, Les limites de la cartographie des risques littoraux: des perspectives pour la compréhension de tous, *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, (Hors-série 21).
- Affeltranger, B., N.M. de Richemond., 2003, Gestion de l'alerte et de l'information lors des crues : conditions et limites d'une démarche participative locale. L'exemple des Deux-Sèvres, *Flux*, 1, pp.16-27.
- Beucher, S., S. Rode., 2009, L'aménagement du territoire face au risque d'inondation: regards croisés sur la Loire moyenne et la Val-de-Marne, *M@ppemonde*, 94, pp.1-19.
- Blaikie, P., T. Cannon., I. Davis., B. Wisner., 2014, *At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters*. Routledge.
- Brook, S., 2002, A Landmark Workshop on Non-Structural Measures for Water Management Problems, Simonovic, S.P., Proceedings of the International Workshop on Non-structural Measures for Water Management Problems, UNESCO, Canada, 56, pp.3-5.
- Charmaz, K., 2006, *Constructing Grounded Theory: A Practical Guide Through Qualitative Analysis*, Sage Publications, Thousand Oaks.
- Couture, M., 2003, La recherche qualitative : introduction à la théorisation ancrée, *Interactions*, 7(2), pp.127-133.
- Cutter, S. L., J. T. Mitchell., M. S. Scott., 2000, Revealing the vulnerability of people and places: a case study of Georgetown County, South Carolina, *Annals of the association of American Geographers*, 90(4), pp.713-737.
- Dauphiné, A., D. Provitolo., 2007, La résilience: un concept pour la gestion des risques. In *Annales de géographie*, Armand Colin/Dunod, 2, pp. 115-125.

- de Richemond, N. M., M. Reghezza., 2010, La gestion du risque en France: contre ou avec le territoire?, *Annales de géographie*, Armand Colin/Dunod, 3, pp.248-267.
- Dournel, S., M. Gralepois, J. Douvinet., 2015, Les projets urbains en zones inondables communiquent-ils sur les risques?. Regard sur les politiques d'aménagement de quartiers à Saint-Étienne, Orléans et Nantes. *Belgeo. Revue belge de géographie*, (1).
- Douvinet, J., S. Defossez., A. Anselle., A. S. Denolle., 2011, Les maires face aux plans de prévention du risque inondation (PPRI), *L'espace géographique*, 40(1), pp.31-46.
- Dessai, S., J.P. Sluijs., 2007, *Uncertainty and climate change adaptation: A scoping study* (Vol. 2007). Utrecht, the Netherlands: Copernicus Institute for Sustainable Development and Innovation, Department of Science Technology and Society.
- Dewi, A., 2007, Community-based analysis of coping with urban flooding: a case study in Semarang, Indonesia, *International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, Msc Thesis, Enschede, The Netherlands*.
- Di Baldassarre, G., A. Castellarin., A. Montanari., A. Brath., 2009, Probability-weighted hazard maps for comparing different flood risk management strategies: a case study, *Nat Hazards*, 50, pp.479-496.
- Dourlens, C., 2003, La question des inondations: Le prisme des sciences sociales, *Rapport au Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement*, CEPRE.
- Fassinger, R.E., 2005, Paradigms, praxis, problems, and promise: Grounded theory in counseling psychology research, *Journal of Counseling Psychology*, 52(2), pp.156-166.
- Few, R., 2006, Flood hazards, vulnerability and risk reduction, In: Few, R., Matties, F. (Eds.), *Flood Hazards and Health: Responding to the Risks of Climate Change*, Earthscan, London, pp.8-27.
- Glaser, B.G., A.L. Straus., 1967, *The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research*, Chicago: Aldine.
- Görner, C., J. Franke., C. Bernhofer., O. Hellmuth., 2009, Climate changes in extreme precipitation events in the Elbe catchment of Saxony, 300p.
- Gralepois, M., 2010, L'agglomération à flux tendus. La politique de sécurité civile française au secours des pannes urbaines, *Flux*, 3, 81, pp.57-66.
- Gralepois, M., S. Guevara., 2015, L'adaptation aux risques d'inondation façonnée par les métiers de la ville. Tensions à l'échelle du projet d'aménagement, *Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie*, 6(3).
- Harries, T., E. Penning-Rowsell., 2011, Victim pressure, institutional inertia and climate change adaptation: The case of flood risk, *Global Environmental Change*, 21(1), pp.188-197.
- Heacock, E., J. Hollander., 2011, A grounded theory approach to development suitability analysis, *Landscape and Urban Planning*, 100(1-2), pp.109-116.
- Isoard, S., 2011, Perspectives on adaptation to climate change in Europe, In *Climate Change Adaptation in Developed Nations*, London, *Springer Netherlands*, 42, pp.51-68.
- James, L.D., 1975, Formulation of non-structural flood control programs, *Water Resources Bulletin*, 11, pp.688-705.
- Johnson, C., E. Penning-Rowsell., D. Parker, 2007, Natural and Imposed Injustices: The Challenges in Implementing 'Fair' Flood Risk Management Policy in England, *The Geographical Journal*, Critical Perspectives on Integrated Water Management, 173, 4, pp.374-390.
- Kane I. O., Vanderlinden J.-P., Baztan J., Touili N., Claus S., 2014. Communicating risk through a DSS: A coastal risk centred empirical analysis, *Coastal Engineering*, 87, 240-248.
- Lewins, A., C. Silver, 2007, *Using Software in Qualitative Research: a Step by Step Guide*, Londres, SAGE Publications.

Lozachmeur, O., 2007, Les marées noires récentes, révélateur du manque de prise en compte par l'État des risques côtiers et du rôle des collectivités locales dans les plans POLMAR, *Territoire en mouvement Revue de géographie et aménagement*, 1, pp.31-41.

Martin, P. Y., B.A. Turner., 1986, Grounded Theory and Organizational Research, *Journal of Applied Behavioral Science*, 22(2), pp.1441-1157.

McCreadie, M., S. Payne., 2010, Evolving grounded theory methodology: Towards a discursive approach, *International Journal of Nursing Studies*, 47(6), pp.781-793

Mercier, D., 2012, Après Xynthia: vers un repli stratégique et un État fort?. *Noroi. Environnement, aménagement, société*, (222), pp.7-9.

Merz, B., J. Hall., M. Disse., A. Schumann., 2010, Fluvial flood risk management in a changing world, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 10, pp. 509-527.

Miguez, M.G., L.P.C. de Magalhães., 2010, *Urban flood control, simulation and management-an integrated approach*, INTECH Open Access Publisher.

Nicholls, R.J., R.S.J. Tol., J.W.Hall., 2007, Assessing Impacts and Responses to Global-Mean Sea-Level Rise, *Human-induced climate change, Cambridge University Press, Cambridge*, pp.119-134.

Paudel, Y., W. J. Botzen., J. C. Aerts, 2015, Influence of climate change and socio-economic development on catastrophe insurance: a case study of flood risk scenarios in the Netherlands. *Regional Environmental Change*, 15(8), pp.1717-1729.

Poussin, J. K., P. Bubeck., J. C.J.H. Aerts., P. J. Ward., 2012. Potential of semi-structural and non-structural adaptation strategies to reduce future flood risk: case study for the Meuse, *Natural Hazards and Earth System Science*, 12(11), pp.3455-3471.

Pottier, N., 1998, L'utilisation des outils juridiques de prévention des risques d'inondation: évaluation des effets sur l'homme et l'occupation des sols dans les plaines alluviales (application à la Saône et à la Marne). Thèse de doctorat.

Pigeon P., 2007, Les Plans de Prévention des Risques (PPR) : essai d'interprétation géographique, *Géocarrefour*, 81, p9.

Przyluski, V., S. Hallegatte., 2013, *Gestion des risques naturels: Leçons de la tempête Xynthia*, Editions Quae.

Rasid, H., W. Haider., 2002, Floodplain residents' preferences for non-structural flood alleviation measures in the Red River basin, Manitoba, Canada, *Water international*, 27, 1, pp.132-151.

Reghezza-Zitt, M., 2015, Territorialiser ou ne pas territorialiser le risque et l'incertitude. La gestion territorialisée à l'épreuve du risque d'inondation en Île-de-France. *L'Espace Politique. Revue en ligne de géographie politique et de géopolitique*, (26).

Scarwell, H. J., R. Laganier., 2004, *Risque d'inondation et aménagement durable des territoires*, Presses Univ. Septentrion, 916.

Strauss A.L., et Corbin J., 1997. *Grounded Theory in Practice*", Sage Publications, Thousand Oaks, p280.

Tapsell, S., 2009, Developing a conceptual model of flood impacts upon human health, Middlesex University.

Touili, N., J. Baztan., J.-P. Vanderlinden., I.O. Kane., P. Diaz-Simal., L. Pietrantonio., 2014, Public perception of engineering-based coastal flooding and erosion risk mitigation options: Lessons from three European coastal settings, *Coastal Engineering*, 87, pp.205-209.

Touili, N., 2015, Portfolio d'options pour le renforcement de la résilience: application de principes systémiques de résilience à la gestion des risques d'inondation en Gironde, *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, (Hors-série 23).

Tricot, A., O. Labussière., 2009, Les difficultés d'application des plans de prévention en France: lorsque le territoire façonne le risque, *Cahiers de géographie du Québec*, 53, 148, pp.119-134.

Vanderlinden, J.-P., J. Baztan., O. Davila., F. Hissel., I.O. Kane., P. Koundouri., L. McFadden., D. Parker., E. Penning-Rowsell., L. Pietrantoni., G. Pescaroli., B. Rulleau., M. Stithou., N. Touili., 2015, Non structural approaches for risk mitigation, *in* Zanuttigh, B., Nichols, R. (dir.), *Coastal risk management in a changing climate*, London, Elsevier.

Verboom, J., P. Schippers., A. Cormont., M. Sterck., C.C. Vos., P-F.M. Opdam., 2010, Population dynamics under increasing environmental variability: implications of climate change for ecological network design criteria, *Landscape Ecology*, 25, pp.1289-1298.

Veyret, Y., M. Reghezza., 2006, Vulnérabilité et risques: L'approche récente de la vulnérabilité, *Annales des mines*. 43, pp.9-13.

Vinet, F., 2007, Approches nationales de la prévention des risques et besoins locaux: le cas de la prévision et de l'alerte aux crues dans le midi méditerranéen, *Géocarrefour*, 82(1-2), pp.35-42.

(6.11.2007). Directive du parlement européen du conseil du 23 octobre 2007 relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation, Journal officiel de l'Union européenne. 2007/60/CE.

Zevenbergen, C., A. Cashman., N. Evelpidou., E. Pasche., S. Garvin., R. Ashley., 2010, *Urban flood management*, CRC Press.

**Article 3: Portfolio d'options pour le renforcement de la résilience : application de principes systémiques de résilience à la gestion des risques d'inondation en Gironde. *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, (Hors-série 23)**

**Titre** : Portfolio d'options pour le renforcement de la résilience : application de principes systémiques de résilience à la gestion des risques d'inondation en Gironde.

**Sommaire**

Résumé.....	111
Abstract.....	111
<i>Introduction</i> .....	112
<i>Cadre théorique et objectifs du travail</i> .....	112
<i>Méthodologie</i> .....	114
<i>Résultats</i> .....	115
Aperçu sur les mesures associées à la gestion des risques en France .....	115
Application des principes systémiques de la résilience .....	116
Le principe d'homéostasie .....	116
Le principe d'omnivorie.....	118
Le principe de haut-flux.....	119
Le principe de planéité .....	121
Le principe d'effet tampon .....	121
Le principe de redondance .....	122
Discussion .....	122
Conclusion .....	123
Bibliographie.....	124

# VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement

Hors-série 23 (novembre 2015)

Adaptation aux changements climatiques et à l'augmentation du niveau de la mer en zones côtières

Touili Nabil

## **Portfolio d'options pour le renforcement de la résilience : application de principes systémiques de résilience à la gestion des risques d'inondation en Gironde**

### **Avertissement**

Le contenu de ce site relève de la législation française sur la propriété intellectuelle et est la propriété exclusive de l'éditeur.

Les œuvres figurant sur ce site peuvent être consultées et reproduites sur un support papier ou numérique sous réserve qu'elles soient strictement réservées à un usage soit personnel, soit scientifique ou pédagogique excluant toute exploitation commerciale. La reproduction devra obligatoirement mentionner l'éditeur, le nom de la revue, l'auteur et la référence du document.

Toute autre reproduction est interdite sauf accord préalable de l'éditeur, en dehors des cas prévus par la législation en vigueur en France.

**revues.org**

Revues.org est un portail de revues en sciences humaines et sociales développé par le Cléo, Centre pour l'édition électronique ouverte (CNRS, EHESS, UP, UAPV).

### Référence électronique

Touili Nabil, « Portfolio d'options pour le renforcement de la résilience : application de principes systémiques

de résilience à la gestion des risques d'inondation en Gironde », *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Hors-série 23 | novembre 2015, mis en ligne le 25 novembre 2015, consulté le 02 février 2016. URL : <http://vertigo.revues.org/16671> ; DOI : 10.4000/vertigo.16671

Éditeur : Les éditions en environnements VertigO

<http://vertigo.revues.org>

<http://www.revues.org>

Document accessible en ligne sur : <http://vertigo.revues.org/16671>

Document généré automatiquement le 02 février 2016. La pagination ne correspond pas à la pagination de l'édition papier.

© Tous droits réservés

## ***Résumé***

Les inondations côtières semblent être appelées à connaître une croissance importante en termes de fréquence et d'intensité. En outre, la forte urbanisation des zones côtières amplifie les conséquences de ces inondations en cas d'impact. Or, au lieu de renforcer la résilience, la gestion des risques s'est davantage focalisée, en France, sur le contrôle de l'urbanisation en vue de réduire l'exposition, des biens et des personnes. Le recours à des mesures inflexibles et restreintes ne semble pas favoriser l'adaptation face aux risques présents et futurs. Ce travail explore une alternative destinée à lever les limites des approches actuelles, focalisées sur la réduction des impacts. Nous proposons un cadre opérationnel de renforcement de la résilience par l'application de principes systémiques à la gestion des risques.

**Mots clés** : Risques, Inondation, Résilience, Adaptation

Coastal areas are currently facing a significant rise of frequency and severity of flood disasters combined with a high exposure of people and goods. While risk governance approaches call for changes to strengthen resilience coastal areas, flood risk management remains focused, in France, on land use planning control through inflexible and restrictive regulations. This paper aims at exploring empirically an alternative approach to flood risk management. By integrating resilience systemic principles, this paper offers an operational framework to adapt flood risk management to present and future risk on the coastal areas.

## ***Entrées d'index***

**Keywords** : flood risk, resilience, adaptation

**Lieux d'étude** : Europe

**Touili Nabil**

# **Portfolio d'options pour le renforcement de la résilience : application de principes systémiques de résilience à la gestion des risques d'inondation en Gironde**

## **Introduction**

- 1 Les zones côtières font aujourd'hui face à une hausse potentielle des événements extrêmes tant en termes d'intensité que de probabilité. Pour les risques d'inondation, les impacts en zones à risques sont amplifiés par la forte urbanisation de ces zones attractives et à forts enjeux économiques. Aujourd'hui, les approches de résistance aux aléas ne permettent pas forcément le renforcement de la résilience en zones à risques. En France, la gestion des risques, principalement focalisée sur les Plans de Préventions des Risques d'Inondation (PPRI), vise davantage à réduire, voire à éviter les dommages par des mesures inflexibles et restreintes sur des zones à haute-fréquence historique des aléas (Touili, 2014). Les résultats présentés ici, autour de la gestion actuelle des risques d'inondation, permettent d'explorer un cadre opérationnel de renforcement de la résilience face aux incertitudes liées aux impacts potentiels des changements climatiques. Le portfolio d'option de renforcement de la résilience est, ainsi, issu de l'application de principes systémiques de renforcement de la résilience à la gestion des risques.
- 2 Cette contribution comprend quatre parties. La première partie est dédiée au cadre théorique et aux objectifs de ce travail. Cette partie explique l'intérêt des approches de la résilience dans le contexte actuel de la gestion des risques et expose les principes systémiques de renforcement de résilience appliqués dans ce travail. La deuxième partie décrit la méthodologie de collecte et d'analyse des données. Quant à la troisième et majeure partie de ce travail, elle se scinde en deux sous parties. Une première sous partie revient d'abord, brièvement, sur les résultats d'analyse des mesures associées à la gestion actuelle et leur déploiement en zones à risques. Une seconde sous partie est consacrée à l'application des principes systémiques de la résilience à la gestion actuelle des risques. Ce travail finit par une quatrième partie qui fait office de discussions autour des apports du portfolio d'options de renforcement de la résilience comme un cadre alternatif de gestion des risques.

## **Cadre théorique et objectifs du travail**

- 3 La recherche de nouvelles approches de gestion intervient souvent en réponse à une hausse en terme de dommages, de fréquences et d'intensités des catastrophes naturelles (de Bruijn, 2004 ; Mechler et *al.*, 2010). Actuellement, la gestion des risques fait face aux impacts considérables du climat (Wardekker et *al.*, 2010), et à de larges incertitudes liées aux changements technologiques, humains et physiques du système à risque (Walker et *al.* 2002). De plus, les récents évènements d'inondation confirment que des zones à priori sûres pourraient, à l'avenir, être concernées par ces aléas (Verboom et *al.*, 2010).
- 4 Aujourd'hui, les zones côtières, fortement urbanisées et à forts enjeux économiques, sont confrontées aux impacts potentiels des changements environnementaux, notamment climatiques. Or, la gestion des risques en France prône encore des stratégies inflexibles et contraignantes, en zones à haute fréquence historique des aléas, en parallèle avec le maintien d'une gestion, purement, structurelle, en zones urbanisées et/ou à forts enjeux (Touili, 2014). Pourtant, le renforcement de la résilience d'un système permet de mieux répondre, à long-terme, à des futurs risques incertains liés aux changements climatiques (Tompkins et Adger, 2004) mais aussi à des situations qui requièrent des réponses non usuelles (Lengnick-Hall et Beck, 2005). En effet, les approches de résilience apportent une meilleure réponse aux changements environnementaux par le développement de capacités pour se

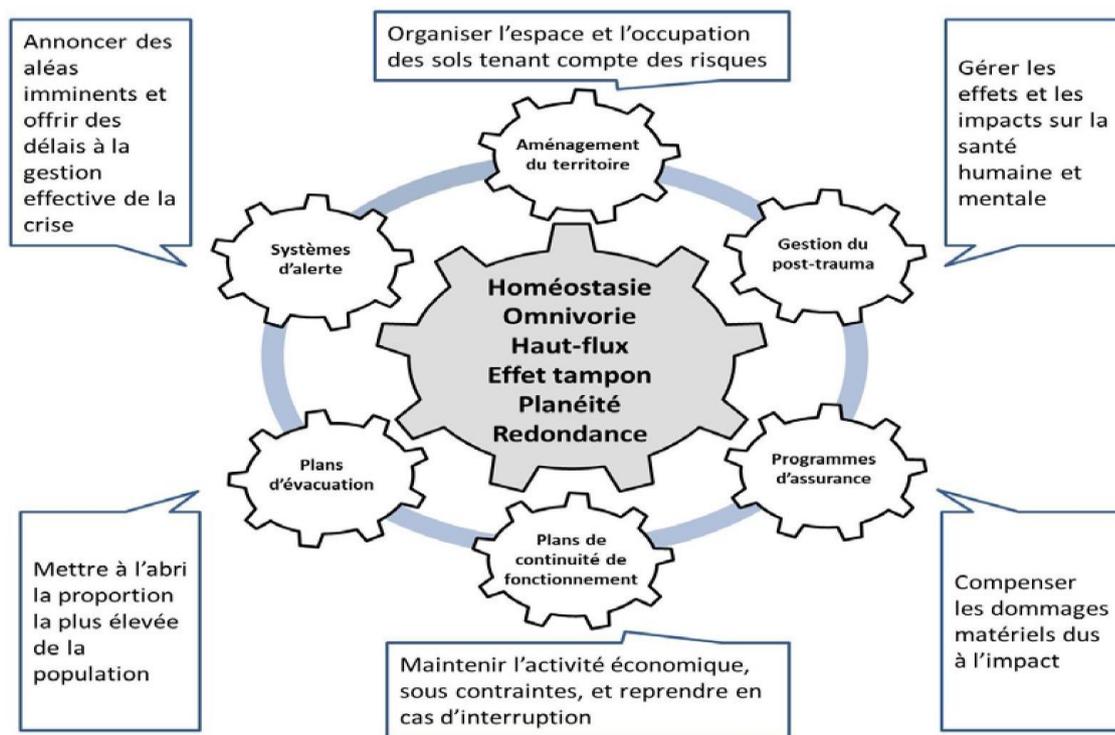
réorganiser suite à des perturbations dues aux changements climatiques et aux évènements extrêmes (Linnenluecke et Griffiths, 2010). À la différence des approches de résistance, souvent focalisées sur des prédictions, les approches de résilience visent à la fois à réduire les impacts et à renforcer la reprise en cas d'impact via des mesures flexibles qui permettent de vivre avec les inondations (Vis et al. 2003). Du point de vue de la résilience, les systèmes peuvent souvent s'organiser autour de plusieurs états (Berkes et al., 2003), se réorganiser et se renouveler face aux changements (Gunderson et Holling, 2002) en intégrant les fortes incertitudes, irréductibles, liées aux risques d'inondations (Walker et al., 2002). Comme alternative d'adaptation face aux risques d'inondation (Liao, 2014), la résilience apparaît

5 Quant à l'opérationnalisation de la résilience, la gestion des risques peut, désormais, s'enrichir de travaux pluridisciplinaires sur les systèmes résilients qui, d'ailleurs, se distinguent par un certain nombre de capacités caractéristiques. Des constats empiriques indiquent que la résilience des systèmes dépend de leurs capacités d'homéostasie, d'omnivorie, de haut-flux, d'effet tampon, de planéité (« *flatness* » en anglais dans les textes originaux) et de redondance (Barnett, 2001 ; Ferrier, 2008 ; Wardekker et al., 2010). De même, les travaux de Watt et Craig, (1986) et de Wildavsky (1988) font également référence à ces capacités, parmi d'autres, vis-à-vis des systèmes résilients. Dans cet article, ces capacités caractéristiques des systèmes résilients seront considérées comme des principes systémiques de résilience qu'on peut définir comme suit:

- Le principe d'homéostasie capture la dimension de régulation du système par le développement de multiples feedback (boucles de rétroaction) dans la gestion des risques. De multiples boucles de rétroaction, entre les composantes du système, contribuent à contrecarrer les perturbations et à stabiliser le système.
- Le principe d'omnivorie concerne l'existence d'une diversification des ressources et des moyens au niveau du système. Plus le système dispose de ressources alternatives, plus il est résilient.
- Le principe de haut-flux porte sur les échanges et les flux de ressources, en volume et en vitesse, à travers le système, pour faire face aux perturbations.
- Le principe d'effet tampon capture la capacité du système à absorber les dommages jusqu'à un certain seuil.
- Le principe de planéité, « *flatness* », est lié à l'implication des structures locales dans la gouvernance des risques pour une réponse rapide et, pas forcément, standard, face aux évènements imprévus. Ce principe qui se réfère aux niveaux de hiérarchisation entre le sommet et la base, dans l'organisation des systèmes, suppose que plus un système est hiérarchisé, par rapport à la base, moins il est résilient (Barnett, 2001).
- Le principe de redondance implique la disposition de plusieurs moyens remplissant la même fonction. Quand l'un fait défaut, l'autre peut prendre le relais.

6 Dans cet article la résilience est perçue comme la capacité du système à maintenir des caractéristiques fonctionnelles et structurelles face aux perturbations. Ici, la notion du système renvoie à celle du territoire de la Gironde, soumis au risque d'inondation en particulier, et à ses interconnexions avec son environnement.

7 Pour renforcer la résilience de la gestion des risques d'inondation, ce travail propose l'exploration d'un cadre opérationnel de renforcement de la résilience par l'application des principes d'homéostasie, d'omnivorie, de haut-flux, d'effet tampon, de planéité et de redondance à la gestion des risques d'inondation en France. Ainsi, le portfolio d'options de renforcement de la résilience passe par l'application de chacun des principes susmentionnés à chacune des mesures suivantes de la gestion des risques : l'aménagement du territoire, les systèmes d'alerte, les plans d'évacuation, les plans de continuité de fonctionnement (PCF), les programmes d'assurance et à la gestion du post-trauma (Figure1).

**Figure 1. Application des principes systémiques de la résilience à la gestion des risques d'inondation**

## Méthodologie

8 Ce travail a été réalisé sur un total de 27 entretiens semi structurés menés au niveau de l'estuaire de la Gironde en France (échantillonnage initial d'informateur clé, suivi par échantillonnage boule de neige, voir le Tableau 1).

**Table 1. Profils des interviewés/structures concernés par nos entretiens semi directifs**

	Structures gouvernementales	Structures locales		Structures économiques
		Collectivités locales	Organisations non gouvernementales	
Profils	4 responsables de planification	1 urbaniste	1 président d'association	2 chefs d'entreprises
	2 responsables environnement			2 assistants de direction
	4 responsables d'aménagement	1 chef de projet risques/nuisances	1 gestionnaire des digues	3 responsables Sécurité/Qualité/Environnement
	4 chargés de missions			1 directeur de production
				1 ingénieur d'opérations

9 Les entretiens ont été conduites en trois phases. Une première phase portait de façon générale sur la perception de la gestion des risques par les interviewés. Une seconde phase, et une troisième, ciblant respectivement des gestionnaires publics et privés, portaient quant à elles sur les mesures de réduction des risques relevant de leurs prérogatives. Une description des cadres de ces entretiens est fournie en annexe 1. La durée moyenne de nos entretiens est de 28 minutes (maximum de 88 minutes et minimum de 34 minutes).

10 Le corpus final de notre travail s'est ainsi constitué par une transcription anonyme et complète des entretiens réalisés (Maximum de 7228 mots, moyenne de 3189 mots, minimum de 722 mots). Les données du corpus ont d'abord été codées puis analysées à l'aide du logiciel de traitement de données qualitatives « Atlas.ti ». Pour la méthodologie, on s'est livré à

une théorisation ancrée (Strauss et Corbin, 1997; McCreaddie et Payne, 2010) où le cadre conceptuel et les données empiriques évoluent conjointement dans un processus itératif. En effet, à la suite d'une première itération qui a permis d'identifier les catégories des mesures de la gestion des risques (codage thématique, codes relatifs aux grands domaines de la gestion du risque tels l'aménagement du territoire ou les assurances), une seconde itération a rendu possible un rapprochement entre les principes systémiques de résilience et les données collectées (établissement de cartographie mentale entre principe de résilience et mesure de gestion). Par-delà ce corpus de données, ce travail s'est appuyé sur les livrables du Projet européen Theseus (<http://theseusproject.eu>).

## Résultats

### Aperçu sur les mesures associées à la gestion des risques en France

- 11 Cette partie vise à donner un bref aperçu, tant à la lumière de la littérature qu'à la lumière de notre corpus d'entrevues, sur le déploiement actuel des mesures associées à la gestion des risques.
- 12 La gestion des risques en France dispose de mesures structurelles et non structurelles pour assurer la prévention, la gestion de crise et la reprise post-crise. Ces mesures s'illustrent principalement par des structures physiques de protection, des zones d'expansion des crues, des plans de prévention des risques d'inondation (PPRI), des plans communaux de sauvegarde (PCS) et le régime d'assurance cat-nat. Néanmoins, la gestion actuelle des risques s'est attelée à la réduction des impacts des inondations par la réduction de l'exposition, des personnes et des biens, sur certaines zones désignées par les PPRI comme étant à haut-risques. Ces plans de prévention qui visent principalement le contrôle de l'urbanisation en zones à risques (Beucher et Rode, 2009) constituent dorénavant une mesure centrale qui fédère l'ensemble des mesures associées à la gestion des risques. Ainsi, on assiste, selon les prescriptions des PPRI, à une gestion différentielle qui distingue des zones à haut-risques, exclusivement soumises à des règlements inflexibles et contraignants vis-à-vis de la constructibilité, en parallèle avec le maintien d'une gestion, purement, structurelle sur des zones urbanisées et/ou à forts enjeux.
- 13 En matière d'aménagement du territoire, l'organisation spatiale s'appuie sur les prescriptions des PPRI qui affichent des zones à haut-risques d'inondation sur des critères de fréquences historiques des aléas. « [...] une double peine aux communes de ne pas pouvoir construire et étendre leurs communes et, en même temps, recevoir des eaux pour protéger des zones plus urbanisées » (13\_Int8)<sup>1,2</sup> (N° de page dans la transcription\_Numéro de l'interview).
- 14 Suivant les prescriptions des PPRI, des espaces situés en zones dites à haut-risques sont également dédiés à la création de zones d'expansion des crues par la suppression des digues à leurs niveaux. Cette gestion différentielle, en termes de mesures, qui entraîne le gel de la constructibilité et du développement local, est aujourd'hui une source de conflits d'intérêts et de tensions défavorables à la gestion collective et à l'application même des règlements des PPRI. La suppression des digues sur les mêmes espaces soumis à l'application des mesures contraignantes des PPRI assoie un sentiment d'injustice. En outre, cette gestion différentielle entraîne une perception différentielle, qui affecte la préparation à la gestion de crise, selon qu'il s'agisse de zones urbanisées et endiguées ou de zones dites à haut-risques synonymes à de fortes contraintes réglementaires.
- 15 En France, la gestion de crise est, principalement, la fonction des Plans Communaux de Sauvegarde (PCS) qui s'appuie sur le message de l'alerte, issu des services de prévisions des crues, pour amorcer des plans d'évacuation si le seuil d'alerte le requiert. Selon les prescriptions des PPRI, l'adoption des PCS n'est obligatoire qu'en zones dites à haut-risques et nécessite l'approbation préalable des PPRI par les autorités locales. Or, « Il y a encore des communes qui n'ont pas leur PCS » (7\_Int2).
- 16 Pour les zones urbanisées et endiguées, l'absence de contraintes réglementaires instaure un faux sentiment de sécurité et une faible préparation de la gestion de crise : « On n'a pas d'inondations ici » (3\_Int25). Par ailleurs, le processus linéaire et unidirectionnel qui relie alerte-évacuation est dépourvu de mécanismes de réaction face à des événements imprévus ou en cas de défaillance de l'un des deux dispositifs.

- 17 Pour l'activité économique, les systèmes d'alerte et les plans d'évacuation ne sont pas entièrement suffisants en terme de gestion de crise (Penning-Rowell, 1996). La place désormais considérable de l'incertitude dans la planification de l'activité économique se traduit chez les entreprises par l'élaboration de Plans de Continuité de Fonctionnement (PCF). Afin de maintenir des avantages compétitifs, les PCF sont des planifications explicites qui visent à maintenir une activité optimale sous les contraintes du risque mais aussi à reprendre en cas d'interruption de l'activité économique. En France, la visibilité de cette mesure est d'abord atténuée par les exigences légales, exclusives, qui font que la planification des PCF est restreinte aux entreprises classées Seveso<sup>3</sup>, principalement. Pour ces entreprises, cette mesure est assimilée à des plans internes de fonctionnement dépourvus des impacts indirects sur le fonctionnement tels que l'interruption de l'activité d'un fournisseur ou les problématiques des infrastructures de transport.
- 18 Alors que la création des zones d'expansion des crues semble être à l'origine même de l'interruption de certaines activités économiques, l'engagement de ces plans souffre de la faible perception de la dangerosité du risque sur l'activité économique en zones urbanisées et endiguées et par la contraction d'une assurance pour l'entreprise et ses employés. En effet, la souscription d'assurance est souvent signalée comme étant une mesure largement suffisante pour reprendre en cas d'impact. « En cas de dommage, l'assurance est là » (3\_Int23). Le régime cat-nat dégage, en effet, un sentiment d'assurance au sens propre du terme aussi bien pour les entreprises que pour les particuliers.
- 19 Ce régime d'assurance, qui bénéficie de l'intervention de l'État en cas d'un événement d'intensité anormale, n'est pourtant pas spécifique aux risques d'inondation. Pour renforcer sa pérennité, ce régime d'indemnisation s'appuie dorénavant sur les prescriptions des PPRI pour définir les primes d'assurance. Néanmoins, ce tandem PPRI-Primes d'assurances affecte négativement à la fois la reprise post-crise et la politique de prévention. La hausse des primes, jugée insupportable et non proportionnelle, en zones dites à haut-risques, incite à l'abandon de l'assurance ou aux déplacements des populations vers des zones à faibles contraintes réglementaires. En retour, cet abandon de l'assurance offre un parfait prétexte de construire illégalement à l'encontre des règlements des PPRI. Alors que les enjeux d'un régime d'assurance sont plutôt liés aux biens exposés en zones à risques, ce régime d'assurance ne permet pas d'agir sur les valeurs exposées en zones à risques. « On est plus vulnérable par notre façon de vivre. [...] Il y a un siècle, les gens n'avaient rien et aujourd'hui, il y'a des dégâts monstrueux » (6\_Int21). Ce régime cat-nat est ainsi fortement menacé par la forte exposition en biens en zones urbanisées, notamment, en l'absence de mesures de gestion de crise à leurs niveaux.
- 20 En vue de la reprise post-crise, nos interviewés aspirent à l'intégration de la gestion du post-trauma pour renforcer la reprise post-crise. « Du point de vue traumatisme, l'aide psychologique doit être mise en place très rapidement et plus que l'aide matérielle. Les aides ne sont pas là pour rassurer les gens mais plutôt pour remettre les industries en place » (6\_Int1). En effet, les risques naturels génèrent, hormis les dommages matériels, des impacts sur la santé physique et mentale tels que l'anxiété et des troubles de stress post-traumatiques (Tapsell et al., 2009). Comme la compensation financière prime au détriment de la gestion des impacts sur la santé mentale et physique, la gestion du post-trauma n'est toujours pas considérée comme une mesure à part entière. Elle s'illustre, en France, par une assistance psycho-médicale, de soutien des victimes, incluse dans les PCS. La gestion du post-trauma est limitée aux répercussions directes et tangibles immédiatement ou à court terme.

## Application des principes systémiques de la résilience

### *Le principe d'homéostasie*

- 21 La régulation du système passe par le renforcement de l'homéostasie au sein de chacune des mesures et entre ces mesures de la gestion des risques.
- 22 Pour ce qui de l'aménagement du territoire, l'application du principe d'homéostasie vise à rétablir l'organisation spatiale du système par des mécanismes d'adaptation aux risques présents et futurs. Le contexte actuel des changements climatiques fait que les leçons du passé

ne sont pas suffisantes pour prévoir des évènements imprévus et, surtout, géographiquement aléatoires (Verboom et *al.*, 2010). Une conception urbaine à moyen-terme serait plus adaptée à d'éventuels besoins de réaménagement, de re-constructibilité ou de déplacements des populations. Le principe d'homéostasie permet la régulation par des feedback qui relie la constructibilité avec l'adoption de mesures de réduction.

23 Le renforcement de l'homéostasie passe par des règlements flexibles de constructibilité, via des permis de construire renouvelables, selon l'évolution des scénarios, ou des droits de construire sous réserve de travaux de réduction des risques, suivant les expériences passées avec le risque. De même, des mesures physiques adaptables, dotées de techniques hydrauliques de réception-évacuation des eaux, peuvent atténuer l'intensité de l'aléa sur une zone donnée par le transfert des eaux au sein du système.

24 Pour les systèmes d'alerte et les plans d'évacuation, la régulation peut, d'abord, s'opérer par anticipation. Des scénarii-tests périodiques d'alerte-évacuation permettent le maintien de la veille notamment en zones urbanisées et endiguées ou à faible fréquence des aléas. Autrement, la préparation à la gestion de crise doit être relative à la taille de la population à évacuer en cas d'impact imminent et non relative à la fréquence historique des aléas.

25 En cas d'impact, l'application du principe de l'homéostasie suggère la définition de la gestion locale de la crise au-delà de l'échelle spatiale concernée par l'éventuel impact. « Quelques-uns avaient fait des PCS, alors que le premier qui a été inondé était le maire qui est resté coincé chez lui. Ils avaient préparé des lits dans la salle des fêtes, qui elle aussi avait été inondée » (19\_Int17) : L'homéostasie s'applique par une diffusion étendue de l'alerte et des PCS inter-échelles administratives, via des plans de sauvegarde intercommunaux.

26 Rappelons que l'alerte n'est une mesure valable que pour les événements prédictibles. Ainsi, en réaction à un évènement imprévu ou à une défaillance de la réponse locale, une alerte inversée, depuis la zone concernée, permettra de réguler la réponse à la crise par une réadaptation des ressources et des moyens. Pour les plans d'évacuation, la régulation se repose sur une planification intercommunale de refuges, de chemins d'accès aux refuges et de moyens de transports au-delà de l'échelle concernée par l'impact.

27 Pour les PCF, ce principe peut s'appliquer à l'échelle de l'entreprise et à celle du système. Pour une entreprise située en zones à risques, prévoir des partenaires d'activité non soumis aux mêmes risques lui offre une meilleure stabilité du fonctionnement et favorise une reprise rapide de son activité en cas d'impact. La fiabilité des PCF des partenaires d'activité renforce sa stabilité vis-à-vis des risques. Une crise engendre à la fois des gagnants et des perdants (Dahlhamer et Tierney, 1996). Ainsi, le renforcement de la résilience au niveau du système passe par le renforcement de la compétitivité entre des entreprises de la même activité pour bénéficier des opportunités générées par l'impact chez leurs concurrents. La résilience au niveau du système passe aussi par la distribution des entreprises de même activité, sur des espaces distincts au niveau du système.

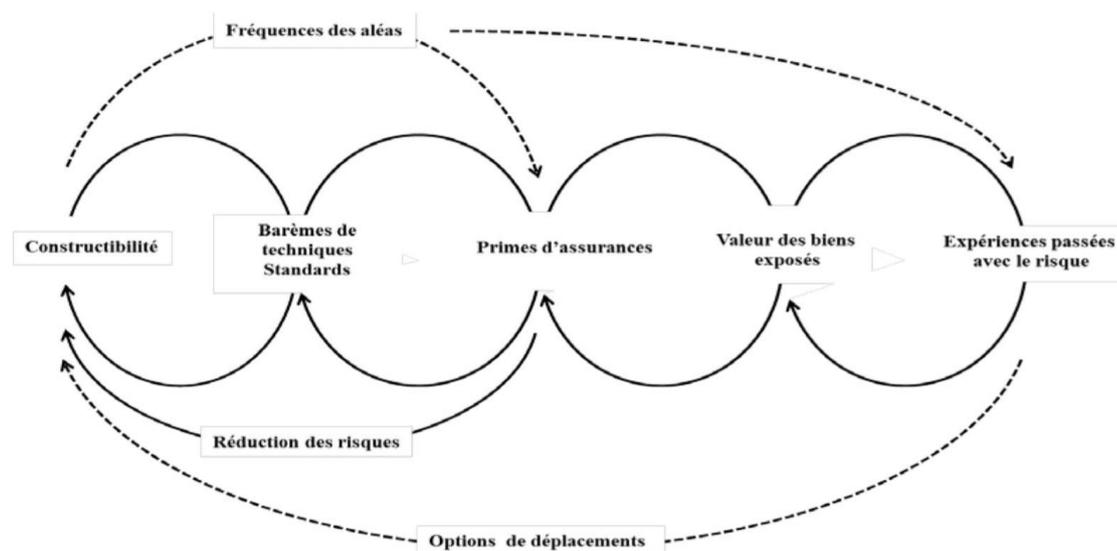
28 Pour le régime cat-nat, ce principe s'illustre déjà par l'intervention de l'État pour réguler des compensations financières. Néanmoins, une régulation ex-ante peut se réaliser via des estimations financières des compensations, en zones à risques, vis-à-vis des biens exposés. Ceci permettrait à la fois d'orienter les efforts de préventions en fonction de l'exposition en biens et personnes mais aussi d'anticiper les montants à indemniser, réduisant ainsi les délais d'indemnisation en cas d'impacts.

29 De même, réduire les délais d'indemnisation, favorise un retour rapide à la normale et réduit, ainsi, les impacts traumatiques post-crise. Par ailleurs, la régulation préalable à l'encontre du post-trauma passe d'abord par la réduction préalable des biens exposés par les populations en zone à risques. Plus on réduit les biens exposés, moins sont les dommages potentiels encaissés et moins seront les impacts relatifs à leurs pertes. En cas d'impact, des listes préétablies permettent de cibler les populations les plus vulnérables, basé sur des critères socio-économiques tels que l'âge, le genre, le revenu. Sur le long terme, des évaluations d'impact sur la santé illustrent un suivi de symptômes latents de stress post-traumatiques afin que les sinistrés rebondissent et soient préparés à d'éventuels futurs évènements :

« Le suivi psychologique [...] il y'a une aide immédiate mais, j'en suis moins sûre à long terme » (2\_Int4).

- 30 En outre, le principe d'homéostasie peut s'appliquer à l'interface des mesures associées à la gestion des risques. Au lieu de s'appuyer exclusivement sur des prévisions concernant la fréquence des aléas, l'application du principe de l'homéostasie offre un cadre de régulation continue qui intègre des feedback entre la constructibilité, la réduction du risque par des mesures propres de protection, les primes d'assurance, les valeurs exposées et l'expérience avec le risque.

**Table 2. Des boucles de rétroaction pour le renforcement de la résilience par l'application du principe de l'homéostasie**



- 31 Le tandem entre les PPRI, principalement fondés sur la fréquence historique des aléas, et les primes d'assurances entraîne un gel de la constructibilité et/ou un abandon de l'assurance. La régulation du système face aux risques présents et futurs passe par l'intégration de mécanismes de rétroaction qui intègre aussi la constructibilité en zones à risques, l'adoption de mesures propres de protection et des primes d'assurance modulables. L'élaboration de barèmes de primes d'assurance et de normes techniques de construction, reconnaissables par les assureurs et les assurés, doit relayer des primes d'assurance proportionnelles à l'investissement des assurés dans des mesures propres de protection et la constructibilité en zones à risques. Des primes d'assurance proportionnelles seraient, désormais, une forte incitation à la prévention mais aussi un indicateur du niveau d'exposition. Toute hausse des primes en zones à haute fréquence des aléas pourrait être contrecarrée par des investissements dans des mesures propres de protection. Ceci permet de réduire les biens exposés en zones à risques mais aussi éviter des sélections de populations sur des critères socio-économiques en zones à risques. Une forte récurrence des expériences avec le risque serait ainsi une incitation au déplacement des populations.

### *Le principe d'omnivorie*

- 32 Aujourd'hui, les approches d'aménagement du territoire s'appuient principalement sur l'idée de contrer/isoler l'aléa du système. Le renforcement de l'omnivorie suggère des approches alternatives qui intègrent le risque au système par une conception de projets urbains en hauteur et/ou hydrauliquement transparents permettant de vivre avec les inondations. La mise en place de brises vagues, en dehors du système, constitue une approche additionnelle pour réduire l'intensité des vagues avant d'atteindre les côtes.
- 33 En revanche, l'application de l'omnivorie peut s'atteler au ralentissement, ou à minima, à la maîtrise des impacts des changements climatiques pour atténuer la fréquence et l'intensité des inondations. Comme le ralentissement des changements climatiques passe, entre autre, par la diminution de la consommation en CO<sub>2</sub> (Nordhaus, 1999), l'omnivorie peut s'appliquer,

indirectement et à long terme, à des politiques énergétiques à faibles émissions de gaz à effets de serre adoptées à l'échelle mondiale.

34 Pour la gestion de crise, la diversification en matière de gestion de crise s'applique aux modes de l'alerte et de transport et à la planification de refuges : La défaillance d'une alerte depuis les services de prévision des crues (SPC) doit être compensée par des sources formelles ou non formelles au niveau local. Également, nos enquêtes révèlent que, par mémoire, la montée des eaux sur des zones données en amont du territoire peut être un indicateur d'un impact imminent sur des zones en aval. La mémoire du risque peut ainsi être exploitée comme une source supplémentaire de prévision. Selon le seuil annoncé de l'alerte, les PCS doivent prédisposer de différents types d'évacuation. La planification des refuges doit prévoir des plans d'évacuation de masse à petite et à grande échelle, des plans évacuations d'urgence et des plans d'évacuation préventive. La diversification des plans de refuges s'accompagne avec une diversification des localisations géographiques, des surfaces des refuges, des chemins d'accès et des modes de transports vers les refuges.

« Notre activité s'est interrompue à cause de la rupture de notre fournisseur frappé par le Tsunami au Japon » (11\_Int19) et « La reprise souffre des inondations des routes et des inondations des foyers des employés eux-mêmes » (3\_Int20)

35 De même pour l'activité économique, ce principe consiste à diversifier la localisation de la main d'œuvre, les sources d'approvisionnements et les modes de transports routiers et ferroviaires. Selon nos entretiens, le nettoyage de locaux, pour les petites entreprises, est le plus souvent effectué par les employés eux-mêmes. Ainsi, l'application de l'omnivorie s'effectue par la diversification des localisations des foyers des employés de la même entreprise. Pour se prévenir d'éventuels impacts indirects, tels que l'interruption d'activité d'un fournisseur ou la vulnérabilité des réseaux de transport, le renforcement de la résilience, pour les grandes entreprises, passe par la diversification des modes de production, via des contrats de sous-traitance ou la création de filiales. Au niveau du système à risques, la résilience serait davantage sensible aux groupements de toutes ses ressources sur une même échelle spatiale ; la résilience du système passe par des localisations géographiques, tant que possible, distinctes des entreprises de la même activité.

36 Pour la reprise post-crise, le régime cat-nat, qui réunit le marché privé d'assurance et de réassurance et l'intervention de l'État, illustre en principe l'omnivorie à l'échelle nationale. En cas de catastrophe majeure, la diversification des sources financières d'indemnisation des victimes pourrait faire appel à des fonds de solidarité communautaires tels que le FSUE (Fonds de Solidarité de l'Union Européenne) ou à d'autres institutions internationales.

37 Pour la gestion du post-trauma, l'application de ce principe vise à diversifier les approches de réduction des impacts sur la santé humaine. En plus de l'assistance psycho-médicale immédiate, des octrois de crédits ou d'aides financières gouvernementales et des formes sociales d'entre-aides et d'hébergement des sinistrés permettent également de réduire la durée de la reprise et, par conséquent, les impacts négatifs sur le trauma. La réduction des impacts traumatiques passe aussi par la création de nouvelles sources de revenus, pour compenser la perte d'emploi des sinistrés en zones à risques.

#### *Le principe de haut-flux*

38 Pour l'aménagement du territoire, ce principe suppose des hauts flux d'information avant et pendant un évènement. Une communication obligatoire sur le risque, notamment, en zones endiguées et/ou à faible fréquence des aléas. « Je ne comprends pas comment certains élus sont capables de nier le risque pour avoir moins de contraintes » (4\_Int12)

39 En amont de la gestion des risques, l'application de haut-flux implique des échanges entre les instances chargées de la prévention, en l'occurrence le ministère de l'Écologie et du Développement Durable, et celles chargées de l'indemnisation, notamment le ministère de l'Économie et des Finances. Ceci va dans le même sens de l'application de l'homéostasie qui renforce le tandem entre la prévention et les primes d'assurances.

« Au Vietnam, ils font des digues larges où l'on peut circuler dessus. L'avantage est que dès qu'il y a une brèche, elle est repérée immédiatement car ça gêne la circulation des gens » (5\_Int13).

40 Ainsi, des ouvrages physiques, piétonniers, servent à repérer des brèches et à impliquer des  
flux d'information entre populations et gestionnaires des digues avant l'occurrence de l'aléa.  
41 Pour les systèmes d'alerte et les plans d'évacuation, ce principe vise à asseoir une  
communication horizontale et interactive le long de la chaîne prévision-alerte-évacuation.

« Entre les éléments qui sont donnés par la préfecture, on nous donne une hauteur d'eau. Mais  
c'est quoi 4m50 par rapport à nos digues ? Les élus ne sont pas capables de savoir. La hauteur de  
la digue est à 4.80 NGF, et nous on nous dit 4.50m » (9\_Int1).

42 La pertinence de l'alerte appelle à une uniformisation des unités de mesures et à un listing  
préalable d'action, dans les PCS, en réponse à différentes hauteurs de la montée des eaux.  
Ceci peut pallier à l'inadéquation entre les niveaux de vigilance, des services de prévisions  
régionaux, conçus pour faire face à des crises majeurs, et les seuils d'alerte des PCS, conçus  
pour faire face à des crues moyennes et fréquentes (Vinet, 2007). « On sait communiquer de  
manière verticale, police entre eux, pompiers entre eux, mais entre police et pompiers c'est  
la pagaille » (2\_Int13). La performance de la chaîne prévision-alerte-évacuation dépend du  
volume et de la vitesse des échanges. Les déficits de communications horizontales, lors des  
opérations de secours, suggèrent des compositions représentatives, des acteurs impliqués dans  
les opérations de secours, centralisées au sein des unités locales de gestion de crise. Ça revient  
à cette unité locale de gestion de crise de rester réactif aux retours de l'alerte pour décider,  
en conséquence, de la planification de refuges, échelle communale ou intercommunale, voire  
l'engagement de plans ORSEC<sup>4</sup> en cas de catastrophe majeure.

43 Pour l'activité économique, les prévisions des catastrophes naturelles s'étendent le long de la  
chaîne production-partenaires-clients. L'application de ce principe aux PCF concerne ainsi  
deux catégories de flux:

- Des flux d'information s'illustrent par un suivi préalable des impacts potentiels  
des risques encourus par les partenaires de production, et en cas d'impact, une  
communication sur le degré d'impact entre l'entreprise, ses partenaires d'activités et  
ses clients. En interne, des formations et des audits de sécurité spécifiques au risque  
garantissent une veille permanente et des réponses adéquates en cas d'impact direct. Des  
systèmes d'alerte internes doivent profiter de flux permanents entre l'entreprise et son  
environnement afin de répercuter l'alerte en temps réel et offrir des délais satisfaisants  
aux actions de réponse et d'évacuation au sein de l'entreprise. En cas de pollution  
ou contamination, la transparence de l'entreprise évitera d'amples dommages à son  
environnement physique et aux chargés des opérations de secours.
- Des flux financiers: Tenant compte des liens économiques entre partenaires d'activités,  
la résilience de l'activité économique de l'entreprise passe par une solidarité financière  
pour maintenir l'activité ou reprendre des impacts d'un aléa. Cette solidarité peut faire  
l'objet de contrats de partenariats-risques en dehors de la mesure assurance.

44 Concernant la mesure assurance, ce principe vise une meilleure implication des assureurs dans  
la gestion des risques. Des haut-flux passent par la mise en place de gestionnaires des risques  
à l'interface des assureurs, réassureurs, et la CCR (Caisse Central de Réassurance). Dans  
le même sens, des organes de certification des travaux de réduction investis par les assurés  
renforcent la symétrie d'information entre assureurs et assurés en vue de la modulation des  
primes d'assurance.

45 Face à l'urbanisation des zones à risques et/ou aux déplacements des populations en zones  
à risques, l'application des haut-flux à la gestion du post-trauma vise à priori les nouveaux  
arrivés. La réduction des impacts sur le trauma passe par la mise en place de sessions  
périodiques de médiation entre les « nouveaux résidents » et ceux « ayant une expérience  
passée avec le risque ». L'intérêt de ces échanges d'informations et de pratiques est de garantir  
une conscience partagée et une homogénéité des réponses collectives pendant la gestion de  
crise. En cas d'impact, la mobilisation rapide d'instances d'expertises raccourcit les délais  
sur la prononciation sur les états des lieux pour la déclaration ou non d'état de « catastrophes  
naturelles ».

*Le principe de planéité*

46 En matière d'aménagement du territoire, l'application de ce principe améliore l'acceptabilité sociale des règlements des PPRI. L'intégration du développement local par les plans de prévention commence déjà par l'élaboration de plans locaux de développement. La convergence entre ces plans de développement locaux et les PPRI, élaborés en dehors des frontières administratives locales, peut faire l'objet de démarches participatives inter scalaires. Comme « l'hydraulique ne s'arrête pas aux limites administratives » (4\_Int11), le principe de planéité peut ainsi conduire à des consensus sur des seuils d'urbanisation ou des codes de construction communs intercommunaux. Ce principe permet une gestion collective en termes de prévention et de gestion de crise. L'application du principe de planéité répartit les responsabilités sur des plusieurs acteurs à plusieurs niveaux par l'intervention des autorités locales, des maitres d'ouvrages, des notaires ou des compagnies d'assurances dans la veille sur le respect des réglementations.

47 Pour les systèmes d'alerte et les plans d'évacuation, l'application de ce principe acquiert un accomplissement de la gestion de crise en dépit de toute défaillance technique, matérielle ou humaine. Aujourd'hui, des prestations locales de surveillance et de prévision peuvent pallier à toute défaillance technique des services régionaux de prévision, ou humaine, de relais transmission de l'alerte, depuis les niveaux hiérarchisés. Nos enquêtes témoignent de l'importance de la subsidiarité lors de la gestion effective de la crise. La subsidiarité s'illustre par la capacité de remplacement entre acteurs sur une même échelle ou sur des échelles différentes. Sur une même échelle, la subsidiarité s'illustre par la participation spontanée de la population en cas d'incapacité des acteurs chargés de la gestion de crise:

« Le premier camion de pompier qui était parti secourir les gens est tombé dans le fossé. Le conducteur ne connaissant pas parfaitement la route. Les seuls qui ont pu porter secours immédiatement étaient les agriculteurs avec leurs tracteurs » (2\_Int17).

48 La subsidiarité s'illustre dorénavant par le remplacement de la gestion locale de crise par la gestion de crise majeure, via des plans ORSEC, en cas de manque de moyens matériels ou humains à l'échelle locale.

49 Pour le régime cat-nat, le principe de planéité suppose l'implication des assureurs dans la fixation des taux de surprimes d'assurance dommages jusqu'alors emparée par l'État. Pour rejoindre l'application du principe d'homéostasie, un processus de concertation peut réunir des représentants d'entreprises et des particuliers avec les assureurs autour des barèmes de techniques de construction et les organes de certification des travaux de réduction du risque.

50 Pour la gestion du post-trauma, des thérapies de groupes officieuses peuvent réunir des habitants d'un même quartier pour soutenir les victimes d'un impact.

*Le principe d'effet tampon*

51 L'application de ce principe renforce la résilience par l'amélioration de la capacité d'absorption du risque au niveau de l'aménagement du territoire.

52 Dans l'aménagement du territoire, la création de zones d'expansion des crues est un exemple courant. Or, la répartition de ces zones sur des échelles restreintes condamne de larges zones à la rétention des eaux pour surprotéger des zones urbanisées et/ou à forts enjeux. « La suppression des digues sur certaines zones bloque toute évolution de l'activité agricole voire tout investissement à long terme en zones PPRI » (2\_Int10). Ceci entraîne des sentiments de sacrifice et d'iniquité. L'application de ce principe suppose, plutôt, une répartition étendue sur l'ensemble du territoire, de petites zones d'expansion des crues autour des noyaux les plus urbanisées. Ceci intègre une forte incertitude sur l'occurrence de futurs événements sur des zones à priori sûres du territoire et accorde, en même temps, une meilleure équité en matière de mesures de la gestion des risques. Ce principe peut se traduire par le développement d'espaces verts le long des rives en exploitant les capacités d'infiltration des sols. Autrement, l'application de l'effet tampon peut passer par un volume d'urbanisation ascendant en allant des rives vers les centres urbains.

53 Concernant les PCF, la capacité d'absorber des impacts éventuels passe tout d'abord par un rehaussement des stocks, machines et équipements les plus critiques et l'adoption des

techniques d'écoulement transversal des eaux au sein des locaux. Une gestion préventive des stocks alloue des délais supplémentaires de continuité de fonctionnement en cas d'impacts directs ou indirects. Selon nos entretiens, la reprise de l'activité est souvent affectée par la durée du nettoyage des locaux ou de maintenance des équipements touchés par la montée des eaux : « L'entreprise est comme une maison, il faut nettoyer d'abord [...] et réparer les équipements pour reprendre l'activité » (14\_Int3). Ainsi, la disposition dans les PCF de contrats pré établis avec des entreprises de nettoyage et de maintenance accélère la reprise de l'activité.

54 En outre, des clauses de relogement/hébergement provisoires incluses dans les contrats d'assurances allègeraient les impacts sur le post-trauma.

#### *Le principe de redondance*

55 Pour l'aménagement du territoire, ce principe s'applique par la mise en place de multiples moyens de protection. Des obstacles technologiques et naturels peuvent jouer le rôle de structures secondaires de réduction du risques : diguette, remblais, cordons pierreux, routes, etc. De même, la rétention des eaux peut se réaliser via des techniques urbaines telles que les « water squares » de collecte des eaux à l'intérieur des centres urbains.

56 Pour les systèmes d'alerte et d'évacuation, ce principe concerne la redondance des techniques et des acteurs de la gestion de crise. Une diffusion redondante du message d'alerte doit faire l'objet de procédés formels, audio-visuels, et informels.

57 Le renforcement de la résilience économique au niveau de l'entreprise appelle à la disposition de fournisseurs de remplacement pour un même besoin de fourniture. De même, la reprise post-crise serait avantagée si les partenaires de la même activité ont souscrits des assurances auprès de différents organismes d'assurance. Par ailleurs, la planification de la continuité de fonctionnement peut désormais apprivoiser des possibilités de relocalisation comme une option de la résilience économique.

58 Pour les programmes d'assurance, une pluralité d'assureurs alloue des offres concurrentielles en matière de primes d'assurance et de modalités d'indemnisation.

59 Pour la gestion du post-trauma, ce principe requiert une multitude des centres de soutien et d'aides psycho-médicale. L'intervention post-crise peut intégrer des services étatiques et des ONG sur place, par des centres ambulants et, à distance, par des communications téléphoniques pour un suivi à moyen-long terme.

## Discussion

60 Comme le terme résilience signifie « rebondir », les approches de résilience se préoccupent davantage des capacités d'un système à « se rétablir » des impacts d'un aléa que de celles d' « éviter » et/ou de « réduire » ses impacts. Opter pour le renforcement de la résilience, contrairement aux approches traditionnelles, revient à accepter la catastrophe et à persister en dépit de ses impacts. Dans cette optique, ce cadre opérationnel issu de l'application des principes systémiques de la résilience semble apporter trois avancées principales à la gestion actuelle des risques.

61 D'abord, vis-à-vis des incertitudes liées à la gestion des risques. L'application de ces principes a permis de :

- Répartir les efforts de prévention à la fois contre des événements à hautes probabilités d'occurrence que sur des événements à faibles probabilités mais à fortes conséquences.
- Dissocier la gestion de crise des éventuelles défaillances de l'alerte et/ou de l'évacuation. L'application des principes systémiques permet d'intégrer davantage d'incertitudes liées à l'occurrence d'aléas imprévus.
- Réduire la vulnérabilité financière du système, tout en renforçant les capacités individuelles de reprise et celles de préparation préalable à d'éventuels événements extrêmes.

62 Qu'en est-il dans ce cadre du concept d' « exposition » ? L'exposition aux risques est une notion capitale dans le choix des approches et, par conséquent, des mesures déployées en zones à risques. Dans les approches traditionnelles, la notion d'exposition est souvent traitée

via l'aménagement du territoire. Or dans un cadre de renforcement de la résilience, la notion d'exposition dépasse celle de l'aménagement, vu comme moyen d'éloignement de la source de risque. Il s'agit là pour l'aménagement de prendre en compte le « vivre avec le risque ». En plus de la dimension spatiale où coïncide « aléa » et « enjeux » (Leone et Vinet, 2006), la notion d'exposition englobe une dimension fonctionnelle. Dans ce cadre opérationnel, l'exposition est perçue à travers les caractéristiques de l'urbanisation et les effets/impacts directs mais aussi indirects, tangibles et intangibles au sein ou au-delà de la zone d'occurrence des aléas. Des indicateurs de l'exposition tels que la proximité à la côte ou la fréquence et la durée de l'aléa (Messner et *al.*, 2005) peuvent, ainsi, être complétés par la durée d'interruption de l'activité ou la valeur des biens exposés, du point de vue de la résilience. Les résultats de ce travail révèlent que la difficulté d'opérationnaliser la résilience revient aussi aux difficultés d'appliquer des approches holistiques et transdisciplinaires inhérentes au concept de la résilience (Toubin et *al.*, 2012), en particulier, sur des systèmes complexes tels que les zones côtières.

63 Enfin, vis-à-vis des clivages entre les fonctions préétablies de chacune de mesures. L'application de ces principes impulse une certaine transgression des frontières entre ces fonctions principales et développe une interdisciplinarité indispensable face aux changements climatiques :

- L'aménagement du territoire, dont la fonction initiale est la prévention, contribue dorénavant au renforcement des capacités de préparation à la gestion de crise. Une meilleure répartition de mesures réglementaires estompe les sentiments de fausse sécurité et stimule une veille permanente et une conformité de la réponse en cas d'impact.
- Les systèmes d'alerte et les plans d'évacuation, conçus initialement en cas d'impact imminent, contribuent à consolider les interactions entre échelles en dehors des frontières administratives.
- Les PCF, prévus pour la gestion de crise économique, consolident la prévention, via des incitations aux investissements dans des moyens propres de protection, et favorisent la pérennité des programmes d'assurances par la réduction des impacts, directs et indirects, sur l'activité économique.
- Les programmes d'assurance, qui interviennent purement en cas de dommages, contribuent au renforcement de la prévention, chez les particuliers et les entreprises, et à la réduction des impacts sur le trauma, par des incitations à la réduction des valeurs des biens exposés.
- La gestion du post-trauma, comme une mesure purement de reprise post-crise, suscite dorénavant une cohésion sociale, une conformité de la perception des risques et une homogénéité de l'action collective pour la gestion de crise.

64 Le résultat de l'application de ces principes assoit une gestion intégrée par des interconnexions entre les mesures plurielles associées à la gestion des risques. Ce cadre opérationnel considère la somme composée de la prévention, de la gestion de crise et de la reprise post-crise comme un seul moyen pour assurer la durabilité des systèmes face aux inondations. Les interconnexions mise en place entre l'ensemble des mesures devraient unir la gestion des risques dans cet objectif. Pour les approches de résilience, l'harmonie de l'ensemble s'avère plus important que l'efficacité de chacune des mesures. Le respect de ces principes permettrait que les mesures, indépendantes les unes des autres, évoluent conjointement dans un objectif commun. En l'absence de connaissances précises autour des impacts potentiels des changements climatiques, la flexibilité mise en place par l'application de ces principes serait favorable à l'adaptabilité de la gestion des risques dans la durée.

## Conclusion

65 La gestion des inondations a évolué de la simple construction d'une digue, pour isoler l'aléa du système, à l'adoption de mesures de gestion de crise et de reprise post-crise, en vue de maintenir la durabilité des systèmes sous les impacts des aléas. Cette évolution en termes de mesures, visible en zones à risques, est la traduction d'une adaptation en termes d'approches de gestion. Devant l'absurdité de désurbaniser les zones côtières, la résilience

apparaît comme l'alternative la plus adaptée pour saisir les expériences du passé tout en intégrant les incertitudes multiples liées aux risques futurs.

66 L'analyse des résultats montre que chacun de ces principes appliqués pour le renforcement de la résilience apporte une variante particulière à la gestion des risques : Les principes d'homéostasie ou d'omnivorie stimulent une réorganisation et un renouvellement du système. La prise en compte de la dynamique du système y laisse entrevoir plusieurs états d'équilibres possibles dans le renforcement de la résilience. En revanche, l'application du principe de l'effet tampon ou de la redondance consolide davantage la résistance du système en vue de maintenir un état stable face aux aléas et leurs impacts. Quant aux principes de haut-flux et de planéité, ils interviennent à l'interface entre ces deux aspects de la résilience, à savoir, entre le maintien des mêmes caractéristiques antérieures du système et sa transformation/renouvellement.

67 Dans ce sens, ce portfolio d'options pour renforcer la résilience n'est qu'un point de départ pour explorer les capacités de transformation des systèmes et la multitude des états d'équilibres dynamiques liées au concept de la résilience.

## Annexe 1. Cadre général des entretiens

### **Bibliographie**

Adger, N.W., N.W. Arnell et E.L. Tompkins, 2004, Successful adaptation to climate change across scales, *Global Environmental Change*, 15, pp. 77-86.

Barnett, J., 2001. Adapting to climate change in Pacific Island Countries: The problem of uncertainty. *World Development*, 29(6), pp. 977-993.

Berkes, F., J. Colding et C. Folke, Eds., 2003, Navigating Social-Ecological Systems, Building Resilience for Complexity and Change, Cambridge, UK, *Cambridge University Press*, pp 393.

Beucher, S. et S. Rode, 2009, L'aménagement du territoire face au risque d'inondation: regards croisés sur la Loire moyenne et la Val-de-Marne, *M@ppemonde*, 94, p1-19.

Dahlhamer, J.M. et K.J. Tierney, 1996, Winners and Losers: Predicting Business Disaster Recovery Outcomes Following the Northridge Earthquake, University of Delaware, Disaster Research Center, pp. 24.

de Bruijn, K.M., 2004, Resilience and flood risk management, *Water Policy*, 6, 1, pp. 53-66.

Ferrier, N., 2008, Fundamentals of Emergency Management: Preparedness, *Edmond Montgomery Publications*, Ontario, pp. 171-179.

Gunderson, L.H. et C.S. Holling, eds., 2002, Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems. Washington, *Island Press*, pp. 507.

Lengnick-Hall, C.A. et T.E. Beck, 2005, Adaptive fit versus robust transformation: How organizations respond to environmental change. *Journal of Management*, 31, 5, pp. 738-757.

Leone, F. et F. Vinet, 2006, La vulnérabilité, un concept fondamental au cœur des méthodes d'évaluation des risques naturels, La vulnérabilité des sociétés et des territoires face aux menaces naturelles. *Analyses géographiques*, 1, pp. 9-25.

Liao, K.H., 2014, From flood control to flood adaptation: a case study on the Lower Green River Valley and the City of Kent in King County, *Washington. Natural hazards*, 71(1), pp. 723-750.

Linnenluecke, M. et A. Griffiths, 2010, Beyond adaptation: resilience for business in light of climate change and weather extremes, *Business & Society*, 49,3, pp. 477-511.

McCreadie M. et S. Payne, 2010, Evolving grounded theory methodology: towards a discursive approach, *International Journal of Nursing Studies*, 47, pp. 781-793.

Mechler, R. et Z.W. Kundzewics, 2010, Assessing adaptation to extreme weather events in Europe, *Mitig Adapt Strateg Glob Change*, 15, pp. 611-620.

Messner F. et V. Meyer, 2005, Flood damage, vulnerability and risk perception-challenges for flood damage research, *UFZ Discussion Papers*, 13, pp. 27.

Nordhaus, W.D., 1999, Biens publics globaux et changement climatique. *Revue française d'économie*, 14(3), pp. 11-32.

Penning-Rowsell, E.C., 1996, Society Flood-Hazard Response in Argentina, *American Geographical Society*, 86, 1, pp. 72-90.

- Strauss, A.L. et J. Corbin, 1997, *Grounded Theory in Practice*, Sage Publications, Thousand Oaks, 280 p.
- Tapsell, S., S. Tunstall et S. Priest, 2009, A health impacts model for floods, in *Developing a conceptual model of flood impacts upon human health*, FLOODsite Consortium, London, p1-88.
- Tompkins, E.L. et W.N Adger, 2004, Does adaptive management of natural resources enhance resilience to climate change?, *Ecology and society*, 9, 2, p. 10.
- Toulin, M., S. Lhomme, Y. Diab, D. Serre et R. Laganier, 2012, La Résilience urbaine: un nouveau concept opérationnel vecteur de durabilité urbaine? *Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie*, 3(1).
- Touili, N., 2014 (soumis), Le recours aux mesures non structurelles pour la gestion des risques côtiers: de la théorie à la pratique, une étude de cas, *Développement durable et territoires*.
- Verboom, J., P. Schippers, A. Cormont, M. Sterk, C.C. Vos et P.F. Opdam., 2010, Population dynamics under increasing environmental variability: implications of climate change for ecological network design criteria, *Landscape ecology*, 25, 8, pp. 1289-1298.
- Vinet, F., 2007, Approches nationales de la prévention des risques et besoins locaux: le cas de la prévision et de l'alerte aux crues dans le Midi méditerranéen. *Géocarrefour*, 82, (1-2), pp. 35-42.
- Vis, M., F. Klijn, K.M. de Bruijn et M. Van Buuren, 2003, Resilience strategies for flood risk management in the Netherlands, *International journal of river basin management*, 1, 1, pp. 33-40.
- Walker, B., S. Carpenter, J. Anderies, N. Abel, G. Cumming, M. Janssen, L. Lebel, J. Norberg, G.D. Peterson et R. Pritchard, 2002, Resilience management in social-ecological systems: a working hypothesis for a participatory approach, *Conservation ecology*, 6, 1, p.14.
- Wardekker, J.A., A. de Jong, J.M. Knoop et J.P. van der Sluijs, 2010, Operationalising a resilience approach to adapting an urban delta to uncertain climate changes, *Technological Forecasting and Social Change*, 77, 6, pp. 987-998.
- Watt, K. E. et P.P. Craig, 1986, System stability principles. *Systems Research*, 3(4), pp. 191-201.
- Wildavsky, A.B., 1988, Searching for safety, *Transaction publishers*, New Jersey, 10, pp. 111-121.

---

### Notes

- 1 « [...] Citations du corpus de données » (N° de page dans la transcription\_Interview N°X)
- 2 Ces citations, représentatives, sont fournies à titre illustratif afin d'étayer notre propos.
- 3 Des entreprises accueillant des matières et des produits dangereux susceptibles, en cas d'accident, de générer des catastrophes majeures.
- 4 Les ORSEC (Organisation de Réponse de Sécurité Civile), sont engagés sous la direction unique du préfet.

---

### Pour citer cet article

Référence électronique

Touili Nabil, « Portfolio d'options pour le renforcement de la résilience : application de principes systémiques de résilience à la gestion des risques d'inondation en Gironde », *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Hors-série 23 | novembre 2015, mis en ligne le 25 novembre 2015, consulté le 02 février 2016. URL : <http://vertigo.revues.org/16671> ; DOI : 10.4000/vertigo.16671

---

### À propos de l'auteur

**Touili Nabil**  
Laboratoire CEARC, OVSQ, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines, 11 Boulevard d'Alembert, 78280 Guyancourt, France, Courriel : [nabil.touili@uvsq.fr](mailto:nabil.touili@uvsq.fr)

---

### Droits d'auteur

© Tous droits réservés



## Conclusion générale

Construire une digue, souscrire une assurance, engager un plan de prévention ou un plan de continuité de fonctionnement incarnent des capacités d'adaptation aux changements des risques et leurs contextes. Si l'adaptation aux changements climatiques est actuellement un volet scientifique d'importante croissance, l'engagement de cette adaptation en zones à risques se heurte au manque de connaissances scientifiques précises sur les caractéristiques futures en termes de fréquence, d'intensité et de distribution géographique des aléas d'inondation.

Par théorisation ancrée, issue des données du terrain et de l'analyse des concepts liés à la gestion des risques, ce travail a d'abord permis de situer les concepts de la vulnérabilité et de la résilience, et leur traduction en termes d'approches, dans le cadre de l'adaptation. La dynamique des mesures, et leur déploiement en zones à risques, est l'expression des capacités d'adaptation.

- L'adaptation, en zones à risques, incarne des transitions en termes d'approches et de mesures associées à la gestion des risques (Cf. [Figure 9](#)).

L'adaptation illustre des changements en réponse à des changements apparents ou fortement prévus. En réponse aux changements climatiques et leurs impacts potentiels, les changements en matière de la gestion des risques s'expriment par une double transition. Une transition en termes d'approches, allant du focus sur l'aléa vers un focus sur la réduction des vulnérabilités et le renforcement de la résilience et qui s'accompagne par une transition d'une gestion purement structurelle à une gestion davantage non structurelle.

La gestion des risques d'inondation a été centralisée autour de mesures physiques d'ingénierie agissant sur les sources d'aléas. Face aux risques d'inondation, la gestion fut d'abord focalisée sur des stratégies de contrôle des inondations (Vis et al., 2003 ; Merz et al. 2010). Cependant, les mesures physiques de défense ont progressivement été complétées ou remplacées par des mesures de réduction des effets des inondations telles que les systèmes d'alerte et d'urgence, les règlements d'aménagement du territoire, les constructions résistantes et les mesures d'assurances (Merz et al. 2010). La gestion non structurelle reflète un changement d'échelle dans la mesure où la réduction des effets/impacts dépasse la source locale de l'aléa pour intégrer un contexte global qui prend en considération « une échelle plus large qui englobe d'autres rivières » (eg. Middlekoop et al., 2004). La prise de conscience des

interdépendances inter-scalaires des effets/impacts liés aux risques semble favoriser le recours aux mesures non structurelles, applicables sur de plus larges échelles spatiales, dans le cadre des approches de réduction de la vulnérabilité et/ou le renforcement de la résilience.

Les insuffisances de la gestion purement structurelle, d'une part et les fortes incertitudes associées aux changements climatiques d'autre part, semblent inciter à l'usage, de plus en plus croissant, en matière de mesures non structurelles. Alors que les approches focalisées sur l'aléa se sont traduites par une gestion purement structurelle, les approches de réduction de la vulnérabilité et/ou du renforcement de la résilience prônent un recours croissant aux mesures non structurelles. Les atouts des mesures non structurelles ont fortement favorisé leur intégration dans une gestion des risques, historiquement structurelle. Face aux larges incertitudes liées aux changements climatiques, la gestion non structurelle accorde davantage de flexibilités en guise d'adaptation, notamment, à des événements imprévus ou extrêmes.

- L'évolution des approches de la gestion des risques reflète celle des concepts liés à la gestion des risques ;

Dans la conception du risque, les transitions d'un focus sur l'aléa vers un focus sur la vulnérabilité – en tant qu'interaction aléa-exposition puis en tant que capacité de réponse – et plus récemment sur la résilience – notamment en tant que capacité de transformation/renouvellement – reflètent des transitions des approches traditionnelles focalisées sur le contrôle de l'aléa vers la réduction de la vulnérabilité et/ou du renforcement de la résilience.

Or, une transition ne signifie pas pour autant une rupture. En termes d'approches, le focus sur le renforcement de la résilience englobe celui de la réduction de la vulnérabilité, qui, à son tour, englobe celui du focus sur le contrôle de l'aléa. En termes de mesures, la transition s'est traduite par un focus sur les mesures non structurelles qui comprend le focus préalable sur celles structurelles.

Pour illustrer cette transition, les résultats de l'[article 3](#) mettent en exergue des approches de réduction de la vulnérabilité dont le déploiement des mesures en zones à risques distingue une gestion différentielle à la fois basée sur le contrôle de l'aléa, via des mesures purement physiques de défense, et sur la réduction de l'exposition et la réduction des effets/impacts résultant de l'interaction aléa-exposition, via des mesures purement non structurelles (PPRI, PCS et assurance Cat-Nat).

La transition vers les approches de la réduction de la vulnérabilité et du renforcement de la résilience est claire vis-à-vis du recours aux mesures non structurelles. Cependant, les nuances entre les approches de la réduction de la vulnérabilité et celles du renforcement de la résilience est beaucoup plus difficile dans la mesure où ces deux mesures s'appuient sur le recours aux mesures non structurelles.

Alors que plusieurs travaux scientifiques se sont focalisés sur les capacités à absorber les perturbations/chocs et le maintien des fonctions du système, peu de travaux se sont intéressés aux autres aspects de la résilience, à savoir, les capacités de renouvellement et de réorganisation des systèmes (Folke, 2006). Les capacités de transformation/renouvellement liées à la résilience semblent être beaucoup plus difficiles à appréhender dans le cadre de la gestion des risques.

- Les larges incertitudes liées aux changements climatiques requièrent de fortes flexibilités en matière de gestion. Ainsi, l'adaptation par le renforcement de la résilience offre davantage d'options à la persistance des systèmes ;

Les travaux scientifiques ont peu associé la vulnérabilité et la résilience et ont encore moins nuancé la réduction de la vulnérabilité du renforcement de la résilience dans la gestion des risques. Alors que plusieurs travaux scientifiques se sont penchés séparément sur la réduction de la vulnérabilité et sur le renforcement de la résilience, les nuances et les croisements entre les approches de la réduction de la vulnérabilité et celles du renforcement de la résilience restent assez vagues. Tenant compte des réflexions autour des concepts de la vulnérabilité et de la résilience, les approches du renforcement de la résilience offrent davantage de flexibilités en termes de gestion.

Les approches de contrôle de l'aléa font partie de celles de la réduction de la vulnérabilité, en se limitant à la simple dimension de résistance face aux aléas. De même, les approches de réduction de la vulnérabilité font partie de celles du renforcement de la résilience en se limitant à la simple dimension de conservation des caractéristiques structurelles et fonctionnelles initiales du système face aux aléas. En guise d'adaptation, les approches de résilience entrevoient, au-delà de la conservation du système, la dimension de sa transformation et son renouvellement via de nouvelles caractéristiques structurelles et fonctionnelles (Cf. [Figure 9](#)).

À partir de l'analyse du concept de la vulnérabilité, les approches de réduction de la vulnérabilité pourraient agir sur les composantes de la vulnérabilité à savoir, agir sur l'aléa et/ou sur l'exposition - en contrôlant l'aléa et en réduisant l'exposition – mais aussi en

réduisant les effets/impacts résultant de l'interaction aléa-exposition grâce aux capacités de réponse. Les approches de réduction de vulnérabilité se traduisent par le recours à des mesures de prévention, de gestion de crise et de reprise post-crise en vue respectivement d'éviter les pertes/dommages, les réduire en cas d'impact et revenir à l'état initial pré-impact. L'objectif des approches de la réduction de la vulnérabilité étant de maintenir les capacités structurelles et fonctionnelles du système initial.

De la même manière, l'analyse du concept de la résilience suppose que les approches du renforcement de la résilience englobent la dimension de stabilité à laquelle se limitent les approches de réduction de la vulnérabilité. La dimension de renouvellement/transformation du système, sous-jacente à l'instabilité vis-à-vis des changements, offre pour les approches de renforcement de la résilience des options supplémentaires de multi-stabilités en quête d'équilibre. Le renforcement de la résilience suppose que les systèmes peuvent souvent s'organiser autour de plusieurs états (Berkes et *al.*, 2003), se renouveler face aux changements (Gunderson et Holling, 2002) en intégrant les fortes incertitudes, irréductibles, liées aux risques d'inondations (Walker et *al.*, 2002).

Appliquées à la gestion des risques, les approches de résilience visent le maintien et/ou le développement de capacités structurelles et fonctionnelles permettant aux systèmes de persister face aux changements. Au-delà de la disposition des mesures de prévention, de gestion de crise et de reprise post-crise, les approches de résilience supposent des options flexibles parmi ces mesures-là pour permettre au système de rebondir face à des événements imprévus et/ou extrêmes. La prise en compte de l'incertitude se traduit par le degré de flexibilité des options choisies parmi les mesures de gestion disponibles.

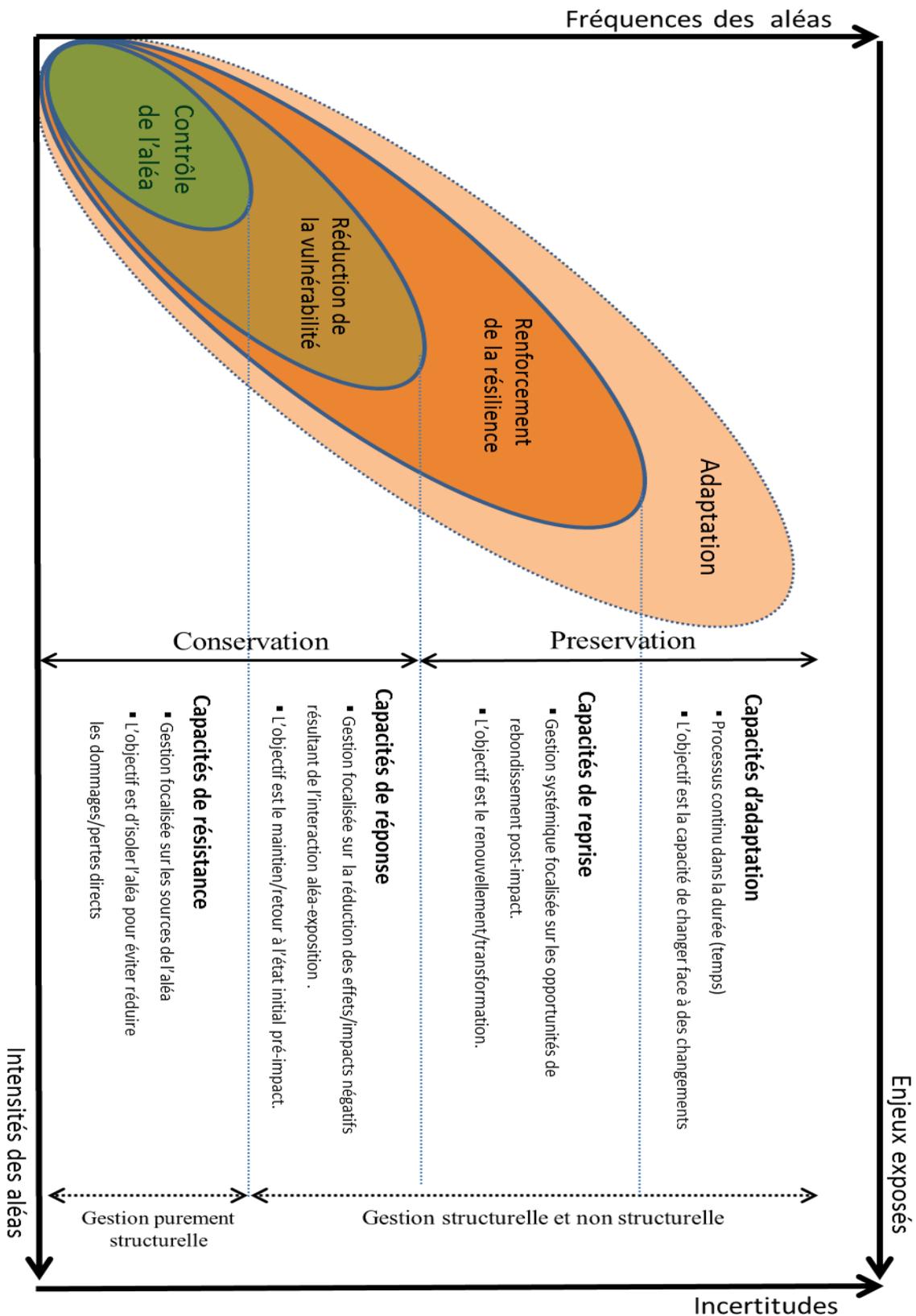
Les désastres surgissent à l'interface entre sociétés, technologies et environnement et sont, fondamentalement, le résultat de leurs interactions (Oliver-Smith, 1996). La flexibilité des approches de la résilience fait de celles-ci les approches les mieux adaptées qui adhèrent la gestion des risques aux incertitudes liées à la réponse humaine (ou des sociétés), aux incertitudes technologiques (mesures physiques notamment) et aux incertitudes liées à l'évolution du climat (Cf. [Article3](#))

À ce titre, l'article 3 propose un cadre opérationnel de renforcement de la résilience par l'application de principes systémiques de résilience à la gestion des risques d'inondation.

La [figure 9](#), ci-dessous, schématise les résultats de ce travail quant à l'évolution conceptuelle, en parallèle avec celle des approches et des mesures associées à la gestion des risques dans le

cadre général de l'adaptation. L'adaptation dans ce schéma est la somme de l'évolution des approches et des mesures associées à la gestion des risques. Par ailleurs, ce travail ouvre trois champs de recherches :

- Quels sont ou seraient les facteurs à l'origine des choix/transitions en matière des approches de la gestion des risques ?
- Quelles sont les nuances dans le déploiement des mesures structurelles et non structurelles au sein des approches de la réduction de la vulnérabilité d'une part et au sein de celles du renforcement de la résilience d'autre part.
- Quels seraient les résultats d'un cadre opérationnel de renforcement de la résilience, par l'application des principes systémiques de résilience, appliqué à plusieurs risques à la fois et quels seraient, en conséquence, la dimension spatiale et temporelle de la zone à risques ?



**Figure 9 :** Évolution conceptuelle des approches et des mesures associées à la gestion des risques

## Références bibliographiques

- Adger, W.N., Arnell, N.W., et Tompkins, E.L., (2004), Successful adaptation to climate change across scales, *Global Environmental Change*, 15, pp77-86.
- Adger, W. N., (2006), Vulnerability, *Global environmental change*, 16(3), pp268-281.
- Alexander, D. E., (1993), *Natural disasters*. Springer Science & Business Media.
- Alexander, D. E., (2013), Resilience and disaster risk reduction: an etymological journey, *Natural Hazards and Earth System Science*, 13(11), pp2707-2716.
- Alexander, D., (2005), Vulnerability to landslides, *Landslide hazard and risk*, Wiley, Chichester, pp175-198.
- Allen, K. (2003) Vulnerability reduction and the community-based approach, In Pelling (ed.), *Natural Disasters and Development in a Globalising World*, pp170-184.
- Amendola, A., (1998), Approaches to risk analysis in the European Union, *Kirchsteiger, C., Risk assessment and management in the context of the Seveso II Directive*, Elsevier, Amsterdam, pp3-18.
- Amendola, A., (1998), Approaches to risk analysis in the European Union, *Industrial Safety Series*, 6, pp3-26.
- Anaut, M., (2008), *La résilience: surmonter les traumatismes*, Armand Colin.
- Aven, T., (2012), The risk concept, historical and recent development trends, *Reliability Engineering & System Safety*, 99, pp33-44.
- Barnett, J., (2001), Adapting to climate change in Pacific Island Countries: The problem of uncertainty. *World Development*, 29(6), pp977-993.
- Berkes, F., J. Colding., C. Folke., Eds., (2003), *Navigating Social-Ecological Systems, Building Resilience for Complexity and Change*, Cambridge, UK, *Cambridge University Press*, pp393.
- Bowers, B. J., (1988), Grounded theory, *NLN publications*, 15-2233, p.33.
- Brocard, M., Lecoquierre, B., Mallet, P., (1995), Le chorotype de l'estuaire européen, *Mappemonde*, 3(95), pp6-7.
- Brooks, N., (2003), Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework, *Tyndall Centre for Climate Change Research*, 38, pp1-20.
- Brooks, N., Neil Adger, W. et Mick Kelly, P., (2005), The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation, *Global environmental change*, 15(2), pp151-163.

Cabinet Office, (2002), Risk: Improving Government's Capability to Handle Risk and Uncertainty, Strategy Unit Report, UK.

Cannon, T., (1993), A hazard need not a disaster make: vulnerability and the causes of 'natural' disasters. *Natural disasters: protecting vulnerable communities*. Thomas Telford, London, pp92-105.

Cardona, O. D., (2004), The need for rethinking the concepts of vulnerability and risk from a holistic perspective: a necessary review and criticism for effective risk management, *Mapping vulnerability: Disasters, development and people*, 17, p17.

Coumou, D., et Rahmstorf, S., (2012). A decade of weather extremes. *Nature Climate Change*, 2(7), pp491-496.

Cutter, S. L., (1996), Vulnerability to environmental hazards, *Progress in human geography*, 20, pp529-539.

Cyrulnik, B. et Seron, C., (2012), La résilience ou comment renaître de sa souffrance, Fabert.  
Crichton, D., (1999), The risk triangle, in Ingleton, J. (ed.), *Natural Disaster Management*, Tudor Rose, London, pp 102-103.

D'Ercole R., (1994), Les vulnérabilités des sociétés et des espaces urbanisés : concepts, typologie, modes d'analyse, *Revue de Géographie Alpine*, 82(4), pp87-96.

Dauphiné, A. et Provitolo, D., (2007), La résilience: un concept pour la gestion des risques. *Annales de géographie*, 654, pp. 115-125.

Decrop, G., (1997), De l'expertise scientifique au risque négocié. Le cas du risque en montagne. Editions Cemagref.

Downing, T. E., Butterfield, R., Cohen, S., Huq, S., Moss, R., Rahman, A., Sokona, Y. et Stephen, L., (2001), Vulnerability Indices: Climate Change Impacts and Adaptation, *UNEP Policy Series*, UNEP, Nairobi.

Downing, T. E., (2003), Lessons from famine early warning and food security for understanding adaptation to climate change: toward a vulnerability/adaptation science, Climate change, adaptive capacity and development, *Imperial College*, London, pp71-100.

Dupuis, J., Knoepfel, P., (2011), Les barrières à la mise en œuvre des politiques d'adaptation au changement climatique: le cas de la Suisse, *Swiss Political Science Review*, 17(2), pp188-219.

*European Environmental Agency (EEA), (2009), Regional climate change and adaptation: The Alps facing the challenge of changing water resources*, 8, p143.

Fairbridge, R.W., (1980), The estuary: its definition and geodynamic cycle. In: Wiley (Ed.), *Chemistry and Biogeochemistry of Estuaries*, New York, pp1-35.

- Fleischhauer, M., (2008), The role of spatial planning in strengthening urban resilience, In *Resilience of Cities to Terrorist and other Threats, Springer Netherlands*, pp273-298.
- Folke, C., (2006). Resilience: the emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. *Global environmental change*, 16(3), pp253-267.
- Foulquier, L., (2011), Le parcours des mots: le cas de «résilience». *Environnement, Risques & Santé*, 10(5), pp412-416.
- Fordham, M., (2004), Gendering vulnerability analysis: towards a more nuanced approach, In *Mapping Vulnerability, Disasters, Development, and People, Earthscan Publications, London*, pp174,184.
- Fuchs, S., Heiss, K. et Hübl, J., (2007), Towards an empirical vulnerability function for use in debris flow risk assessment, *Natural Hazards and Earth System Science*, 7(5), pp495-506.
- Füssel, H. M, (2007), Vulnerability: a generally applicable conceptual framework for climate change research. *Global environmental change*, 17(2), pp155-167.
- Gabor, T., Griffith, T. K., (1980), The assessment of community vulnerability to acute hazardous materials incidents, *Journal of Hazardous Materials*, 3(4), pp323-333.
- Gallopín, G. C., (2006), Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity, *Global environmental change*, 16(3), pp293-303.
- Gilard, O. et Givone, P., (1997), Flood risk management: new concepts and methods for objective negotiations, *IAHS Publications-Series of Proceedings and Reports-Intern Assoc Hydrological Sciences*, 239, pp145-158.
- Glaser, B.G., Strauss, A.L., (1967), *The Discovery of Grounded Theory : Strategies for Qualitative Research* , Chicago, Aldine, Coll. « Observations ».
- Glaser, B. G., et Strauss, A. L., (2010), *La découverte de la théorie ancrée: stratégies pour la recherche qualitative*. Armand Colin.
- Gunderson, L.H. et C.S. Holling, eds., (2002), *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems*, Washington, *Island Press*, p507.
- Holling, C. S., (1973), Resilience and stability of ecological systems, *Annual review of ecology and systematics*, pp1-23.
- Hoffman, R. M., (1948), A Generalized Concept of Resilience, *Textile Research Journal*, 18(3), pp141-148.
- Hutchinson, S. A., (1993), Qualitative approaches in nursing research. Grounded theory: the method, National League for Nursing Press *NLN publications*, New York, pp.180.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), (2001), In: McCarthy, J., Canziani, O., Leary, N., Dokken, D. and White, K. (Eds.), *Climate change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Cambridge: Cambridge University Press.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), (2007), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., Vanderlinden, P.J., Hanson, C.E. (Eds)], Cambridge, Cambridge University Press.

James, L.D., (1975), Formulation of non-structural flood control programs, *Water Resources Bulletin*, 11, pp688-705.

Janssen, M. A., Schoon, M. L., Ke, W. et Börner, K., (2006), Scholarly networks on resilience, vulnerability and adaptation within the human dimensions of global environmental change, *Global environmental change*, 16(3), pp240-252.

Jonkman, S. N. et Kelman, I., (2005), An analysis of the causes and circumstances of flood disaster deaths, *Disasters*, 29(1), pp75-97.

Jorissen, R.E., (1998), Safety, Risk and Flood Protection, In: R. Casale, G.B. Pedroli et P. Samuels (eds.), *Ribamod, River basin modelling, management and flood mitigation, Concerted Action, Proceedings of the first workshop*, pp.57–72.

Kaplan, S. et Garrick, B. J., (1981), On the quantitative definition of risk. *Risk analysis*, 1(1), pp11-27.

Kasperson, R. E., Renn, O. et al. (1988), The social amplification of risk: A conceptual framework. " *Risk Analysis*, 8(2), pp177-187.

Kasperson, R.E., Dow, K., Archer, E., Caceres, D., Downing, T., Elmqvist, T., Eriksen, S., Folke, C., Han, G., Iyengar, K., Vogel, C., Wilson, K. et Ziervogel, G., (2005), Vulnerable people and places. In: Hassan, R., Scholes, R., Ash, N. (Eds.), *Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends*, *Island Press*, Washington, DC, 1, pp143–164.

Klein, R. J., Nicholls, R. J., (1999), Assessment of coastal vulnerability to climate change, *Ambio*, pp182-187.

Kitano, H., (2002), Systems biology: a brief overview, *Science* 295, pp1662-1664.

Kundzewicz, Z.W., (2001), Non-structural Flood Protection and Sustainability, *International Hydrological Programme* 56, pp8-28.

Leone, F. et Vinet, F., (2006), La vulnérabilité, un concept fondamental au cœur des méthodes d'évaluation des risques naturels, La vulnérabilité des sociétés et des territoires face aux menaces naturelles. *Analyses géographiques*, pp9-25.

- Lin Moe, T., Pathranarakul, P., (2006), An integrated approach to natural disaster management: public project management and its critical success factors, *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 15(3), pp396-413.
- Lugeri, N., Kundzewicz, Z. W., Genovese, E., Hochrainer, S. et Radziejewski, M., (2010), River flood risk and adaptation in Europe—assessment of the present status, *Mitigation and adaptation strategies for global change*, 15(7), pp621-639.
- Mériaux, P., Wolff, M. et Folton, C., (2003), Recensement national des digues de protection contre les inondations. Etat d'avancement de l'opération, premiers résultats et perspectives, *Ingénieries-EAT, n spécial Risques*, pp113-125.
- Merz, B., Hall, J., Disse, M. et Schumann, A., (2010), Fluvial flood risk management in a changing world. *Natural Hazards and Earth System Science*, 10(3), pp509-527.
- Messner, F. et Meyer, V., (2006), Flood damage, vulnerability and risk perception—challenges for flood damage research, *Springer Netherlands*, pp. 149-167
- Middelkoop, H., Van Asselt, M., Van'T Klooster, S. A., Van Deursen, W., Kwadijk, J. C. et Buiteveld, H., (2004), Perspectives on flood management in the Rhine and Meuse rivers, *River research and applications*, 20(3), pp327-342.
- Milly, P. C. D., Wetherald, R., Dunne, K. A., Delworth, T. L., (2002), Increasing risk of great floods in a changing climate. *Nature*, 415(6871), pp514-517.
- Morgan, M. G., Henrion, M., (1990), *Uncertainty: A Guide to Dealing with Uncertainty in Quantitative Risk and Policy Analysis*, Cambridge University Press, pp 332.
- Montoroi, J. P., (2012), Rôle des sols sur la genèse des inondations.
- Nelson, D. R., Adger, W. N., Brown, K., (2007), Adaptation to environmental change: contributions of a resilience framework. *Annual review of Environment and Resources*, 32(1), p395.
- Nicholls, R. J., Hoozemans, F. M. J. et Marchand, M., (1999), Increasing flood risk and wetland losses due to global sea-level rise: regional and global analyses, *Global Environmental Change*, 9, pp69-87.
- Nicholls, R.J., Tol, R.S.J. et Hall J.W., (2007), Assessing Impacts and Responses to Global-Mean Sea-Level Rise, In Schlesinger (ed) *Climate Impact Assessment*, Cambridge University Press, pp119-134
- Nordhaus, W. D., (2006), Geography and macroeconomics: New data and new findings. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(10), pp3510-3517.
- Oliver-Smith, A., (1996), Anthropological research on hazards and disasters, *Annual review of anthropology*, pp303-328.

Organisation for Economic Cooperation and Development (OCDE), *Climate Change in the European Alps: Adapting Winter Tourism and Natural Hazards Management*. In S. Agrawala (Eds.)

Paillé, P., (1994), L'analyse par théorisation ancrée. *Cahiers de recherche sociologique*, 23(147), pp147-181.

Pelling, M., (2010), *Adaptation to climate change: from resilience to transformation*. Routledge

Peterson, G., Allen, C. R. et Holling, C. S., (1998), Ecological resilience, biodiversity, and scale. *Ecosystems*, 1(1), pp6-18.

Pijawka, K.D. et Radwan, A.E., (1985), The transportation of hazardous materials: risk assessment and hazard management, *Dangerous Properties of Industrial Materials Report*, pp2-11.

Pinard, R., Potvin, P. et Rousseau, R., (2004), Le choix d'une approche méthodologique mixte de recherche en éducation. *Recherches qualitatives*, 24, pp58-80.

Pigeon P., 2007, Les Plans de Prévention des Risques (PPR) : essai d'interprétation géographique, *Géocarrefour*, 81, p9.

Proverbs, D. G., Brebbia, C. A. et Penning-Rowsell, E. C. (Eds.), (2008), *Flood Recovery, Innovation and Response*. WIT.

Provitolo, D., (2009), Vulnérabilité et résilience: géométrie variable des deux concepts. séminaire résilience de l'ENS.

Rasid, H. et Haider, W., (2002), Floodplain residents' preferences for non-structural flood alleviation measures in the Red River basin, Manitoba, Canada. *Water international*, 27(1), pp132-151.

Renn, O., (2008), *Risk governance: coping with uncertainty in a complex world*, Earthscan.

Renard, F., Chapon, P. M., (2010), Une méthode d'évaluation de la vulnérabilité urbaine appliquée à l'agglomération lyonnaise. *L'Espace géographique*, 39(1), pp35-50.

Rosa, E. A., (1998), Metatheoretical foundations for post-normal risk. *Journal of risk research*, 1(1), pp15-44

Rutter, M., (1985), Resilience in the face of adversity, *British journal of psychiatry*, 147(1), pp598-611.

Scheuer, S., Haase, D., Meyer, V., (2011), Exploring multicriteria flood vulnerability by integrating economic, social and ecological dimensions of flood risk and coping capacity: from a starting point view towards an end point view of vulnerability. *Natural hazards*, 58(2), pp731-751.

Smit, B., Burton, I., Klein, R. J. et Street, R., (1999), The science of adaptation: a framework for assessment, *Mitigation and adaptation strategies for global change*, 4(3-4), pp199-213.

Smit, B., Burton, I., Klein, R. J. T., Wandel, J., (2000), An Anatomy of Adaptation to Climate Change and Variability, *Climatic Change*, 45, pp223-251.

Smit, B., Burton, I., Klein, R. J. et Street, R., (1999), The science of adaptation: a framework for assessment, *Mitigation and adaptation strategies for global change*, 4(3-4), pp199-213.

Smit, B. et Wandel, J., (2006), Adaptation, adaptive capacity and vulnerability, *Global environmental change*, 16(3), pp282-292.

Smith, K., (1996), Environmental Hazards, *Routledge*, London, p 389.

Smith, K. et Ward, R., (1998), *Floods: Physical Processes and Human Impacts*, Wiley, Chichester.

Stenchion, P., (1997), Development and disaster management, *Australian Journal of Emergency Management*, 12 (3), pp40-44.

Thomalla, F., Downing, T., Spanger-Siegfried, E., Han, G., Rockström, J., (2006), Reducing hazard vulnerability: towards a common approach between disaster risk reduction and climate adaptation. *Disasters*, 30(1), pp39-48.

Thouret, J. C., d'Ercole, R., (1996), Vulnérabilité aux risques naturels en milieu urbain: effets, facteurs et réponses sociales. *Cahiers des sciences humaines*, 32(2), pp407-422.

Timmerman, P., (1981), Vulnerability resilience and collapse of society, *A Review of Models and Possible Climatic Applications*, Toronto, Canada. Institute for Environmental Studies, University of Toronto.

Tompkins, E. L., Neil Adger, W., (2005), Defining response capacity to enhance climate change policy, *Environmental Science & Policy*, 8(6), pp562-571.

Trenberth, K. E., (2012), Framing the way to relate climate extremes to climate change. *Climatic change*, 115, pp283-290.

Turner RK, Subak S, et Adger WN., (1996), Pressures, trends, and impacts in coastal zones: interactions between socioeconomic and natural systems. *Environ Manage* 20(2), pp159–173

United Nations Department of Humanitarian Affairs (UNDHA), (1992), Internationally agreed glossary of basic terms related to disaster management, Geneva.

United Nations Disaster Relief Organization (UNDRO), (1982), Natural Disaster and vulnerability analysis. Geneva: Office of the United Nations Relief Co-ordinator.

United Nation International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR), (2009), Terminology on Disaster Risk Reduction. United Nations International Strategy for Disaster Risk Reduction, Geneva.

Uitto, J.I., (1998), The geography of disaster vulnerability in megacities: a theoretical framework, *Applied Geography*, 18 (1), pp 7-16.

Veyret, Y., Reghezza, M., (2005), Aléas et risques dans l'analyse géographique, *Annales des mines*, 40, pp61-69.

Villagran de Leon, J. C., (2006), Vulnerability—a conceptual and methodological review, *publication series of UNU-EHS*, Bonn, 4.

Vinet, F., (2007), Approches nationales de la prévention des risques et besoins locaux: le cas de la prévision et de l'alerte aux crues dans le midi méditerranéen, *Géocarrefour*, 82(1-2), 35-42.

Vis, M., F. Klijn., K.M. de Bruijn., M. Van Buuren., 2003, Resilience strategies for flood risk management in the Netherlands, *International journal of river basin management*, 1, 1, pp 33-40.

Walker, B. H. et Noy-Meir, I., (1982), Aspects of the stability and resilience of savanna ecosystems, In *Ecology of tropical savannas*, Springer Berlin Heidelberg, pp556-590.

Walker, B, et Meyers, J.A., (2004), Thresholds in ecological and social–ecological systems: a developing database. *Ecology and society*, 9(2), p3.

Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S. R. et Kinzig, A., (2004), Resilience, adaptability and transformability in social–ecological systems. *Ecology and society*, 9(2), p5.

Willis, H. H., (2007), Guiding resource allocations based on terrorism risk, *Risk Analysis*, 27(3), pp597-606.

Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T. et Davis, I., (2004), Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters. In *At Risk*, Routledge, p.134.

## Liste des figures<sup>34</sup>

Figure 1: Triangle des revendications de perception dans le discours des acteurs.....	16
Figure 2: Les principales mesures associées à la gestion actuelle des risques d'inondation ..	17
Figure 3: Les mesures structurelles et non structurelles déployées en termes de prévention, de gestion de crise et de reprise post-crise.....	18
Figure 4: La transition vers les mesures non structurelles et le rôle central et fédérateur des PPRI dans la gestion des risques.....	19
Figure 5: Application des principes systémiques de la résilience aux mesures associées à la gestion des risques .....	22
Figure 6: Présentation de la géométrie de l'estuaire de la Gironde, Service Central d'Hydrométéorologie et d'Appui à la Prévision des Inondations (SCHAPI, 2010).....	34
Figure 7: Schéma explicatif de la méthodologie de recherche adoptée.....	38
Figure 8: Schématisation des considérations conceptuelles de la vulnérabilité d'un point de vue interdisciplinaire.....	38
Figure 9 : Évolution conceptuelle des approches et des mesures associées à la gestion des risques .....	132

---

<sup>34</sup> Hors articles publiés

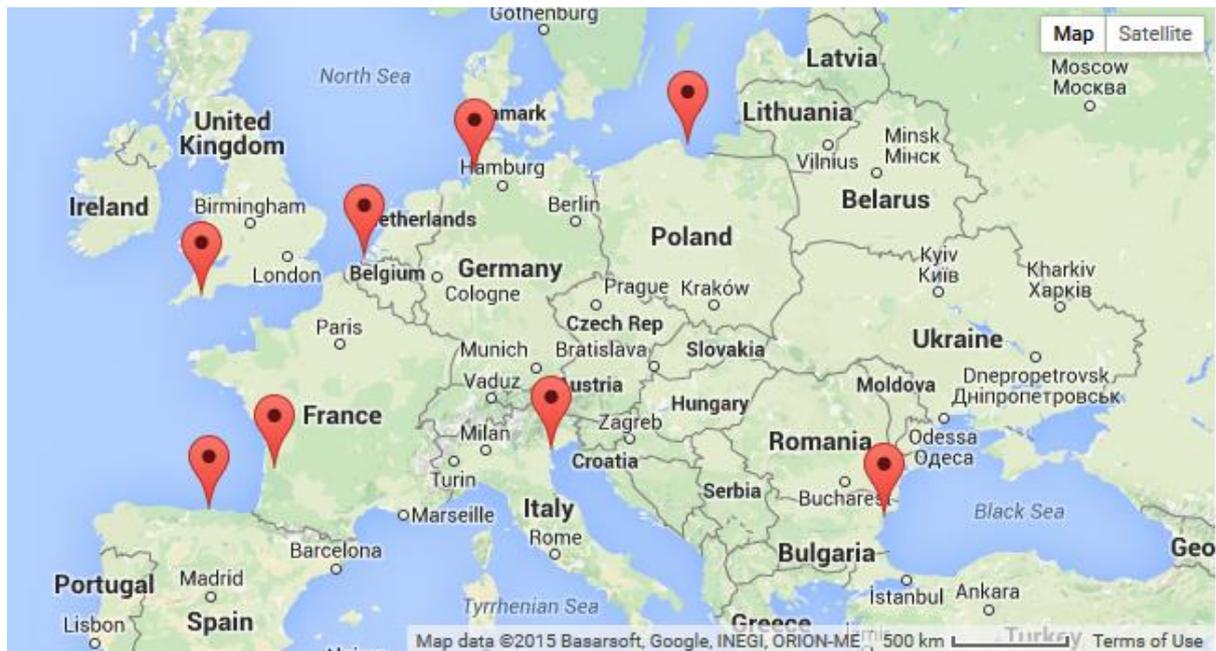
## Liste des tableaux<sup>35</sup>

Tableau 1: Questions principales et secondaires relatives à la séquence N°1 d'entrevues .....	40
Tableau 2: Informations réunies par le biais de la question (1).....	41
Tableau 3: Informations réunies par le biais de la question (2).....	41
Tableau 4: Question principales relatives à la séquence N°2 d'entrevues.....	42
Tableau 5: Questions secondaires de la méta-question (1).....	43
Tableau 6: Questions secondaires de la méta-question (2).....	43
Tableau 7: Questions secondaires de la méta-question (3).....	44
Tableau 8 : Questions secondaires de la méta-question (4).....	44
Tableau 9 : Questions secondaires de la méta-question (5).....	45
Tableau 10: Questions principales relatives à la séquence N°3 d'entrevues.....	46

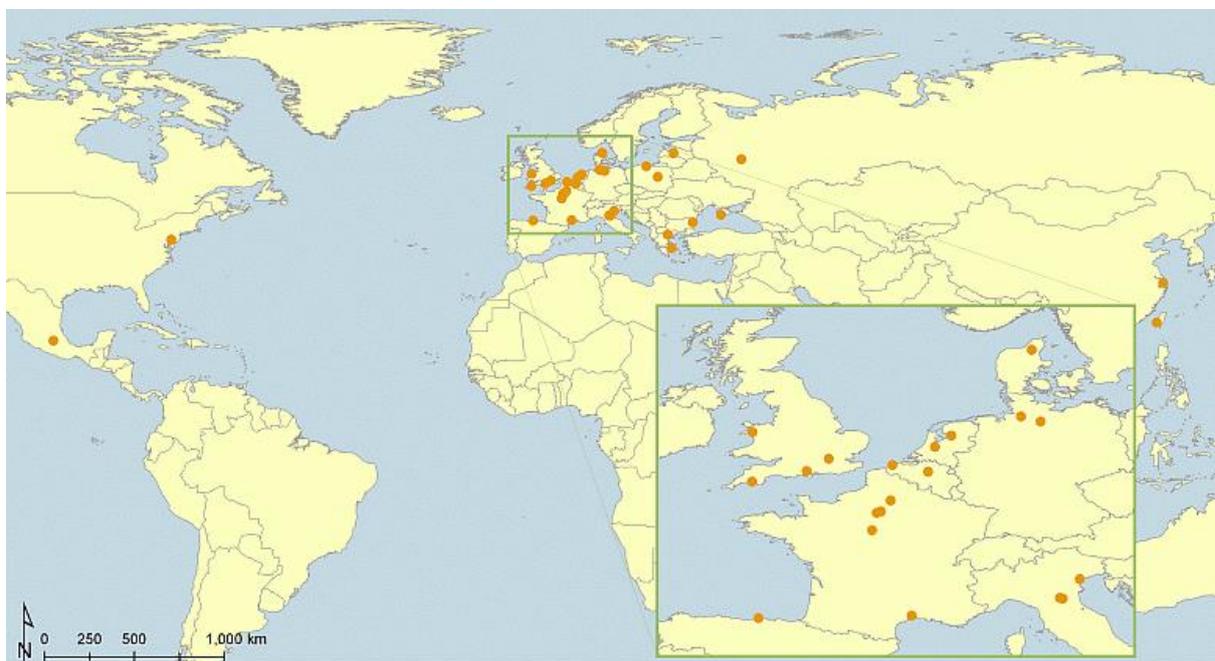
---

<sup>35</sup> Hors articles publiés

## Annexes



**Figure 10:** Carte des huit zones d'études de cas du projet « Theseus ».



**Figure 11:** Carte des localisations des partenaires du projet « Theseus »