

SIMULATION D'OURAGANS ET DE COLLECTES DE DÉCHETS SUR QGIS POUR L'AMÉLIORATION DE LA COLLECTE DES DÉCHETS POST-OURAGAN

par *Quy Thy Truong, Anne Ruas*

*Université Gustave Eiffel, COSYS Laboratory,
truong.quythy@gmail.com, anne.ruas@univ-eiffel.fr*

et *Serge Lhomme*

*Université Paris-Est Créteil, Lab'Urba,
serge.lhomme@u-pec.fr*

Mots clés : Gestion de crise, Ouragan, collecte de déchet

Contexte

Au cours des dernières décennies, des événements naturels catastrophiques tels que des tempêtes et des ouragans ont touché des millions de personnes dans le monde : environ 33 millions de personnes sont touchées chaque année entre 2007 et 2016 (Bellow et Wallemacq, 2018). Par exemple, l'ouragan Katrina (États-Unis, 2015) a causé des dégâts catastrophiques du centre de la Floride à l'est du Texas, au moins 1 836 personnes sont mortes et le total des dommages matériels a été estimé à 125 milliards de dollars. Par ailleurs, le changement climatique est susceptible d'augmenter la fréquence des catégories d'ouragans les plus intenses ainsi que le niveau de la mer, entraînant des ondes de tempête plus destructrices lorsque des ouragans se produisent (GIEC, 2013). Les ouragans génèrent de grandes quantités de déchets directement liés aux impacts induits (Brown *et al.*, 2011). La rapidité de collecte et de tri des déchets est essentielle car non seulement les déchets bloquent et ralentissent l'activité humaine mais ils génèrent également des pollutions. La gestion de ces déchets est donc un enjeu majeur dans la gestion de crise post-ouragan. L'ouragan Irma, qui a frappé les Caraïbes au début de septembre 2017, en particulier les îles de Saint-Martin et Saint-Barthélemy, est un exemple frappant de ce problème. Dans cet article nous présentons un système d'information pour améliorer la collecte des déchets post-ouragan aux Antilles françaises. Ces travaux sont faits dans le cadre du projet de recherche DéPOs financé par l'ANR.

Démarche pour la conception de l'outil de simulation

La première étape de nos recherches a consisté à analyser le processus de collecte des déchets lors de l'ouragan Irma sur l'île de Saint-Martin. Les informations recueillies lors de plusieurs missions de terrain (Beraud *et al.*, 2019) ainsi que les données de dégâts identifiées à partir d'images satellitaires ont permis d'estimer le volume des déchets et de comprendre le processus de collecte (Ruas *et al.*, 2021). Dans cet article nous présentons la dernière partie de notre recherche qui consiste en la mise au point d'un prototype permettant de simuler la collecte des déchets des bâtiments endommagés lors du passage d'un ouragan. Dans ce qui suit, nous nous concentrons sur les déchets de construction qui comprennent les débris de construction et de démolition ainsi que les déchets ménagers (meubles, vêtements et déchets d'équipements électriques et électroniques) car ils constituent le plus grand volume de déchets.

Le processus a d'abord été conçu à partir des données disponibles après le passage d'Irma sur l'île de Saint-Martin. Il a ensuite été enrichi et généralisé pour être applicable sur un autre territoire, à partir d'un ouragan simulé. L'objectif de cet outil est de permettre aux collectivités et aux acteurs de tester leurs infrastructures et moyens de collecte des déchets et d'imaginer d'autres solutions pour réduire le temps de collecte et améliorer le tri et le recyclage.

L'outil de simulation sera présenté courant 2022 en Guadeloupe aux acteurs (planificateurs de crise ou gestionnaires de déchets) pour recueillir leurs avis et améliorer les fonctionnalités.

Le processus est composé de trois étapes : (1) la simulation des dommages sur les bâtiments, (2) le calcul de la localisation des aires de dépose à proximité des bâtiments endommagés et enfin (3) le calcul de la collecte des déchets depuis les aires de dépose vers les usines de traitement ou de stockage des déchets. Ce processus est implémenté sous la forme d'un plugin gratuit et open source sur QGIS (figure 1).

La simulation des bâtiments endommagés

Après le passage des ouragans, les méthodes de télédétection sont de plus en plus utilisées pour évaluer le degré de dégradation des bâtiments. C'est le cas pour le passage de l'ouragan Irma sur l'île de Saint Martin où deux sociétés ont réalisé deux bases de données vectorielles pour identifier les bâtiments endommagés classés par catégories de dommages selon la norme EMS-98 : le SERTIT et GEOAPIKONISIS S.A.P.GE pour COPERNICUS. Ces données donnent la proportion de bâtiments endommagés par catégorie. Une post analyse a montré que pour l'île de Saint Martin les dégâts étaient fortement liés à la position du bâti (Ruas *et al*, 2021). On utilise par défaut cette répartition des bâtiments endommagés pour les autres territoires mais on peut aussi exagérer ou atténuer la proportion des bâtiments endommagés. Lorsque les pourcentages de bâtiments endommagés sont définis, l'algorithme choisit les bâtiments au hasard jusqu'à ce que la proportion souhaitée par catégorie soit atteinte. Mais le cas de Saint Martin est particulier car l'île est toute petite. Ainsi, il est possible d'ajouter une carte de répartition des risques pour distinguer la proportion de bâtiments endommagés par zones. Par exemple, on peut utiliser une carte de risque de submersion pour distinguer la proportion de bâtiments endommagés selon ce critère. Une fois les bâtiments endommagés choisis, le volume de déchets est calculé selon une fonction de volume de déchets liée à la taille du bâtiment et au niveau d'endommagement. La fonction a été déduite des données recueillies sur Saint Martin (Ruas *et al*, 2021).

La localisation des aires de dépose

Après chaque ouragan, les habitants apportent des déchets et des débris soit devant leur maison, soit sur des zones proches, appelées aires de dépose et

partagées entre plusieurs habitations endommagées. Les déchets situés sur ces aires de dépose sont ensuite déplacés vers des aires de stockage temporaire avant d'être acheminés vers leur destination finale pour être recyclés ou entreposés. Pour notre algorithme, la première localisation de ces zones de dépose doit être définie. Ces zones ne sont pas connues car elles sont éphémères. Nous avons proposé 4 façons de calculer la position de l'emplacement des aires de dépose : devant chaque maison endommagée, au carrefour le plus proche, au grand carrefour le plus proche, ou sur un réseau routier avec regroupement possible en fonction du volume à déplacer et de la distance. Cette solution est celle qui semble être la solution la plus réaliste.

Simulation de la collecte

L'algorithme de simulation de la collecte des déchets est basé sur un algorithme du plus court chemin sur le réseau routier entre les origines (les aires de dépose) et les destinations (les zones de stockage temporaire). Il simule le mouvement des camions qui collectent les déchets et les acheminent vers la destination la plus proche en fonction du volume de déchets transportables et jusqu'à ce que chaque aire soit vidée. La complexité du processus n'est donc pas dans l'algorithme lui-même mais dans les paramètres permettant de prendre en compte au mieux toutes les configurations de collecte. L'outil de simulation proposé permet de prendre en compte les bassins de collecte, le nombre de camions par bassin et leur volume, les temps de chargement et de déchargement. Il permet également d'intégrer les types de déchets et de différencier les destinations selon les types de déchets qu'elles acceptent. Ainsi, les simulations permettent d'étudier plusieurs stratégies de tri (figure 1).

Remerciements

Les auteurs remercient l'Agence Nationale de la Recherche qui soutient le projet de recherche Déchets Post Ouragan (ANR-18-OURA-0003) et l'ensemble des partenaires de l'ANR DéPOs : l'Université Gustave Eiffel, l'Université du Mans, l'Université d'Avignon, l'Association Robin des Bois et l'Université de Mons (partenaire international associé).

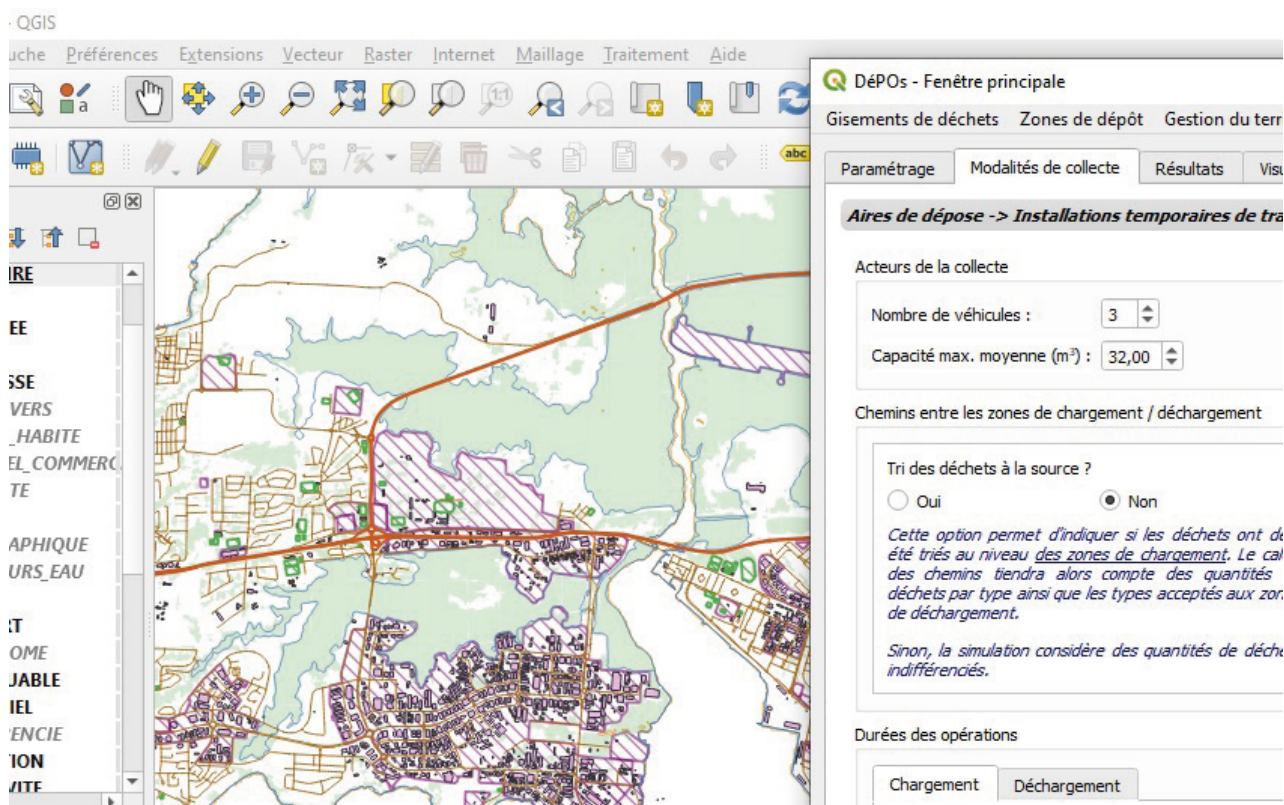


Figure 1 : Interface DéPOs permettant de paramétrer les conditions de collecte

Bibliographie

Below, R., Wallemacq, P., 2018, *Annual Disaster Statistical Review 2017*, CRED, Centre for Research on the Epidemiology of Disasters.

Beraud, H., Nithart, C., Durand, M., 2019, « Le difficile suivi des déchets post-catastrophe : le cas de l'Ouragan Irma à Saint-Martin », *Risques urbains*, p 24

Brown, C., Milke, M., Seville, E., 2011, "Disaster waste management: A review article", *Waste Management*, 31(6), pp. 1085–1098.

Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*.

Ruas A., Lhomme S., Lamour M., 2021, « Localisation et estimation des volumes de déchets suite à l'ouragan Irma à Saint-Martin », *Risques urbains*, N°1, Vol 3, 10.21494/ISTE.OP.2021.0634 ISSN : 2516-1857