



Mappemonde

Revue trimestrielle sur l'image géographique et les formes du territoire

126 | 2019
Varia

Évaluer la vulnérabilité face aux inondations dans la région sud-ouest de Madagascar

Mahefa Mamy Rakotoarisoa



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/mappemonde/1226>

DOI : 10.4000/mappemonde.1226

ISSN : 1769-7298

Éditeur

UMR ESPACE

Référence électronique

Mahefa Mamy Rakotoarisoa, « Évaluer la vulnérabilité face aux inondations dans la région sud-ouest de Madagascar », *Mappemonde* [En ligne], 126 | 2019, mis en ligne le 01 avril 2019, consulté le 15 septembre 2020. URL : <http://journals.openedition.org/mappemonde/1226>

Ce document a été généré automatiquement le 15 septembre 2020.



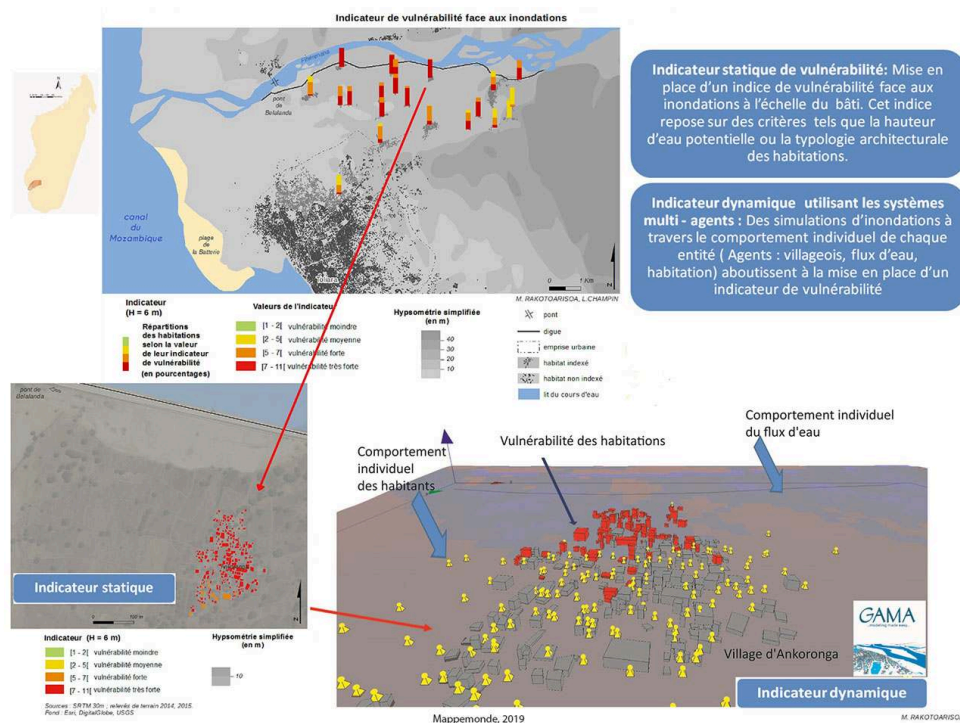
La revue *Mappemonde* est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Partage dans les Mêmes Conditions 4.0 International.

Évaluer la vulnérabilité face aux inondations dans la région sud-ouest de Madagascar

Mahefa Mamy Rakotoarisoa

Références de la thèse

RAKOTOARISOA M. M. (2017). *Les risques hydrologiques dans les bassins versants sous contrôle anthropique : modélisation de l'aléa, de la vulnérabilité et des conséquences sur les sociétés : Cas de la région Sud-ouest de Madagascar*. Thèse de doctorat en géographie, Université d'Angers ; Université de Tuléar.



- 1 Madagascar est un pays qui se trouve usuellement confronté à divers aléas climatiques. Ils se sont manifestés ces dernières années sous diverses formes, entraînant des perturbations importantes sur le cycle hydrologique et sur les activités anthropiques. Ceci est de plus en plus vrai dans le cas de la région Sud-Ouest. Chaque année, la ville de Toliara est confrontée à des remontées d'eaux rapides et dévastatrices. Ces inondations paraissent augmenter à la fois en intensité et en fréquence. La plupart de ces événements sont accompagnés par de violents cyclones. On peut parler notamment de l'évènement de 2013 qui a fait de nombreuses victimes avec le cyclone Haruna ou celui de 2004 encore plus meurtrier, avec le cyclone Gafilo. Il devient de plus en plus important de nos jours de quantifier ce risque pour tenter de le contrôler. Les enjeux humains et économiques s'accroissant de jour en jour, il devient indispensable d'établir des outils pour la prévention, mais également pour la gestion de crise. Dans ce contexte, face à la difficulté, voire à l'impossibilité, d'intervenir sur l'aléa lui-même, ce travail se propose d'intervenir sur chaque composante du risque. Une grande partie de ce travail de thèse se consacre plus spécifiquement à la vulnérabilité des sociétés aux intempéries liées aux inondations.
- 2 L'étude débute par l'analyse de l'aléa en récoltant toutes les données hydroclimatiques existantes sur le bassin. Ensuite, deux approches sont menées afin d'évaluer la vulnérabilité de la ville de Toliara et des villages aux alentours. Notre approche se propose de faire les analyses à une échelle fine, celle de l'habitation, et elle a une visée prospective permettant d'anticiper les catastrophes et de préparer la gestion de crise. Tout d'abord, une approche statique, à partir de relevés de terrain et de l'utilisation du SIG. Puis, une autre avec l'utilisation d'un modèle de simulation à base multiagents. La première étape est donc la cartographie d'un indicateur de vulnérabilité qui est l'agencement de plusieurs critères statiques pondérés aboutissant à un indicateur synthétique (Creach *et al.* 2015 ; Taïbi *et al.*, 2017). Cet indicateur est de type microéchelle, c'est-à-dire que l'échelle utilisée est l'habitation. Pour chaque maison, on a donc plusieurs critères de vulnérabilité : la hauteur d'eau potentielle, la distance aux ouvrages de protection, la proximité aux zones refuges et la typologie architecturale. En ce qui concerne les zones refuges, la notion de proximité prend en compte non seulement la distance entre l'habitation et la zone refuge, mais aussi la façon dont l'habitant se déplace (sur une ligne droite ou en suivant le réseau de voie de communication), sa vitesse de déplacement et le temps qu'il met pour arriver à destination. À partir de cet indicateur, il est possible de classer chaque habitation selon son niveau de vulnérabilité.
- 3 Une autre méthode, plus dynamique utilisant le paradigme multiagent (SMA) a ensuite été développée. Cette dernière méthode permet d'exécuter des simulations d'inondations catastrophiques (Rakotoarisoa *et al.*, 2017). Elle permet non seulement une observation intuitive de chaque événement catastrophique, mais aussi d'ajouter une autre dimension qu'un indicateur statique classique ne peut pas prendre en compte, l'aspect prospectif de la démarche. Ainsi, on peut observer et analyser l'évolution du risque et de ses composantes à travers le temps selon des hypothèses que l'on fixe au départ. L'approche multiagent se distingue par sa capacité à « faire émerger des comportements collectifs qui sont le résultat d'actions individuelles et d'interactions » (Collectif MR Jean, 1997). L'utilisation des SMA est de plus en plus fréquente en géographie (Caillault, 2011 ; Fleurant, 2016 ; Galán *et al.*, 2009 ; Gutierrez-Milla *et al.*, 2014 ; Lammoglia, 2011 ; Ren *et al.*, 2009 ; Taillandier *et al.*, 2014,

Rakotoarisoa *et al.*, 2018) et dans des domaines plus spécialisés comme l'hydrologie (Fleurant, 2016 ; Rakotoarisoa *et al.*, 2014 ; Reaney, 2008 ; Reulier *et al.*, 2016 ; Servat, 2000). Le principe des SMA se base sur la conception, la construction et la modélisation d'un système complexe composé d'entités individualisées qui peuvent agir de manière autonome, et en interaction les unes avec les autres (Treuil *et al.*, 2001). Ces entités sont appelées des agents (Ferber, 1995).

- 4 Les questions auxquelles le modèle se propose de répondre concernent donc la vulnérabilité par rapport à l'inondation. Il s'agit de savoir quels sont les impacts des inondations sur les villages et quartiers, les habitants et leurs habitations ; comment évaluer la vulnérabilité des habitations et des habitants par rapport à l'emplacement de leurs maisons et les effets que pourraient donner l'information et la sensibilisation des habitants par l'État, notamment concernant le développement d'une culture du risque. Pour cela, le modèle se propose de simuler un évènement inondation catastrophique fictif. À travers différents scénarios, on pourra évaluer le degré de vulnérabilité des villages et des quartiers concernés à l'échelle des habitations. Il ne s'agit pas ici de donner un critère relatif à l'habitation en tant que bâtiment physique, tel que sa typologie architecturale ou sa solidité. On cherche à savoir quelles sont les chances pour que les occupants de la maison puissent sortir indemnes d'une inondation catastrophique, en comparant divers paramètres et scénarios. Certains scénarios sont effectués afin de prendre en compte l'effet de prises de décisions des entités responsables (information et sensibilisation des villageois, par exemple). La simulation comprend deux parties essentielles qui se déroulent simultanément dans le temps : la simulation de la montée des eaux et de l'écoulement sur la base de fonctions hydrologiques classiques (fonction de transfert et fonction de production), et dans un cadre de modélisation multiagents (Rakotoarisoa *et al.* 2014), et la simulation du comportement des personnes face à l'arrivée de l'aléa (Pan *et al.* 2007).
- 5 Le modèle pourra au final fournir la cartographie d'un indicateur de vulnérabilité à une échelle fine. Nous avons utilisé la plateforme GAMA 1.6.1 (*Gis and Agent-based Modelling Architecture*) pour le développement du présent modèle. Son implémentation est en Java, mais elle propose aussi le langage GAML (Grignard *et al.*, 2013) pour l'élaboration des modèles. Il s'agit d'une plateforme libre qui vise à appuyer la conception de modèles spatialisés, de multiples paradigmes et de multiples échelles. En particulier, GAMA est très efficace pour la gestion de données issues du SIG. Afin de confirmer la robustesse de notre approche, le même modèle a été implémenté en utilisant une autre plateforme, Netlogo. Cette double implémentation garantit l'efficacité interne du modèle, on parle aussi de « validation interne ». Une fois évalué et validé, le simulateur pourrait être utilisé comme modèle de prédiction.

BIBLIOGRAPHIE

CAILLAULT S. (2011). *Le feu, la brousse et la savane. Modélisation spatiale de la dynamique des paysages soudaniens (Burkina Faso)*. Université de Caen, thèse de doctorat de géographie, 378 p.

- COLLECTIF M R JEAN (1997). « Émergence et SMA ». In *JFIADSMA '97. Intelligence artificielle et systèmes multi-agents*, 2-4 avril 1997, La Colle-sur-Loup, Côte d'Azur, France, p. 323-342.
- CREACH A., PARDO S., GUILLOTREAU P., MERCIER D. (2015). "The use of a micro-scale index to identify potential death risk areas due to coastal flood surges: lessons from Storm Xynthia on the French Atlantic coast". *Natural Hazards*, vol. 77, n° 3, p. 1679-1710.
- FERBER J. (1995). *Les systèmes multi-agents : vers une intelligence collective*. Paris : InterÉditions, 522 p.
- FLEURANT C. (2016). « Transfert d'une pollution soluble dans un aquifère par une approche multi-agents ». *Cybergeo: European Journal of Geography*. En ligne : <http://cybergeo.revues.org/27475>
- GALÁN J. M., LÓPEZ-PAREDES A., DEL OLMO R. (2009). "An agent-based model for domestic water management in Valladolid metropolitan area". *Water Resources Research*, vol. 45, n° 5. <http://doi.wiley.com/10.1029/2007WR006536>
- GRIGNARD A., TAILLANDIER P., GAUDOU B., VO D. A., HUYNH N. Q., DROGOUL A. (2013). "GAMA 1.6: Advancing the Art of Complex Agent-Based Modeling and Simulation". In G. BOELLA, E. ELKIND, B. T. R. SAVARIMUTHU, F. DIGNUM, M. K. PURVIS (éd.), *PRIMA 2013: Principles and Practice of Multi-Agent Systems. Lecture Notes in Computer Science*. Springer Berlin Heidelberg. http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-44927-7_9
- GUTIERREZ-MILLA A., BORGES F., SUPPI R., LUQUE E. (2014). "Individual-oriented Model Crowd Evacuations Distributed Simulation". *Procedia Computer Science*, vol. 29, p. 1600-1609.
- LAMMOGLIA A. (2011). « Évolution spatio-temporelle d'une desserte de transport flexible simulée en sma ». *Cybergeo : European Journal of Geography*. En ligne : <http://cybergeo.revues.org/24720#tocto2n7>
- PAN X., HAN C. S., DAUBER K., LAW K. H. (2007). "A multi-agent based framework for the simulation of human and social behaviors during emergency evacuations". *AI & Society*, vol. 22, n° 2, p. 113-132.
- RAKOTOARISOA M. M., FLEURANT C., AMIOT A., BALLOUCHE A., COMMUNAL P.-Y., JADAS-HÉCART A. *et al.* (2014). « Un système multi-agent pour la modélisation des écoulements de surface sur un petit bassin versant viticole du Layon ». *Revue internationale de géomatique*, vol. 24, n° 3, p. 307-333.
- RAKOTOARISOA M. M., FLEURANT C., TAIBI A. N., ROUAN M., CAILLAUT S., RAZAKAMANANA T. *et al.* (2018). « Un modèle multi-agents pour évaluer la vulnérabilité aux inondations : le cas des villages aux alentours du Fleuve Fiherenana (Madagascar) ». *Cybergeo: European Journal of Geography*. En ligne : <http://journals.openedition.org/cybergeo/29144>
- REANEY S. M. (2008). "The use of agent based modelling techniques in hydrology: determining the spatial and temporal origin of channel flow in semi-arid catchments". *Earth Surface Processes and Landforms*, vol. 33, n° 2, p. 317-327.
- REN C., YANG C., JIN S. (2009). "A Multi-agent Simulation of Escape Panic". In *2009 International Joint Conference on Computational Sciences and Optimization (IEEE)*. <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=5193719>
- REULIER R., DELAHAYE D., CAILLAUT S., VIEL V., DOUVINET J., BENSALD A. (2016). « Mesurer l'impact des entités linéaires paysagères sur les dynamiques spatiales du ruissellement : une approche par simulation multi-agents ». *Cybergeo: European Journal of Geography*. En ligne : <https://cybergeo.revues.org/27768>
- SERVAT D. (2000). *Modélisation de dynamiques de flux par agents. Application aux processus de ruissellement, infiltration et érosion*. Thèse de doctorat, Université de Paris 6.

TAÏBI A. N., RAKOTOARISOA M. M., CHAMPIN L., FLEURANT C., RAZAKAMANANA T., GUYARD S. (2017). « Méthode d'analyse de la vulnérabilité aux inondations à Toliara (sud-ouest Madagascar) ». *Geo-Eco-Trop*, vol. 41, n° 3, p. 455-462.

TAILLANDIER P., GRIGNARD A., GAUDOU B., DROGOUL A. (2014). « Des données géographiques à la simulation à base d'agents : application de la plate-forme GAMA ». *Cybergeo: European Journal of Geography*. <http://cybergeo.revues.org/26263>

TREUIL J., MULLON C., PERRIER E., PIRON M. (2001). « Simulations multi-agents de dynamiques spatialisées ». In L. SANDERS (dir.), *Modèles en analyse spatiale*, Paris : Lavoisier, 333 p.
ISBN 978-2746203204

INDEX

Mots-clés : prix de thèse 2018