

Sur la gamification du risque inondation : le simulateur *ReFlood*

On the gamification of flooding risk: the *ReFlood* simulator

Isabelle Charpentier^{1,2}, Clément Ponton³, Yolia Charpentier⁴, Rémi Barbier⁵

¹ ICUBE, CNRS&Université de Strasbourg, icharpentier@unistra.fr

² Zone Atelier Bassin de la Moselle, CNRS

³ Polytech Annecy-Chambéry, pontonclém@gmail.com

⁴ Université de Lorraine, yolia.charpentier9@etu.univ-lorraine.fr

⁵ ENGEEES, UMR SAGE, remi.barbier@engees.unistra.fr

RÉSUMÉ

Même lorsque les populations connaissent leur exposition aux risques, la gestion des inondations et les systèmes d'information restent encore mal identifiés. Différents documents réglementaires rendent compte des zones à risques identifiées par observation et simulation numérique, ainsi que des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde. Mais la situation de risque reste difficile à appréhender concrètement. Par ailleurs, face au dérèglement climatique, l'incertitude constitue plus que jamais un défi en matière de modélisation et de gestion. Dans ce contexte, l'amélioration des dispositifs de représentation et de sensibilisation au risque représente un réel défi.

Pour intégrer ces deux aspects, nous avons utilisé un moteur de jeu vidéo avec des données de terrain et de débit pour concevoir le simulateur temps-réel *ReFlood*. Le but est d'offrir un rendu réaliste en 3D de l'inondation, utilisable en atelier pour concevoir et mettre en débat des scénarios d'inondation et d'urbanisation. Si les résultats d'un simulateur qui privilégie la rapidité ne sont pas aussi précis que ceux d'une simulation numérique, l'incertitude de modélisation peut être évaluée et expliquée, confortant la confiance dans les résultats de *ReFlood* et sa capacité à servir d'objet intermédiaire aux échanges entre protagonistes.

La conférence I.S. RIVERS 2025 est choisie pour présenter le simulateur à une audience de scientifiques et d'acteurs du territoire afin de recueillir leurs réactions sur les résultats, le simulateur et l'incertitude, mais aussi sur les usages potentiels en matière de représentation du risque inondation, de médiation et de sensibilisation.

ABSTRACT

Even when populations are aware of their exposure to risks, flood management and information systems remain poorly identified. Various regulatory documents report on risk areas identified through observation and numerical simulation, as well as on prevention, protection, and safeguard measures. However, the risk situation remains challenging to grasp concretely. Moreover, in the face of climate change, uncertainty has become more than ever a challenge in modeling and management. In this context, improving risk representation and awareness mechanisms represents a significant challenge.

To integrate these two aspects, we used a video game engine along with field and flow data to design the real-time simulator *ReFlood*. The goal is to offer a realistic 3D rendering of floods, which can be used in workshops to design and debate flood and urbanization scenarios. While the results of a simulator that prioritizes speed are not as precise as those of numerical simulations, modeling uncertainty can be evaluated and explained, reinforcing trust in *ReFlood's* results and its ability to serve as an intermediary object between stakeholders.

The I.S. RIVERS 2025 conference has been chosen to present the simulator to an audience of scientists and territorial actors, in order to gather their feedback on the results, the simulator, and its treatment of uncertainty, as well as on potential uses for flood risk representation, mediation, and awareness-raising.

MOTS CLÉS

Inondations, Gestion des Risques, Simulation, Gamification, Médiation

Flooding, Risk Management, Simulation, Gamification, Médiation

1 INTRODUCTION

Face au dérèglement climatique, l'incertitude constitue plus que jamais un défi en matière de modélisation des inondations et de gestion de ce risque. En effet, si les populations peuvent avoir connaissance de leur exposition aux risques, la gestion des crues et les systèmes d'information décrits dans les documents réglementaires restent peu connus. Comme exposé dans la section 2, si la simulation hydraulique sert à l'élaboration des plans de prévention du risque inondation, des jeux ont aussi été conçus pour sensibiliser différents publics et ainsi accroître leurs connaissances sur le risque d'inondation [For22]. Dans ce travail, nous proposons d'intégrer ces deux aspects dans le simulateur d'inondation *ReFlood* conçu à l'aide d'un moteur de jeu vidéo. Des résultats sont présentés pour une crue centennale en section 3. Les capacités du simulateur — modélisation du terrain, aménagement et temps réel — et les incertitudes sont discutées dans la section 4. Les retours des acteurs et des scientifiques présents lors de la communication orale seront analysés le jour même, puis présentés le lendemain sur un poster décrivant cette expérience sociologique.

2 MÉTHODES

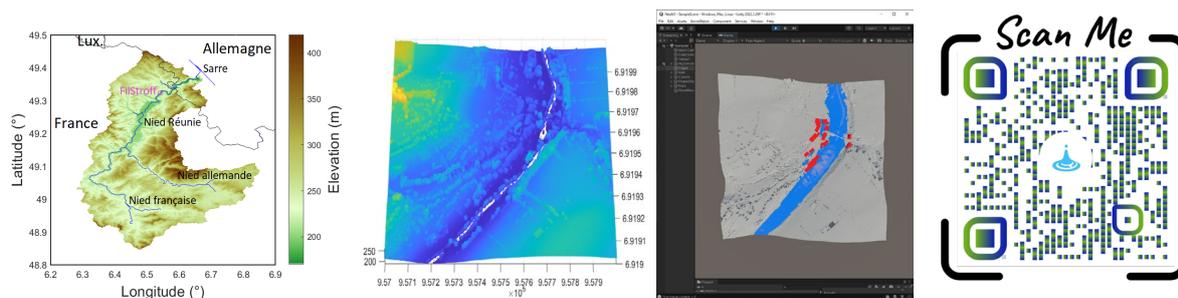
Si le sérieux de la simulation numérique réside dans la rigueur des méthodes développées, la prise en compte des incertitudes [Ten17] et la portée potentiellement réglementaire des résultats [Bar22], les jeux et animations n'en sont pas moins sérieux dans leur portée éducative ou managériale [NIW23, Lia23, Dem23].

Le moteur de jeu vidéo Unity est ici considéré pour intégrer les aspects modélisation des inondations et jeu dans les scènes du simulateur *ReFlood*. Des données LIDAR (1 km²) d'altitude du sol/terrain sont préparées puis importées sous forme de grille comme une carte de hauteurs. Modélisé à l'aide de l'asset FLOW [Wil24], le fluide est aussi représenté par une carte de hauteurs, la valeur en chaque pixel étant calculée comme la moyenne des valeurs aux pixels adjacents pour une évaluation en temps réel. Des bâtiments et autres objets interagissant avec le fluide et repositionnables sont ajoutés pour figurer des aménagements. Des fluides préfabriqués paramétrés (eau, boue...) sont disponibles. A l'usage des débits mesurés, nous avons préféré des débits contrôlables par l'utilisateur/joueur. De même, certains aménagements sont contrôlables, ce qui permet par exemple l'effacement d'une digue ou l'abaissement d'un seuil par l'utilisateur.

Comme Unity n'est pas conçu pour la mesure physique, des tests de référence ont été menés préalablement pour documenter l'impact de la modélisation des flux par FLOW. Les défauts sont identifiés afin de travailler dans un cadre d'incertitudes maîtrisées et explicables, mais aussi pour proposer des scènes adaptées au phénomène considéré. L'objectif est de recueillir l'avis des joueurs et auditeurs sur la représentativité des résultats et les usages potentiels du simulateur dans une gestion territoriale du risque inondation.

3 CAS D'ÉTUDE & RÉSULTATS

Le cas d'étude concerne le bassin versant de la Nied Réunie [EPA] à Filstroff (1170 km², Moselle, Région Grand-Est, France). Ce cours d'eau de plaine a une pente très faible jusqu'à Bouzonville, ce qui engendre chaque année l'inondation des prairies avoisinantes. En aval, sur le tronçon comprenant Filstroff, la Nied Réunie décrit d'amples méandres au sein d'une vallée rurale encaissée. La première moitié du mois de mai 2024 a été extrêmement humide dans le Nord mosellan, présentant un excédent pluviométrique de +73%. Sur les sols marneux saturés du Plateau Lorrain, les cumuls de pluie exceptionnels des 16, 17 et 18 mai 2024 ont rapidement causé des inondations, dont une crue plus que centennale à Filstroff [Arn24] d'un débit de 300 m³/s.



MNT du bassin des 3 Nied (France) ; LIDAR de Filstroff ;
Simulateur ReFlood ; QR code de l'enquête.

Les données sont préparées avec Matlab. Le terrain est importé en utilisant l'interface de Unity. Celle-ci permet d'ajouter des aménagements au simulateur (blocs 3D rouges représentant le bâti à risque, blanc pour le pont) ou de remodeler le terrain. Le joueur contrôle le débit en amont en pressant plus ou moins longtemps la barre d'espace, choisissant ainsi son scénario.

4 DISCUSSION & PERSPECTIVES

La modélisation du fluide en temps réel par le simulateur *ReFlood* offre un rendu réaliste de la scène 3D construite avec les données réelles en matière de hauteur et mouvement de l'eau, mais n'est pas une simulation numérique avec un modèle hydraulique.

Les avantages d'un simulateur en temps réel sont contrebalancés par des limitations de modélisation (i) de la vitesse du fluide, (ii) des écoulements dans des conduites ou sous un pont, et (iii) des modifications hydrogéomorphologiques résultants du transport sédimentaire. Ces limites, fréquemment rencontrées lors des modélisations à usage réglementaire, sont contournées par les bureaux d'études par des astuces et autres paramétrisations. Dans le domaine du jeu vidéo, des modifications de la scène permettent de passer outre certaines limites de la simulation en utilisant ce que l'on pourrait qualifier d'« effets spéciaux ». Par exemple, dans [Ski20], les modifications hydrogéomorphologiques sont opérées dans Unity en modifiant le terrain et les éléments du jeu entre deux scènes successives, montées bout à bout pour créer une vidéo pédagogique.

Ce simulateur permet d'opérer des scénarios en temps réel, notamment lors d'ateliers ou de réunions publiques tenues lors de la rédaction d'un Plan de Prévention du Risque inondation, voire même de les modifier au gré des retours. Cet outil de médiation pourrait être un complément intéressant à la présentation des résultats de simulation numérique, permettant d'expliquer les contraintes imposées par la modélisation réglementaire (effacement des digues ou de seuils par exemple), par des aménagements futurs...

La présentation à I.S. RIVERS 2025 a pour objectif de faire découvrir aux participants (acteurs de la recherche et des territoires) ces médias de simulation et d'animation encore peu utilisés, et de recueillir leur avis sur différentes dimensions (potentiels, usages, acceptation, confiance).

Les retours, que nous espérons nombreux, feront l'objet d'un poster et serviront à améliorer le protocole de cette expérimentation sociologique avant la mise en place d'ateliers sur les territoires.

BIBLIOGRAPHIE

- [Arn24] Arnold, C., Strobel, H., Walter, T (2024). [Crues : la solidarité en faveur des sinistrés en Moselle](#)
- [Bar22] Barbier, R., Charpentier, I. (2022). La délégation épistémique et son pilotage. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 16-3.
- [Dem23] Demiray, B., Sermet, Y., Yildirim, E., Demir, I. (2023). Floodgame: An interactive 3d serious game on flood mitigation for disaster awareness and education. *Earth arXiv*. <https://doi.org/10.31223/X5ST0T>
- [EPA] EPAGE des Eaux Vives des 3 Nied. <https://www.eaux-vives-3nied.fr/le-bassin-versant-des-3-nied/>
- [For22] Forrest, S., Kubíková, M., Macháč, J. (2022). Serious gaming in flood risk management. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 9, 04.
- [Niw23] NIWA (2023). Township flood challenge. <https://niwa.co.nz/township-flood-challenge-game>
- [Lia23] Liao, K.-H., Chiang, Y.-S., J. K. H. Chan, J. K. H. (2023). The levee dilemma game : A game experiment on flood management decision-making. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 90: 103662.

[Ski20] Skinner, C. (2020) Flash flood !: a serious geogame combining science festivals, video games, and virtual reality with research data for communicating flood risk and geomorphology. *Geoscience Communication*, 3(1) :1–17. <https://doi.org/10.5194/gc-3-1-2020>

[Ten17] J. Teng, J., Jakeman, A., Vaze, J., Croke, B., Dutta, D., Kim, S. (2017). Flood inundation modelling : A review of methods, recent advances and uncertainty analysis. *Environmental Modelling & Software*, 90: 201–216.

[Wil24] C. Wilkes. Flow – fast fluids in unity, v2.1.0, 2024. <https://assetstore.unity.com/packages/tools/physics/flow-197014>