

Montpellier

Une expertise universitaire sur les catastrophes naturelles

L'université de Montpellier III, déjà en pointe dans les Retex postcatnat, vient de s'adjoindre des compétences scientifiques supplémentaires. Les équipes se sont fédérées autour d'une équipe, la GRT, qui adopte une approche terrain intégrée et pluridisciplinaire avec pour objectif le transfert des apprentissages aux autorités et populations concernées.

Le retour d'expérience de la *task force* scientifique menée par l'université de Montpellier III est d'une grande originalité :

La Geodasters Research Team déploiera à l'avenir le plus rapidement possible une équipe sur l'évaluation des impacts d'un cyclone ou de tout autre phénomène naturel extrême. La mission *Irma* est sa première.

Gestion de crise : la parole aux sinistrés. La gestion de crise se fait à échelle collective et institutionnelle. La parole des sinistrés enrichit l'analyse de la gestion de crise au niveau individuel, analyse la préparation des populations à l'arrivée d'un événement naturel.

Déchets et déchets postcatastrophe : parmi les nombreux défis que les acteurs locaux ont dû relever postcrise, celui de la collecte et le

traitement des débris cycloniques (près de trois ans de collecte normale de déchets) n'est pas des moindres.

Les drones : ils offrent aux gestionnaires de crises de l'information spatiale précise et inédite issue directement du terrain et sont des outils précieux pour aider à l'analyse postcrise.

Faut-il repenser l'aménagement des littoraux des îles du Nord ? L'expertise des côtes révèle clairement l'inadéquation entre d'un côté une concentration toujours plus importante des enjeux sur la frange côtière et de l'autre la recherche de la réduction des risques côtiers. Pis, les dommages consécutifs aux vagues extrêmes et aux inondations marines ont été amplifiés par les aménagements côtiers. □

Les premiers travaux visaient à reconstituer finement les multiples impacts du cyclone afin d'en garder la mémoire collective et d'en comprendre les mécanismes de production en lien avec les phases de la crise. Les investigations de terrain successives ont permis de recueillir des indices éphémères tels que les hauteurs d'eau, les distances de pénétration de la mer, les effets du vent sur les infrastructures, ceux de la mer, la dispersion des débris et leurs volumes, la cartographie des niveaux de dommages sur les bâtiments au moyen de drones, etc. Ce travail a été largement recoupé et complété par les témoignages de la population, en suivant une approche de terrain intégrée et pluridisciplinaire, très attachée par ailleurs aux mécanismes socio-psychologiques et institutionnels qui font aussi la crise.

L'objectif est aussi de pérenniser la démarche afin de déployer à l'avenir le plus rapidement possible une équipe sur l'évaluation des impacts d'un cyclone ou de tout autre phénomène naturel extrême pour en reconstituer les impacts, temporalités, décisions, et mettre en évidence les vulnérabilités et capacités de réponse, d'identifier les pratiques et mesures de protection à développer, tout en améliorant les protocoles d'investigation postdésastre. Le travail de la GRT sera prochainement enrichi par de nouvelles missions programmées sur les îles voisines d'Antigua, Barbuda, Anguilla et aux îles Vierges britanniques, dans le cadre d'un projet de recherche ANR nommé « Tirez »¹ qui permet de poursuivre le Retex entrepris sur 4 ans et d'en transférer les apprentissages vers les autorités locales et les populations au moyen d'outils numériques et interactifs de géovisualisation en particulier. □

1. Tirez, pour « transfert des apprentissages de retours d'expériences scientifiques pour le renforcement des capacités de réponse et d'adaptation individuelles et collectives dans un contexte de changement climatique (Petites Antilles du Nord, saison cyclonique 2017) ».

Cartographie comparative des relevés de dommages sur le bâti de Grand-Case (Saint-Martin).



La Geodasters Research Team se mobilise

L'unité mixte de recherche Gred (Gouvernance, risque, environnement, développement) associée des enseignants-chercheurs de l'université Paul-Valéry Montpellier III et des chercheurs de l'Institut de recherche pour le développement (IRD). Elle développe depuis plusieurs années une capacité d'expertise collective sur les catastrophes naturelles dans leurs dimensions spatiales, physiques et sociales. Cette équipe s'est dotée dernièrement d'une *task force* scientifique réactive, capable de fédérer autour d'elle un large panel de compétences complémentaires pour mener à bien

des retours d'expérience postCatnat : la *Geodasters Research Team* (GRT). À l'occasion du passage d'*Irma* sur les îles du nord de l'archipel des Antilles (Saint-Martin et Saint-Barthélemy), la GRT s'est mobilisée sur le terrain dès le mois d'octobre 2017 à l'occasion de trois missions collectives, regroupant une quinzaine de personnes, financées par la région Guadeloupe, l'Union européenne, l'Agence nationale de la recherche française (ANR), l'IRD et le CNRS. Les chercheurs impliqués, majoritairement universitaires, sont géographes, historiens, climatologues, géomorphologues, modélisateurs,

sociologues, cartographes... Ils travaillent depuis septembre 2017 en étroite collaboration avec les collectivités de Saint-Martin et Saint-Barthélemy, la préfecture des « îles du Nord », Météo-France, l'université des Antilles et la Caisse centrale de réassurance (CCR).



Frédéric Leone

Professeur de géographie des catastrophes et des risques naturels à l'université Paul-Valéry Montpellier III

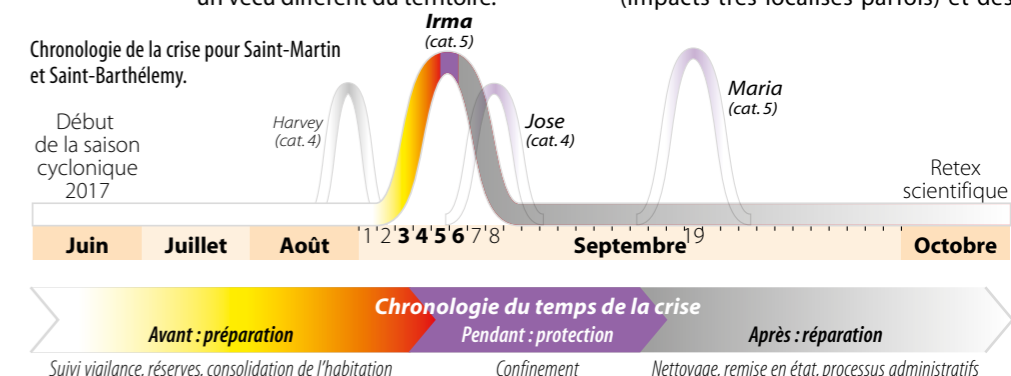
« fédérer autour d'elle un large panel de compétences complémentaires pour mener à bien des retours d'expérience »

La parole aux sinistrés

Irma, de catégorie 5, a déconstruit l'évènement de référence, *Luis* (cat. 4, 1995), par son ampleur et son intensité. Après la catastrophe, un retour d'expériences scientifique a été mené pour analyser et identifier les étapes et processus de gestion de l'évènement.

La gestion de crise s'inscrit, au moins dans l'imaginaire collectif, à échelle collective et institutionnelle. Mais l'anticipation de l'évènement prend également une dimension individuelle dans laquelle les populations s'organisent à partir de recommandations officielles et des savoirs vernaculaires. Ces expériences sont analysées sur la base d'une centaine d'entretiens menés auprès des populations de Saint-Martin. Les questions s'inscrivent dans les temporalités de l'évènement avant, pendant, après la crise. Le contexte géographique de cet espace insulaire, en partie collectivité d'outre-mer française, présente une diversité de populations ayant *a priori* un vécu différent du territoire.

deviennent dépendants des capacités des institutions ou des privés (réseaux). Coutumières des cyclones et tempêtes tropicales, les populations des Antilles connaissent et intègrent les consignes de vigilance météorologiques, notamment celles de Météo France. Cependant, elles s'ouvrent à d'autres sources d'informations plutôt tournées vers les États-Unis comme le NOAA, régulièrement cité comme source fiable, ou encore les réseaux sociaux. Le suivi des évènements à venir se combine avec le vécu d'évènements antérieurs qui participent à l'anticipation (réserves de nourriture, d'eau par exemple). À Saint-Martin, les populations ont par conséquent ajusté leur organisation en fonction de l'évènement de référence. Les comportements pendant la crise convergent vers le confinement, dans la grande majorité des cas chez eux ou des proches. La phase postcrise dépend largement du déroulement de l'évènement (impacts très localisés parfois) et des



Il ressort des entretiens des similitudes avant et pendant la crise, mais des disparités après la crise. Celles-ci s'expliquent en partie par le fait que les populations sont des acteurs actifs en phase précrise, puisque la logistique individuelle résulte de leur investissement, alors qu'une fois la crise passée, ils

vulnérabilités structurelles, fonctionnelles et humaines. L'échelle individuelle rejoint ici l'échelle collective, notamment pour la phase de nettoyage ou de remise en état des réseaux et des logements. À Saint-Martin, cette phase a été perturbée par l'annonce du cyclone *Jose* qui laissait envisager un second épisode intense, mais surtout par les pillages, qui selon les populations ont fait « plus de mal » que le cyclone *Irma*. Ainsi, la phase postcrise s'envisage sur du long terme avec des objectifs individuels de reconstruction subjectifs mais qui reposent sur la gestion collective, notamment institutionnelle. □



Stéphanie Defossez

Maître de conférences à l'université Paul-Valéry Montpellier III

Monique Gherardi

Ingénieure d'études à l'UMR Gred de l'université Paul-Valéry Montpellier III

Gestion des débris et des déchets à Saint-Martin

Parmi les nombreux défis que les acteurs locaux doivent relever après une catastrophe, celui de la collecte et du traitement des débris n'est pas des moindres. L'augmentation du volume des débris, les impératifs de protection de l'environnement et le coût de la collecte et du traitement sont de plus en plus complexes à gérer pour les collectivités territoriales.

Le passage du cyclone Irma a généré un tonnage de débris estimé à plus de 50 000 tonnes sur la seule partie française de l'île Saint-Martin soit 1,3 tonne par habitant ou encore 3,5 années de collecte « normale » de déchets. La collecte s'est effectuée en deux temps. Dans une première phase qui s'est déroulée entre fin septembre et début novembre 2017, près de 100 000 m³ de débris ont été collectés et regroupés sur des sites de stockage temporaires. Ces sites ont ensuite été évacués vers l'écosite de Grandes-Cayes, centre unique de traitement et de valorisation des déchets pour la partie française de l'île.

S'ajoutent à cela les dépôts sauvages où les habitants se débarrassent des débris et déchets ménagers qui empêchent la reconstruction et créent des nuisances olfactives, esthétiques voire sanitaires.

Les opérations ont été entravées par le cyclone lui-même (destruction des infrastructures et des moyens matériels, pénurie de main d'œuvre) et par les contraintes de l'insularité (faibles volumes à valoriser, manque d'aires de

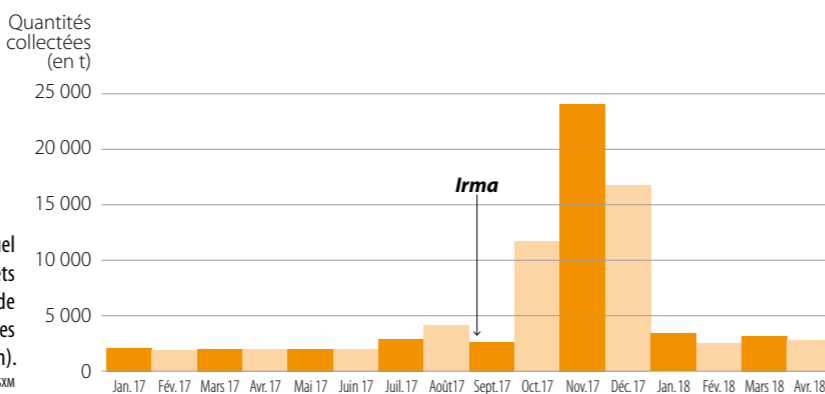
et de déchets verts étaient en attente de traitement auxquels s'ajoutent près de 6000 VHU (véhicules hors d'usage) et 200 épaves de bateaux dont la collecte et le traitement prendront encore des mois.

Les avantages de la planification

Même si un an après tous les débris n'ont pas été collectés, leur traitement se poursuit en mode « chronique » et Saint-Martin a su relever le défi majeur de manière plus efficace que sa voisine néerlandaise, Sint Maarten, où les débris et déchets mêlés s'entassent dans la décharge de Pond Island près de la capitale, Philipsburg. Sans traitement planifié, cette décharge génère des nuisances (pollution de l'air et des eaux) et des dangers (incendies à répétition) qui mettent en lumière la nécessité d'une planification prévisionnelle des déchets et débris dans les dispositifs de gestion de crise cyclonique.

« une politique de valorisation des déchets privilégiant la réutilisation sur place ou bien l'expédition »

stockage...). La route d'accès à l'écosite a été détruite par la houle cyclonique. Une nouvelle route a été mise en service en retrait de la plage le 11 octobre 2017. Le transfert des dépôts temporaires a été achevé en janvier 2018 soit quatre mois après Irma. En juin 2018, 40 000 tonnes d'encombrants, de tôles



Freddy Vinet
Professeur de géographie à l'université Paul-Valéry Montpellier III



Photo F. Vinet

Depuis une dizaine d'années, la collectivité de Saint-Martin s'est engagée dans une politique de valorisation des déchets privilégiant la réutilisation sur place ou bien l'expédition par conteneur des produits valorisables (métaux) ou dangereux (DEEE) vers la Guadeloupe, la France ou les États-Unis.

La bonne gestion des déchets post-cycloniques est très dépendante des dispositifs existants, surtout dans les îles où le recours aux moyens extérieurs est difficile et coûteux. □

Dépôt de débris postcycloniques sur la route de l'aéroport de Grand-Case Espérance à Saint-Martin

Les drones, puissants outils pour l'analyse postcrise



Photo T. Candela - Gred

« des données qualitatives qui ouvrent de nouveaux champs d'expertises en matière de recherche opérationnelle postdésastre »



Différence de qualité entre une image du satellite Pléiades (à gauche, le 10-09-17) et une image prise par un drone (à droite, le 3-11-2017).

Les aéronefs télépilotés, communément désignés « drones aériens » connaissent des avancées technologiques majeures. La capacité de déploiement rapide de ces appareils aéroportés, associée à la polyvalence des capteurs embarqués, en font un outil particulièrement adapté aux besoins de la gestion des risques.

Un Retex scientifique mené fin octobre 2017 à la suite du passage des ouragans Irma et Jose sur l'île de Saint-Martin a été l'occasion de développer et de tester des protocoles expérimentaux employant de l'imagerie par drone pour l'analyse postcrise. Un quadricoptère semi-professionnel de masse inférieure à 2 kg, permettant d'évoluer dans le cadre des scénarios réglementaires S1, S2 et S3², a été choisi. Cet engin est équipé d'un capteur optique CMOS d'1 pouce d'une résolution de 20 mégapixels.

Des images ont été capturées sur plusieurs secteurs d'intérêt, selon des plans de vol en grilles régulières, à une hauteur inférieure à 80 m. Après le traitement photogrammétrique de ces images par des logiciels dédiés, deux produits principaux ont été générés : des modèles numériques de surface (MNS) et des orthophotographies dont la résolution spatiale est jusqu'à 20 fois supérieure à celle d'une image satellite.

Le drone a été utilisé en appui aux diagnostics visuels d'endommagement du bâti réalisés depuis le sol par l'équipe de l'UMR Gred sur deux quartiers de l'île.³ Ces vues aériennes à haute résolution ont permis de mieux visualiser les dommages aux toitures et aux bâtiments difficilement accessibles à pied et ainsi d'en affiner le diagnostic. Cette vision d'ensemble du bâti contribue à mieux distinguer les facteurs d'endommagement liés au vent de ceux liés à la submersion. Les modèles numériques de surface ont quant à eux servis à évaluer avec précision et rapidité les volumes de débris générés par Irma et Jose sur certains quartiers. Les images obliques et les vidéos réalisées ponctuellement au fil de la mission ont contribué à optimiser l'interprétation des impacts de ces ouragans sur les territoires.

À plus long terme, l'usage du drone se poursuit dans une démarche de suivi de la reconstruction des territoires de Saint-Martin et Saint-Barthélemy dans le cadre du projet ANR Tirez (cf. plus haut). Un protocole de survols, espacés d'environ tous les 6 mois, est mis en œuvre pour la détection de changements sur plusieurs secteurs de suivi. En zone urbaine, l'analyse des différentiels de MNS enrichie par des techniques de

traitement d'images contribue à caractériser les différents stades de la reconstruction des infrastructures bâties. Le long des littoraux, l'observation des différentiels topographiques fournit des données pour mieux étudier les échanges sédimentaires ainsi que la reprise du couvert végétal.

L'imagerie par drone apporte aux équipes scientifiques une plus grande autonomie dans le processus de récolte d'informations géographiques à haute résolution. Ces données qualitatives ouvrent de nouveaux champs d'expertises en matière de recherche opérationnelle post-désastre et participent à une meilleure compréhension des phénomènes. □



Matthieu Péroche
Maître de conférences en géographie à l'université Paul-Valéry Montpellier III

2. Scénarios de vol réglementaires des aéronefs télépilotés civils imposés par la Direction générale de l'aviation civile (DGAC).
3. Les deux secteurs d'étude d'une superficie cumulée de 75 ha ont été couverts par le drone en une journée.

Photo N. Haert - Gred

Doit-on repenser l'aménagement des littoraux des îles ?

La violence du cyclone, aggravée par une sururbanisation du littoral et l'érosion des plages a abouti à la destruction des habitations et des infrastructures côtières. À l'heure de la reconstruction, il semblerait que la meilleure option soit d'adapter le bâti, ce qui exige une politique d'aménagement contraignante.

La violence des dégâts sur les côtes

En quelques heures, l'énergie libérée par le cyclone *Irma* a modifié les paysages côtiers de Saint-Martin et Saint-Barthé-

18 mètres, par endroits, c'est plus de 800 m³ de sables qui ont été prélevés par la mer. D'une manière générale, l'érosion côtière a conduit à l'affouillement des murs et la mise à nu des fondations des bâtiments.

Dans d'autres situations, les fronts de mer densément urbanisés, avec peu d'espaces vides, ont formé un « mur de défense ». Malgré des dommages considérables (destruction des portes et baies vitrées avec vue sur la mer, muret...), les bâtiments ont constitué un rempart aux projectiles, protégeant ainsi les habitations situées en deuxième ligne et au-delà. Mais en réfléchissant l'énergie

Quelle reconstruction privilégier ?

Le temps des bilans passé, la reconstruction est actuellement au cœur des débats. Faut-il reconstruire à l'identique et faire fi des leçons à tirer d'*Irma* ? Faut-il se protéger davantage par la construction de murs et de digues, ou bien faut-il entamer un processus d'adaptation par le bâti et la relocalisation des enjeux les plus exposés ?

Compte tenu des dommages observés à Saint-Martin et Saint-Barthélemy, la dernière proposition est la plus sensée et la plus cohérente dans la gestion des



Photo T. Rey, mai 2018

Endommagement du front de mer à Saint-Martin (baie Nettlé).

Érosion côtière dans les « dents creuses » à Saint-Barthélemy (anse des Flamands).

« depuis plusieurs décennies, la littoralisation sur les îles participe à la production des risques côtiers »

lemy. Les fronts de mer urbanisés ont subi de graves dommages du fait de la submersion marine (surcote de 3 mètres et vagues de plus de 7 mètres), de l'érosion côtière et des projectiles naturels (blocs coralliens, dalles du platier récifal, cocotiers) et anthropiques (voitures, containers et bateaux) transportés sur de longues distances...

Dans les espaces bâtis présentant des « dents creuses », l'érosion côtière a été exceptionnelle, comme à Saint-Barthélemy, où le recul de la côte entre les espaces vides a atteint plus de

des vagues, le « mur de défense » a provoqué une érosion verticale des plages mettant à mal les structures de bâtiments et les ouvrages côtiers.

Les côtes équipées n'ont pas été davantage protégées, bien au contraire. Les blocs projetés par le cyclone ont raclé les sols, mitraillé les murs, cogné et endommagé la structure porteuse des bâtiments, entraînant la destruction des habitations les plus exposées à la mer.

Depuis plusieurs décennies, la littoralisation sur les îles de Saint-Martin et Saint-Barthélemy participe à la production des risques côtiers. *Irma* a fait ressortir les points faibles de ces côtes et les carences de la société à gérer la densification urbaine.

risques naturels, néanmoins c'est aussi la plus difficile à mettre en œuvre, car elle nécessite un réinvestissement des politiques dans l'administration des deux îles, avec une réglementation littorale plus cohérente⁴, une application des lois et des règles d'urbanisme⁵. Bien entendu, les différences socio-économiques, politiques et culturelles et les héritages nécessiteront des réflexions adaptées au contexte de chacune de ces deux îles. □

4. En 1996, la loi n° 96-1241 du 30 décembre 1996 relative à l'aménagement, la protection et la mise en valeur de la zone dite des cinquante pas géométriques dans les départements d'outre-mer conduit à la régularisation des occupants de terrains sans titre. Toutes personnes privées ou publiques possédant un titre de propriété sont exclues du domaine public maritime de l'État et donc de la loi littorale.

5. À la suite d'*Irma*, le PPR a été actualisé par les services de l'État.



Tony Rey

Maître de conférences HDR à l'université Paul-Valéry Montpellier III