

## Les dommages liés aux inondations : quelles incertitudes dans leur évaluation?

Julian ELEUTÉRIO, Robert MOSÉ et Anne ROZAN



### Contact

Anne Rozan  
UMR GESTE  
ENGEES-Iristea  
1 Quai Koch, BP 61039  
67070 Strasbourg cedex

[Anne.rozan@engees.unistra.fr](mailto:Anne.rozan@engees.unistra.fr)

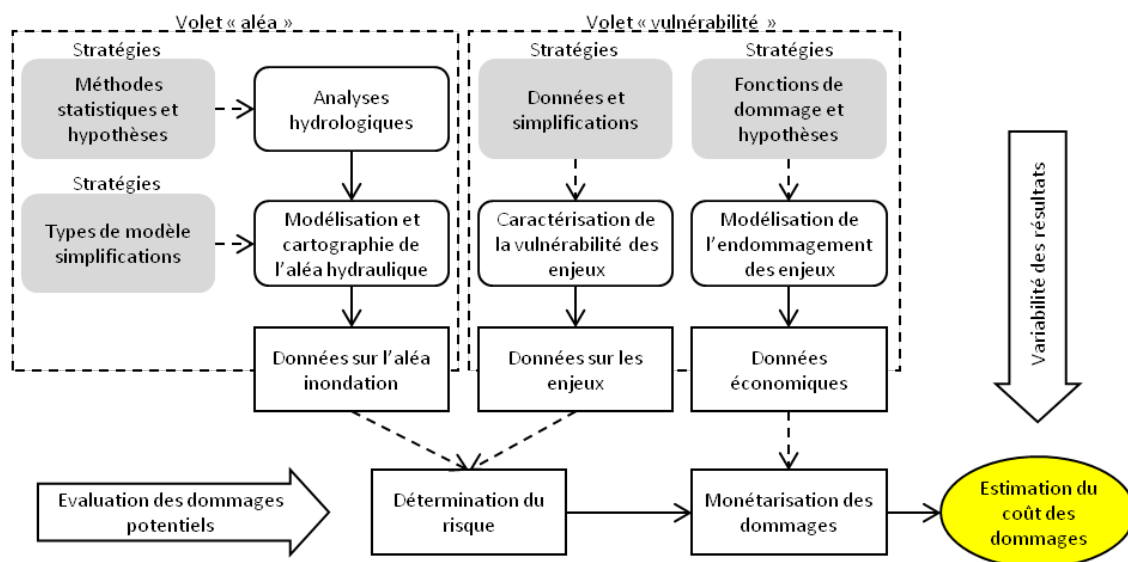
Ce document est une synthèse des travaux réalisés dans le cadre de la thèse de doctorat de Julian Eleutério [1], qui a bénéficié d'un contrat doctoral du Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche et d'un financement de la Fondation MAIF. Son objectif portait sur les incertitudes engendrées par les différentes stratégies mises en œuvre pour évaluer les dommages causés par les inondations. Ces évaluations économiques permettent l'estimation des coûts de dommages potentiels pour l'analyse de risque réalisée par les assureurs. Elles permettent également la réalisation d'analyses coûts-bénéfices qui constituent de réels outils d'aide à la décision de gestion du risque. Ces dernières sont recommandées par la politique nationale de prévention des inondations [2].

Les premières Assises Nationales des Risques Naturels (janvier 2012) ont réaffirmé l'importance de l'analyse coûts-bénéfices comme outil d'aide à la décision pour la gestion des risques naturels et en particulier du risque inondation. Plusieurs études récentes se sont focalisées sur l'analyse d'incertitudes relatives au processus d'évaluation des dommages liés aux inondations. Peu d'études, en revanche, ont abordé de manière comparative l'impact de l'ensemble des stratégies d'évaluation sur le résultat global de ces évaluations [3,4]. Ce travail tente de contribuer à l'amélioration des connaissances sur cette question. Nous nous concentrons sur l'impact des différentes stratégies utilisées pour modéliser l'aléa inondation et la vulnérabilité d'un territoire aux inondations pour analyser ensuite la sensibilité des estimations de dommages aux différents modules de l'évaluation. Plus

ieurs tests ont ainsi été mis en œuvre sur deux études de cas en France.

### Matériel et méthode

La figure 1 représente la méthode de propagation d'incertitudes épistémiques au sein des différents modules de l'évaluation des dommages. La contribution à l'incertitude de chaque module a été évaluée individuellement puis globalement. Chaque stratégie d'analyse des différents modules est à l'origine d'une estimation des dommages potentiels. Afin de mesurer l'impact des stratégies de modélisation dans l'évaluation des dommages aux inondations, nous avons réalisé des tests sur deux études de cas : la commune de Holtzheim dans la basse vallée de la Bruche et la commune de Fislis dans la haute vallée de l'Ill, Alsace, France. Les tests ont été réalisés en utilisant des fonctionnalités d'un outil SIG [5].



**Figure 1.** Schéma représentant la méthode de propagation d'incertitudes de l'évaluation des dommages.

**Analyse 1 :** chaque module a fait l'objet d'une analyse détaillée qui est présentée dans la thèse [1]. Des stratégies ont été adoptées pour mettre en œuvre respectivement les modules d'hydrologie (12 stratégies), d'hydraulique (18), de vulnérabilité (18) et d'endommagement (8) pour chaque étude de cas. Nous présentons ici uniquement l'incertitude globale obtenue selon la méthode combinatoire schématisée par la figure 1.

**Analyse 2 :** nous avons également exploré l'impact des stratégies d'évaluation entre les modules hydraulique et vulnérabilité en fonction de trois échelles d'analyse (MICRO, MESO et MACRO). Trois stratégies en hydraulique ont été combinées et comparées avec trois stratégies en vulnérabilité, totalisant neuf évaluations

#### *Echelles d'analyse pour la caractérisation de la vulnérabilité des enjeux :*

**MICRO** - La caractérisation des enjeux est réalisée à l'échelle élémentaire (chaque bâtiment, infrastructure, objet, etc.), en particulier les détails de construction et d'occupation du sol qui déterminent leur vulnérabilité matérielle.

**MESO** - La caractérisation des enjeux est réalisée à l'échelle de blocs d'occupation du sol homogènes (zones résidentielles, industrielles, commerciales, etc.). Des

agrégations des valeurs sont ici nécessaires.

**MACRO** - La caractérisation des enjeux est réalisée à l'échelle des unités administratives (municipalités, départements, régions, nations, etc.), majoritairement les caractéristiques d'occupation du sol, négligeant celles des constructions.

#### *Echelles d'analyse pour la modélisation de l'aléa inondation :*

**MICRO** - Des modèles hydrodynamiques performants sont utilisés avec une description fine des écoulements en lit mineur et lit majeur des cours d'eau, en tenant compte des particularités des ouvrages hydrauliques existants. On s'intéresse à l'emprise et aux caractéristiques hydrauliques d'événements fréquents et extrêmes.

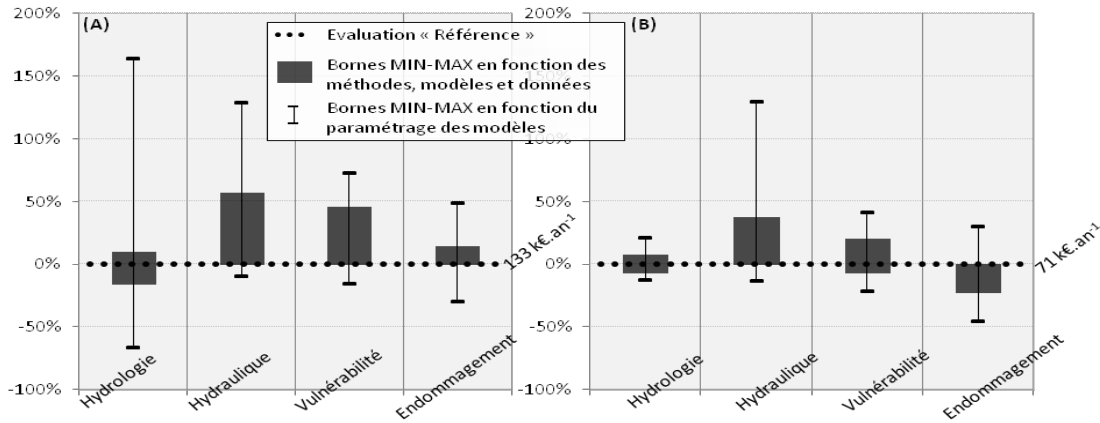
**MESO** - Les modélisations hydrodynamiques tiennent compte d'une description relativement fine des écoulements en lit mineur avec une description plus grossière du lit majeur, sans s'intéresser au détail de l'analyse. On s'intéresse à des événements de toute fréquence, avec un accent sur l'emprise d'événements exceptionnels.

**MACRO** - La modélisation hydrodynamique décrit approximativement l'écoulement dans le lit mineur du cours d'eau, s'intéressant principalement à la définition de l'emprise d'événements exceptionnels.

## Résultats

La figure 2 présente la variabilité des résultats pour les différents modules de l'évaluation, selon l'analyse 1. Nous constatons une influence de l'incertitude liée aux modules concernant l'aléa inondation plus forte que celle liée aux

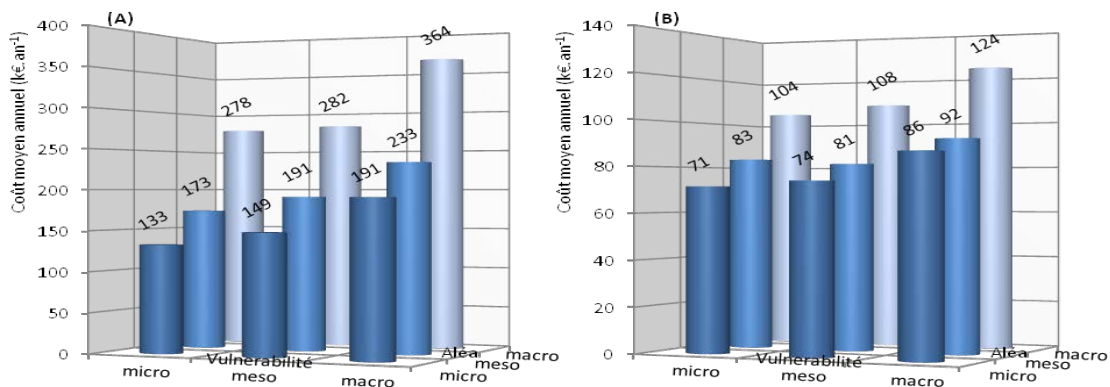
modules de la vulnérabilité des enjeux. Nous constatons également une très forte variabilité due au module hydrologique dans le cas de Holtzheim qui s'explique par la présence d'un ouvrage de protection dans cette commune.



**Figure 2.** Variabilité du coût moyen annuel des dommages en fonction des méthodes, modèles, données et paramétrage des modèles. Le cas de Holtzheim à gauche (A) et de Fislis à droite (B).

Les graphes suivants présentent les résultats de tests d'échelle selon l'analyse 2. La figure 3 conforte le fait que l'aléa impacte la variabilité du coût moyen annuel des dommages plus que la

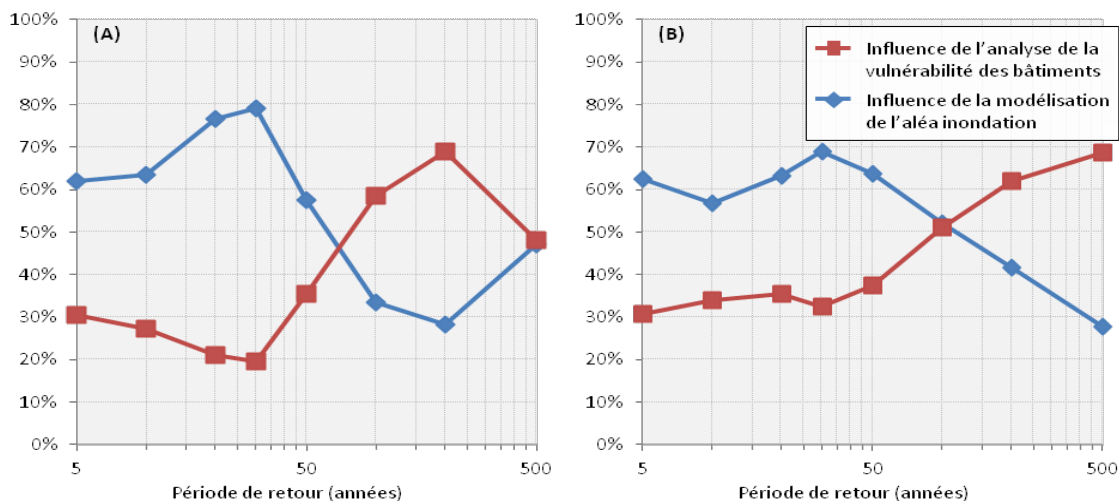
vulnérabilité y compris lorsque l'échelle d'analyse varie. Nous constatons en particulier l'écart important observé quand on passe de l'échelle MESO à l'échelle MACRO.



**Figure 3.** Coût moyen annuel des dommages en fonction des échelles d'évaluation de l'aléa et de la vulnérabilité. Le cas de Holtzheim à gauche (A) et de Fislis à droite (B).

La figure 4 permet de tempérer les deux premiers résultats. En effet, nous constatons, grâce à des analyses de l'importance relative des incertitudes [3], que l'évaluation de l'aléa hydraulique joue un rôle majeur pour l'évaluation des dommages des crues de périodes de retour faibles (inférieures à 50/100 ans), tandis

que la caractérisation de la vulnérabilité des enjeux a plus d'influence sur les résultats de l'évaluation des dommages pour des crues plus rares. Les tendances se retrouvent pour les deux études de cas, mais mériteraient d'être confortées par des applications sur d'autres sites.



**Figure 4.** Contribution des deux modules « aléa » et « vulnérabilité » à l'incertitude globale de l'évaluation des dommages toutes échelles confondues. Le cas de Holtzheim à gauche (A) et de Fislis à droite (B).

## Conclusions

L'étude révèle le rôle majeur des choix stratégiques relatifs à la modélisation hydraulique des crues sur l'évaluation des dommages. Cela conforte les choix scientifiques des dernières décennies, qui se sont focalisés sur le développement de cet aspect de l'évaluation. En revanche, nous constatons également une forte influence de la caractérisation de la vulnérabilité des enjeux sur les résultats de ces évaluations. Dans la mesure où les différents tests ont porté uniquement sur les dommages aux bâtiments (majoritairement résidentiels), le poids de l'incertitude relative à la vulnérabilité reste partiel dans l'étude. Des incertitudes importantes demeurent aussi sur l'évaluation de la

vulnérabilité et des dommages aux réseaux, ce qui justifie et incite des analyses plus poussées sur cet aspect [6]. Ces résultats, si tant est qu'ils soient confirmés, ont des implications en termes de politique de gestion des risques inondations. En effet, selon les enjeux que l'on souhaite préserver, une attention particulière pourra être apportée soit au volet aléa, soit au volet vulnérabilité. Enfin, cette étude a mis en évidence l'importance des incertitudes hydrologiques, surtout dans des contextes de protection de crues, ce qui peut biaiser les résultats des analyses coûts-bénéfices et compromettre l'utilisation de ces outils d'aide à la décision.

## Bibliographie

- [1] Eleutério J. (2012), « Flood risk analysis : impact of uncertainty in hazard modelling and vulnerability assessments on damage estimations », thèse de doctorat, Université de Strasbourg, 243 p.
- [2] MEDDE (2012), *Risque inondation, Quels défis pour la recherche en appui à l'action publique ?* ISSN : 2102-474X
- [3] Merz B., Kreibich H., Schwarze R., and Thielen A. (2010), Review article "Assessment of economic flood damage", *Natural Hazards and Earth System Sciences*.
- [4] Apel H., Aronica G., Kreibich H., Thielen A. (2008), *Flood risk analyses – how detailed do we need to be?*, *Natural Hazards*, 49, 79-98.
- [5] Eleutério J., Martinez D., Rozan A. (2010), *Developing a GIS tool to assess potential damage of future floods*, *Risk Analysis VII & Brownfields V*, C.A. BREBBIA, Wessex Institute of Technology, UK and C.N. Brooks, Greenfield Environmental Trust Group, USA, 381-392, DOI: 10.2495/RISK100331.
- [6] Eleutério J., Hattemer C. and Rozan A. (2013), *A systemic method to evaluate potential impacts of floods on network infrastructures*, *Natural Hazards and Earth System Sciences Journal*.