

Rencontre scientifique 17^e édition

La saison cyclonique 2017 aux Antilles

Apprentissages scientifiques et transferts de connaissances

16 & 17 Mai 2022

Résumés des interventions

2022

GEORISQUE



Dimitri BECHACQ

Jean-Raphaël GROS-DESORMEAUX

LC2S, Université des Antilles

Élaboration d'une méthodologie pour l'identification de présupposés socioculturels

Résumé

L'objectif de ce livrable est de saisir les modalités de production, de circulation et d'appropriation d'une information, qui sont dépendantes de présupposés socioculturels et anthropologiques. Leur analyse est nécessaire dès lors que les savoirs et les informations produites orientent le processus décisionnel. Le fait de qualifier un présupposé de socioculturel permet de caractériser les traits propres à une société, à un environnement social, à un territoire, à un pays ou encore à un groupe en particulier. Dans le cadre de l'étude des risques naturels, il est plus fréquent d'interroger les présupposés socioculturels des acteurs locaux (populations, politiques, etc.) que ceux des scientifiques. Comment circonscrire un présupposé socioculturel ? Existe-t-il des présupposés socioculturels dans des productions scientifiques du projet TIREX ? Pour répondre à ces questions, nous allons proposer une méthodologie qui a été appliquée à des productions tirées du projet TIREX. À partir d'outils d'analyse textuelle, il s'est agi de repérer, d'identifier et de caractériser des présupposés socioculturels en associant la linguistique à une grille d'analyse de « dé-contextualisation » et « re-contextualisation » qui fait appel à l'expertise disciplinaire.

Mots-clés : RETEX, Présupposé socioculturel, Production scientifique, Méthodologie, Réflexivité

Ali BELMADANI

Fabrice CHAUVIN, Philippe CANTET,
Pierre-Christian DUTRIEUX, Coline
DECOURCELLE, Alice DALPHINET,
Philippe PALANY

Météo-France

**Cyclones et changement climatique : Projections futures
de l'activité cyclonique et des aléas associés, du bassin
Atlantique aux Antilles françaises**

Abstract

Although small island nations and territories such as the West Indies have long been identified as among the most vulnerable to climate change and climate extremes such as tropical cyclones (TCs), few studies have focused on future projections at spatial scales relevant for island communities in the eastern Caribbean. While consistent future trends have been recently documented regarding an increase in the frequency of major hurricanes at the global scale, most climate models do not have resolutions high enough for meaningful projections at the island scale and for adequate representation of TCs and of the associated storm waves.

The interdisciplinary collaborative C3AF project (Climate Change and Consequences over the French Antilles, <http://c3af.univ-montp3.fr>) aimed at studying trends and hazards associated with climate change in the French West Indies (Guadeloupe, Martinique, Saint-Barthélemy, Saint-Martin), as well as their environmental and socio-economic impacts. At Météo-France, a group of researchers have studied future changes in Atlantic TC activity, in the associated swells that hit Antillean coasts, in regional and local climate. 5-member global atmospheric model simulations on a stretched grid with mesoscale-permitting resolution in the tropical North Atlantic and SST forcing from the CNRM-CM5 global climate model under the RCP8.5 scenario for 2031-2080 allow tracking tropical storms and hurricanes in order to detect changes in their frequency, intensity and geographical distribution. These simulations are also used both to drive wave models of increasing resolutions towards the eastern Caribbean (from 50 km to 200 m) in order to estimate changes in TC wave climate, and to infer projections at the island scale, particularly for rainfall associated with TCs, after quantile-quantile corrections with long station data.

Significant shifts in TC activity towards the Cape Verde region and mid-latitudes to some extent were found with a peak in September, as well as a shortening of the hurricane season, intensified TC rainfall, and a larger proportion of major hurricanes over the Atlantic basin. While the number of minor TCs tends to decrease in the future over the eastern Caribbean, no trend was detected in the number of major hurricanes in the region. Although annual precipitation decreases significantly, no significant change was detected in TC-induced island rainfall, in contrast with basin-scale projections. Whereas basin-wide seasonal mean significant wave heights were found to decrease, TC-induced extreme wave heights were found to increase within a large region extending from the african coasts to the american continent, with variable impacts along eastern Caribbean shores.

Mots-clés : Changement climatique, cyclones tropicaux, Atlantique Nord, Antilles, houle cyclonique, vent, pluie, modélisation

Yann BERARD*

Nicolas ROCLE, Marion SEROT

**LC2S, Université des Antilles*

Retour sur le retour d'expérience : quelques enseignements et réflexions pour des RETEX intégrés et réflexifs

Résumé

Vingt ans après les initiatives lancées par le CNRS et l'École des Mines notamment, les conditions de réalisation des retours d'expérience (RETEX) et l'analyse de leurs effets sur les politiques du risque restent à renforcer et à capitaliser. La contextualisation des RETEX (formes historiques et situées, acteurs, territoires et savoirs impliqués) apparaît tout d'abord comme un chantier encore peu exploré, alors qu'elle permet d'éclairer de manière située un RETEX et ses résultats autant scientifiques que sociétaux. La contribution des RETEX au transfert des apprentissages qui œuvrent à une approche intégrée suppose également de poursuivre la réflexion quant à l'invention de nouvelles modalités d'association entre producteurs de savoirs, gestionnaires de crise et populations dans des contextes situés. Afin de contribuer à ces réflexions, nous nous appuyons sur une immersion participante menée au sein d'un RETEX scientifique – le projet ANR TIREX – à la suite de la saison cyclonique 2017 aux Antilles, croisant analyse documentaire, enquête par entretiens et observations, complétée par une analyse approfondie des sources écrites de langues anglaise et française relatives aux aspects conceptuels et méthodologiques des RETEX. Cette posture réflexive nous a permis de recueillir les visions, objectifs et modalités de mise en œuvre de ce RETEX selon les différents partenaires ainsi que les contraintes ou difficultés rencontrées, sous la forme souvent qualifiée par nos interlocuteurs d'un « RETEX sur le RETEX ». Après être revenu sur l'institutionnalisation du RETEX comme pratique de gouvernement du risque en France et sur le rôle-clé joué par les sciences humaines et sociales (SHS) dans la formalisation des premières méthodes de RETEX intégrés, nous appelons à franchir une nouvelle étape. L'hypothèse qui sous-tend notre approche est qu'un RETEX scientifique capable d'apprendre de lui-même, de ses frictions tant sur le terrain (avec les pouvoirs publics comme les populations) qu'entre disciplines et dans la mise en œuvre de ses méthodologies, de « ce qui ne marche pas » comme « de ce qui marche », permet de consolider le transfert de ses apprentissages. En nous fondant sur le matériau empirique collecté au cours de notre enquête et des éléments de littérature sur l'apprentissage et le changement dans l'action publique, nous proposons de formaliser cette démarche sous la forme de trois boucles d'apprentissage, allant des résultats aux épistémologies et à l'éthique de la recherche en passant par l'enquête et le cadrage du RETEX. Sur cette base, nous interrogeons la pratique du RETEX scientifique en contexte ultramarin et formulons une série de recommandations à destination des producteurs de RETEX scientifiques et de leurs commanditaires.

Mots-clés : apprentissage, contexte, réflexivité, retour d'expérience, sciences humaines et sociales, situation d'expertise, transfert

Didier BERNARD

Rood CELANGE, Romual CHERY,
Raphaël CÉCÉ, Emmanuel BIABIANY

LaRGE, Université des Antilles

Haïti et Guadeloupe : des territoires hétérogènes dans la gestion du risque cyclonique ?

Résumé

Les aléas naturels ont souvent conduit à des situations d'urgence ou de désastre conséquent dans l'histoire d'Haïti. Au cours des cent dernières années, un grand nombre de catastrophes a occasionné des pertes humaines et des dommages matériels énormes, notamment au niveau du logement, de l'agriculture et des infrastructures. Les impacts de ces événements dangereux ont fragilisé considérablement les conditions de vie et de bien-être de la majorité de la population et exacerbé les vulnérabilités économiques, sociales et environnementales du pays. La position géographique, les conditions socio-économiques et géophysiques (géologiques, climatiques, environnementales et écologiques) d'Haïti déterminent, en grande partie la vulnérabilité de ses communautés et de ses institutions face aux aléas naturels et anthropiques. Situé dans les petites Antilles, l'archipel de la Guadeloupe est soumis à des risques similaires. La période cyclonique de 2017 n'a pas eu le même impact dans ces deux régions. Cependant, de nombreuses mesures existent dans ces deux territoires dans le but de protéger la population et de mieux gérer le passage des cyclones. Les réalités de ces deux régions d'études n'étant pas semblables, cela ouvre un champ d'analyse nouveau dans la mesure où les modèles de gestion employés dans l'un peuvent servir à atténuer les impacts voire empruntés dans l'autre, pour de meilleures planifications de gestion du risque cyclonique. De fait, la gestion et les conséquences de ce risque sont fondamentales à documenter et à comprendre en relation avec les influences anthropiques dans un contexte de réchauffement climatique. Un nouveau travail d'analyse comparative est entrepris pour cerner les différentes stratégies d'adaptation et de résilience à cet aléa. Les résultats présentés permettront de répondre aux questions suivantes : (1) A partir d'une analyse comparative, comment peut-on améliorer la prise de décisions dans la gestion des risques cycloniques en Haïti ? (2) Quelles sont les mesures à adopter pour renforcer les résiliences afin de mieux y faire face ? Les réponses à ces questions permettront d'adapter les propositions d'action à la réalité haïtienne.

Mots-clés : Gestion du risque cyclonique, analyse comparative, Guadeloupe, Haïti

Thomas CANDELA*

Matthieu PEROCHE, Arnaud
SALLABERRY, Nancy RODRIGUEZ,
Frédéric LEONE

**RISCRISES & LAGAM, Université
Montpellier 3*

**Optimisation de la cartographie des dommages post-
catastrophe : analyse de la signature visuelle et tests
utilisateurs**

Résumé

Notre recherche porte sur la cartographie d'impact et d'urgence à partir des technologies d'observation de la Terre (OT) qui se développent depuis les années 2000. Les récents événements catastrophiques ont mis en évidence la nécessité de développer des applications dérivées des images satellites afin de créer des outils opérationnels efficaces et adaptés aux différents utilisateurs de la gestion des risques et des crises. La réponse est apportée par la création de "cartes de dommages" produites très rapidement après une catastrophe. Elles fournissent un inventaire des dégâts par photo-interprétation à plusieurs échelles : du niveau micro-local (bâtiment, quartier, localité) au niveau régional.

Ces outils de communication et de visualisation sont soumis aux mêmes règles que toutes les images graphiques. Pour être efficace, la carte doit faciliter la mémorisation et la compréhension des données thématiques qu'elle présente afin d'assurer une interprétation optimale. Or, l'état de l'art nous apprend que les cartes sont sujettes à des biais générés principalement par : le non-respect des règles sémiologiques, de visualisation et cartographiques, renforcé par l'absence de standards à l'échelle mondiale.

Nous proposons une étude comparative d'un échantillon représentatif de cartes rapides post-catastrophes produites depuis 2008. Une grille de lecture cartographique a été créée afin d'analyser précisément les modes de représentation utilisés, les fonds de carte utilisés et la couverture cartographique. Nous avons extrait les différentes signatures visuelles afin de définir des groupes de cartes aux identités similaires. Pour approfondir ce travail de recherche, nous avons mené une série de tests et d'expériences utilisateurs avec plusieurs objectifs : tester l'existant, mais aussi des prototypes basés sur nos observations. Des ateliers participatifs et une technologie d'eye-tracking sont utilisés pour répondre à nos besoins. Ces expériences ont été menées avec plusieurs profils d'utilisateurs. Ils se caractérisent par un groupe d'étudiants d'un Master spécialisé dans la gestion des catastrophes et des risques naturels (GCRN - Université Paul-Valéry, Montpellier 3) sensibles à la cartographie, scientifiques, mais aussi des acteurs de la gestion de crise.

Les résultats de ces études montrent la capacité informative des produits cartographiques et les effets de convergence et/ou de divergence générés par le choix des représentations des dommages (densité, interpolation, grille, etc.). Elles renseignent sur les critères subjectifs liés aux capacités cognitives, sensorielles et esthétiques des cartes, mais aussi sur leur utilité opérationnelle. Les résultats de ces travaux ont été intégrés dans nos prototypes avec l'objectif final d'optimiser la communication cartographique post-catastrophes.

Mots-clés : carte de dommages, catastrophe, optimisation, expérimentation, signatures visuelles

Raphaël CECE*

Didier BERNARD, Narcisse ZAHIBO,
Frédéric LEONE, Thomas CANDELA

**LaRGE, Université des Antilles*

**Modélisation numérique à 30 m de résolution des
rafales extrêmes induites lors du passage de l'ouragan
Irma (2017) sur Saint-Barthélemy et Saint-Martin**

Résumé

Compte tenu de l'importante vulnérabilité des petites îles des Antilles face aux aléas cycloniques, la modélisation numérique aux très fines échelles (entre 300 m et 10 m de résolution) est essentielle pour prévenir et mieux gérer les impacts induits par les vents cycloniques.

L'étude numérique novatrice présentée ici a pour objectif de combiner à la fois la représentation la plus réaliste des rafales extrêmes générées par des tourbillons intenses (tornado-scale vortices) dans le mur de l'oeil ainsi que les effets complexes à la surface des îles (dus au relief, à l'occupation du sol, ...).

Le modèle numérique de prédiction météorologique Weather Research and Forecasting (WRF) avec une configuration de simulation aux grandes échelles (Large Eddy Simulation, LES) a été utilisé pour reconstruire le passage dévastateur de l'ouragan de catégorie 5 Irma (2017) sur les îles de Saint-Barthélemy et de Saint-Martin.

Les résultats ont montré la nécessité de la résolution de 30 m pour simuler les structures tourbillonnaires les plus petites (multiple subornadic-scale vortices) pouvant conduire à des rafales instantanées de 132 m/s en mer. Dans la littérature, plusieurs études ont indiqué que ces valeurs de rafales extrêmes avaient déjà été observées et étaient attendues pour un ouragan de catégorie 5 comme Irma.

Sur les deux îles, nous avons identifié les zones à risque associées à des effets de terrain occasionnant des accélérations locales des rafales cycloniques. La comparaison entre les rafales simulées et les dégâts occasionnés sur les constructions a mis en lumière le rôle important de la robustesse des structures en lien avec le développement social et économique du territoire.

La méthode de modélisation adoptée pourrait facilement être appliquée aux autres petites îles montagneuses pour améliorer la compréhension des dégâts passés et pour développer une gestion d'urbanisation mieux sécurisée avec des normes de construction appropriées.

Mots-clés : Modélisation numérique micro-échelle, rafales cycloniques, îles tropicales, WRF, LES, tornado-scale vortices, effets orographiques, Petites Antilles

Michelet CLERVEAU*

Jusline Rodné JEANTY

**Université d'Etat d'Haïti*

La recrudescence des catastrophes cycloniques en Haïti depuis les années 2000

Résumé

La décennie 2000 a été marquée en Haïti par une recrudescence des catastrophes dites naturelles majeures. Dans cette dynamique, les cyclones ont eu une place de choix. On assiste en effet à une forte occurrence des cyclones de grandes ampleurs, les ouragans de classes 3 à 5 sur l'échelle Saffir-Simpson. On a enregistré, durant la seule décennie, 10 cyclones et tempêtes tropicaux, soit une fois en moyenne par an contre 16 pour tout le XXe siècle, soit deux fois en moyenne par décennie. L'année 2008 a été particulièrement exceptionnelle avec la succession de quatre cyclones et tempêtes sur moins d'un mois, entre le 15 août et le 15 septembre. C'était les cyclones Fay, Gustav, Hanna et Ike.

Avec une occurrence moindre, la tendance continue durant la décennie suivante par rapport au siècle précédent. C'est une recrudescence qui s'associe évidemment à une augmentation des activités cycloniques sur l'Atlantique nord et le bassin caraïbe. En Haïti, à chaque fois, les cyclones provoquent des crises de grande ampleur qui mettent à rudes épreuves les populations et le Système National de Gestion des Risques et des Désastres. Ces crises majeures sont dues à la grande vulnérabilité du pays. Il importe d'étudier les facteurs sociaux et/ou sociétaux intervenant dans la production et l'évolution des vulnérabilités et expliquer le niveau de résilience de la communauté pour les surmonter. Quelle résilience pour la communauté haïtienne dans un contexte d'instabilité politique chronique ?

Mots-clés : Haïti, décennie 2000, cyclones, catastrophes cycloniques, Système National de Gestion des Risques et des Désastres, crises majeures

Stéphanie DEFOSSEZ

Monique GHERARDI, Thomas CANDELA

LAGAM, Université Montpellier 3

La construction territoriale à l'épreuve de la catastrophe: Saint-Martin (Fr) et Saint-Barthélemy face à l'ouragan Irma

Résumé

La phase post catastrophe fait régulièrement l'objet de missions d'expertise et de retours d'expérience (RETEX) dont les objectifs ambitionnent d'analyser la gestion de l'évènement. Souvent l'apanage des institutions ou organismes d'expertise, plus rares se font les retours d'expériences scientifiques. De plus, les investigations sur la compréhension du phénomène et la façon dont la crise est gérée se focalisent la plupart du temps sur le point de vue des acteurs institutionnels ou privés relevant de la gestion collective (collectivité locale, services de secours, gestionnaires de réseaux, etc.). Mais peu d'études se consacrent à l'implication de la population. Cette communication envisage de traiter ce point de vue, grâce à un RETEX scientifique initié au lendemain du passage de l'ouragan Irma sur les îles du nord. Cette communication interroge les déterminants qui guident les réactions et l'implication des populations en cas de crise, grâce à des entretiens semi-directifs menés au lendemain du passage de l'ouragan et jusqu'à trois ans après. Au-delà de l'analyse des réactions, la comparaison de deux territoires, semblables en de nombreux points et très différents sur d'autres, participent à explorer la part de facteurs territoriaux (contexte géographique, politique, attachement au territoire, etc.) dans leur implication. Celle des populations, dans une dimension individuelle mais en lien avec une dynamique collective, s'explique à partir des vulnérabilités et capacités socio-économiques et politiques. Elles n'ont que peu de poids dans la phase ante crise mais cristallisent les vulnérabilités territoriales plus marquées à Saint-Martin qu'à Saint-Barthélemy dans la phase de reconstruction.

Mots-clés : Risque naturel, catastrophe, vulnérabilité, comportement, gestion de crise, îles du Nord

Jérémy DESARTHE

Caisse Centrale de Réassurance

Une histoire des cyclones dans les Antilles (XVIIe – XXIe siècle)

Résumé

En 2017, les ouragans Irma et Maria sont venus rappeler l'exposition des Antilles françaises aux risques cycloniques. Avec plus de 1 Md€ de dommages assurés, Irma constitue l'une des catastrophes les plus importantes depuis la création du régime d'indemnisation des catastrophes naturelles en 1982 (Desarthe et alii, 2020).

Au-delà des dommages assurés, la saison cyclonique 2017 doit être replacée dans la longue histoire des événements survenus depuis le XVIIe siècle pour apprécier son caractère exceptionnel (Desarthe et alii, 2017). L'approche historique mise en œuvre se propose d'analyser sur le temps long l'exposition des territoires antillais. Au-delà de la seule chronologie, la survenance d'un événement met en lumière le fonctionnement des sociétés (Farge A, 2002 ; Giacona et alii, 2019). La mobilisation des archives permet de saisir l'évènement dans toutes ses dimensions (sociales, économiques et politiques).

La présente présentation se propose alors de retracer l'histoire des cyclones dans les Antilles françaises depuis le XVIIe siècle en s'attachant à saisir l'exposition des sociétés sur le long terme mais également en analysant les conséquences de ces événements sur l'économie, le bâti et sur les politiques de gestion des risques naturels afin d'appréhender les trajectoires de vulnérabilité de ces territoires (Duvat et alii, 2021).

Mots-clés : Histoire, cyclones, trajectoires de vulnérabilité, gestion des risques naturels, Antilles

Sabrina d'HABIT, Sabine RODDIER

DEAL, Saint-Barthélemy & Saint-Martin

Du vécu des populations à l'élaboration d'un document réglementaire : l'expérience novatrice de la concertation autour du PPRN de Saint-Martin

Résumé

Cinq ans après le cyclone Irma, Saint-Martin dispose d'un Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN) révisé pour l'aléa cyclonique. Approuvé le 3 novembre 2021, il est bien perçu par les habitants de l'île. Ce document de réglementation s'inscrit dans un objectif de reconstruction du territoire, tout en assurant des mesures de prévention et de réduction de la vulnérabilité.

Perçu dans un premier temps comme un document de contrainte pour la population et les acteurs économiques, l'élaboration du PPRN a amené à repenser la méthodologie classique de rédaction et de concertation de ces plans. Entre travaux de vulgarisation et de sensibilisation aux risques naturels, le PPRN de Saint-Martin a été repensé, reconstruit et remodelé au fil des rencontres auprès des différents acteurs du territoire, notamment des habitants.

L'utilisation de l'outil cartographique dans une approche vulgarisée a été, au-delà d'un apport technique, une démarche novatrice pour la réussite de la concertation. Si la carte est un document réglementaire du PPRN, elle a aussi été un document polémique, notamment lié à la détermination des « zones rouges ». La méthodologie de cartographie du zonage réglementaire, basée sur un croisement de l'aléa de submersion marine et des enjeux du territoire, a nécessité d'être vulgarisée et expliquée au cas par cas. A l'échelle d'une parcelle ou d'un quartier, les habitants ont pu venir consulter une cartographie interactive, représentant connaissances du territoire et risques. Le SIG, et sa capacité de décomposition d'information en couches distinctes, a permis aux habitants de comprendre l'aléa, les enjeux, et le croisement résultant au risque. La concertation a permis un travail d'explication de la démarche cartographique, mais aussi une évolution du zonage même, appuyée par des visites de terrain et les données fournies par la Litto3D.

Les apprentissages scientifiques ont ainsi participé à une meilleure compréhension de la démarche de prévention. Cet intense travail de concertation a permis de révéler les richesses, mais aussi les difficultés d'un dialogue mêlant des sujets à la fois sensibles (fonciers, financiers, familiaux) et techniques (cartographie, topographie, modélisations). Il révèle la capacité d'adaptation des populations face, non seulement à la menace d'un risque naturel, mais également à la réglementation française sur une île où la présence de l'État a été renforcée depuis le cyclone Irma. Le PPRN peut-il être considéré comme un outil propice au développement de la culture du risque d'un territoire ? L'expérience novatrice de concertation à Saint-Martin apporte-t-elle des éléments révélateurs de problématiques plus générales ?

Mots-clés : Plan de prévention des risques, concertation, cartographie, culture du risque, SIG

Virginie K.E. DUVAT

LIENSs, Université de la Rochelle

Comment réduire les risques côtiers actuels et s'adapter aux impacts du changement climatique dans les îles de la région Caraïbe ?

Résumé

Cette communication s'appuie sur deux sources principales pour identifier des pistes pour la réduction des risques côtiers (érosion côtière, submersion marine, inondation) et l'adaptation côtière au changement climatique dans les îles de la région Caraïbe : (1) les conclusions du Chapitre « Petites îles » du volume 2 du 6ème rapport d'évaluation du GIEC, auquel l'auteure a contribué, et (2) des travaux réalisés dans le cadre de l'ANR TIREX sur (i) les trajectoires d'exposition et de vulnérabilité (TEV) des Petites Antilles du Nord (Saint-Martin, Saint-Barthélemy, Anguilla, Tortola, Anegada) aux cyclones et (ii) les impacts des cyclones de 2017 sur ces territoires. Elle est structurée en trois parties. La première partie propose un décryptage des impacts des cyclones de 2017 à partir de l'analyse des causes profondes de l'exposition et de la vulnérabilité de ces territoires aux événements extrêmes combinés. Elle met en évidence les effets cumulés et en cascade de ces événements, qui font basculer les territoires dans une situation de crise « totale » et durable. Cette première analyse met en exergue l'urgence de s'attaquer aux causes profondes de l'exposition et de la vulnérabilité des territoires pour réduire les risques côtiers actuels et futurs. La deuxième partie de cette communication propose un retour d'expérience sur l'efficacité des mesures techniques employées pour contenir les risques côtiers dans ces territoires. Elle met en relief le recours prépondérant à l'ingénierie côtière pour protéger les populations et les biens des impacts des événements météo-marins extrêmes, et l'efficacité très variable de cette réponse selon les territoires (urbain/touristique/rural), avec des cas de maladaptation. Dans le contexte actuel d'accroissement des pressions météo-marines, ces résultats permettent de réinterroger les stratégies de protection mises en œuvre sur ces territoires. Dans cette optique, la troisième et dernière partie de cette communication identifie des pistes pour réduire les risques côtiers actuels et promouvoir l'adaptation côtière au changement climatique. Elle s'appuie sur le concept de trajectoire d'adaptation et sur des cas concrets de mesures alternatives déployées par ces territoires après les cyclones de 2017, qu'elle met en regard avec les principales conclusions du 6ème rapport d'évaluation du GIEC. Cela permet de dégager des pistes de discussion.

Mots-clés : Réduction des risques, adaptation au changement climatique, sentier de dépendance, systèmes côtiers, cyclones, Antilles

Virginie K.E. DUVAT

Valentin PILLET, Natacha VOLTO,
Benoît SIMON-BOUHET

LIENSs, Université de la Rochelle

Enseignements de l'étude des impacts immédiats et durables des cyclones de 2017 sur l'évolution de la position du trait de côte dans les Petites Antilles du nord (Saint-Martin, Saint-Barthélemy, Anguilla, Tortola, Anegada)

Résumé

Cette variabilité spatiale, à la fois régionale et locale, des impacts des cyclones de 2017. Les valeurs de recul post-cyclone les plus fortes s'observent sur la côte orientale de Saint-Martin (valeurs de recul moyennes et maximales de - 68 m et - 166 m dans la baie Orientale et dans la baie de Cul de Sac, respectivement), cette île se caractérisant par de forts contrastes est/ouest illustrés par des valeurs de recul nettement moins fortes dans l'ouest (avec, par ex., des valeurs moyennes et maximales de - 4 m et de - 30 m dans la baie aux Prunes). Les valeurs de recul post-cyclone moyennes et maximales sont moins élevées sur les autres îles : - 21 m et - 49 m à Tortola ; - 8 m et - 32 m à Anegada ; - 29 m et - 75 m à Anguilla ; - 18 m et - 62 m à Saint-Barthélemy. Les taux de recul ont été les plus élevés sur les sites exposés aux vagues cycloniques et sur lesquels le trait de côte n'était pas fixé par des aménagements. Quatre enseignements principaux peuvent être tirés de cette étude : (1) Dans le nord des Petites Antilles, les cyclones ont un impact érosif durable sur les systèmes sédimentaires côtiers. Par conséquent, l'intensification des cyclones les plus intenses et l'augmentation de la hauteur des vagues cycloniques dus au changement climatique auront pour effets d'accélérer l'érosion de ces systèmes côtiers. (2) Le taux de réajustement post-cyclone des systèmes sédimentaires côtiers n'est pas corrélé au taux de recul du trait de côte. (3) La variabilité spatiale des impacts des cyclones est forte, à l'échelle régionale comme locale, en fonction de l'exposition aux vagues cycloniques et du degré de fixation du trait de côte. Là où il était présent, le bâti a limité le recul du trait de côte, mais au prix d'importants dommages. (4) Les taux de recul élevés du trait de côte qui s'observent lors du passage de cyclones intenses - et qui se combinent à des submersions marines étendues et à de forts dommages causés au bâti et aux infrastructures - constituent un solide argument pour repenser l'aménagement du territoire afin de réduire l'exposition et la vulnérabilité des systèmes côtiers des Petites Antilles du Nord aux impacts des événements cycloniques qui sont et continueront à être exacerbés par le changement climatique.

Mots-clés : Érosion, trait de côte, traitement d'images, systèmes sédimentaires, réajustement, cyclones, Antilles

Julien GARGANI*

Gwenaël JOUANNIC, Kelly
PASQUON

**Université Paris-Saclay*

**Préparation de crises : entre construction de la
vulnérabilité et ingénierie de la résilience**

Résumé

Dans cette étude, nous avons analysé la coévolution nature/société pour contextualiser l'accroissement des risques et des crises sur l'île de Saint-Martin dans les Antilles. Dans un premier temps, nous avons étudié la coévolution avant le cyclone Irma de 2017. Dans un second temps, nous nous sommes intéressés à cette coévolution après Irma. Avant Irma, à partir de 1947, l'île de Saint-Martin s'est profondément transformée sur le plan économique et environnemental. Sur la base de photos aériennes, de mission de terrain et de données socio-économiques, nous avons analysé ces évolutions. Nous avons décrit les évolutions quantitatives concernant le nombre d'habitations ainsi que les surfaces urbanisées, agricoles et naturelles. La transformation d'une économie agraire en une économie dominée par le tourisme a métamorphosé le paysage dans les zones côtières de l'île (trait de côte, remblaiement, urbanisation) et au-delà. Cette transformation s'est produite dans les années 80, après les lois de défiscalisation, même si une période de transition plus étendue allant des années 60 aux années 2010 est observable. La nouvelle répartition spatiale et économique a conduit à une augmentation de la vulnérabilité vis-à-vis des submersions marines. Après Irma, il n'y a pas eu de rupture fondamentale dans la coévolution nature/société. Des reconstructions ont eu lieu dans les zones précédemment submergées sur le littoral. Les modes de reconstruction, notamment pour les toits, et les lieux de construction, traduisent une faible prise en compte des géorisques. Le déploiement de l'ingénierie de la résilience (travaux sur les risques, génie civil et urbain de construction/reconstruction, géotechnique, assurance...), à travers ses réalisations, ses normes et ses préconisations, n'a pas permis de réduire les géorisques. L'incapacité à réduire les géorisques provient du fait que : (1) pour de nombreux acteurs, les principaux intérêts ne concernent pas nécessairement les risques naturels, (2) l'ingénierie de la résilience n'est pas calibrée pour la réduction de la vulnérabilité ou des risques. Les promesses de réduction des géorisques se heurtent à des priorités très hétérogènes et peut être instrumentalisée. L'ingénierie de la résilience mise en place depuis la catastrophe traduit une continuité des pratiques et des conceptions, aussi bien sur la coévolution nature/société que sur les modes de transformation des sociétés (peu de construction des problématiques et des solutions).

Mots-clés : Coévolution, cyclone, Irma, risque, vulnérabilité, résilience

Delphine GRANCHER*

Brice ANSELME, Paul DURAND,
Joséphine PINET, Promotion 2022
MASTER GGRC Paris 1

**LGP, CNRS*

Un jeu sérieux pour apprendre et comprendre la post-catastrophe

Résumé

Le jeu présenté ici est développé dans le cadre de l'ANR TIREX (<https://anr.fr/Projet-ANR-18-OURA-0002>), lancé suite au passage de l'ouragan Irma qui a touché les Antilles françaises, et particulièrement les îles de Saint-Martin et de Saint-Barthélemy en septembre 2017. TIREX comporte un volet pré-opérationnel d'accompagnement des populations et des acteurs de la gestion des risques et de la reconstruction. L'objectif est le transfert des apprentissages et des retours d'expérience du programme, afin de leur permettre de mieux anticiper l'adaptation aux effets de futurs épisodes climatiques extrêmes. Le jeu sérieux constitue une méthode originale de transfert des apprentissages vers les populations jeunes, de plus en plus présentes dans le cadre éducatif et qui permet aux joueurs de « vivre » l'apprentissage plutôt que de le subir (Forget, 2015). Les auteurs sont partis du constat que les jeux sérieux ayant pour thématique les risques naturels sont essentiellement centrés sur la phase de prévention (Solinska-Nowak et al., 2018). De plus, dans un cadre éducatif, les règles de jeu qui sont développées mobilisent surtout les connaissances thématiques et scolaires. On ne retrouve que de manière parcellaire la confrontation aux cas réels et à la complexité, qui demeure inhérente à la gestion d'une crise (durée, emprise spatiale et sociétale).

Dans les territoires d'outre-mer de plus en plus exposés aux risques majeurs, les adolescents sont un public particulièrement absent des études sur les risques. Pourtant Moatty et al. (2020) ont montré qu'ils sont, en cas de catastrophes, impliqués personnellement et non uniquement spectateurs. Aborder la post-catastrophe et ses enjeux sous forme d'un jeu sérieux permet de mesurer les impacts potentiels d'un cyclone majeur en particulier sur le moyen et le long terme.

Le cadre proposé repose sur la définition d'un certain nombre d'éléments de conception - les facettes du jeu sérieux - (Marne et al., 2011) nécessaires au bon équilibre entre apprentissage et jeu. Ces différents éléments interrogent (1) les objectifs pédagogiques liés aux programmes scolaires et aux résultats scientifiques ; (2) la simulation du domaine ou moteur de jeu, qui correspond à la simulation de la reconstruction post-catastrophe à travers plusieurs missions et objectifs à court, moyen et long termes ; (3) les interactions entre les joueurs et la simulation matérialisées par le quizz et les interactions entre joueurs pour l'accomplissement des missions (élément de conception primordial car il permet de maintenir la motivation des joueurs) ; (4) les problèmes à résoudre et la progression dans les missions, qui dans le jeu présenté, sont traduits au niveau de la chronologie et des différentes phases de la reconstruction post-catastrophe ; (5) le design et les éléments du jeu qui doivent garantir la motivation des joueurs ; (6) les conditions d'utilisation – le jeu présenté est un jeu de plateau à plusieurs qui peut être mis en place dans une salle de classe sous la supervision d'un enseignant et sa durée est inférieure à 1 heure.

Mots-clés : Jeu, reconstruction, éducation

Delphine GRANCHER*

Nathalie THOMMERET, Brice ANSELME, Clément VIRMOUX, Jérôme PICARD, Lucie CANDRE, Brian PLAISANT, Mathieu TOUCHARD

**LGP, CNRS*

Estimation de la reprise touristique après le passage du cyclone Irma, à Saint-Martin, Sint Maarten, Saint-Barthélemy : approche par de nouveaux indicateurs

Résumé

Les îles de Saint-Martin et de Saint-Barthélemy aux Antilles ont été dévastées par le cyclone Irma le 5 septembre 2017. La partie nord de Saint-Martin et Saint-Barthélemy sont des collectivités françaises et la partie sud de Saint-Martin est un état indépendant du royaume des Pays-Bas. Ces 3 territoires ont une économie basée presque exclusivement sur le tourisme. Depuis 5 ans l'activité reprend plus ou moins rapidement. L'absence de statistiques économiques disponibles à une échelle fine empêche de comparer les dynamiques et de les mettre en relation avec la structure administrative et le contexte socio-économique. La disponibilité de plus d'une vingtaine images satellites à très haute résolution spatiale permet cependant de construire un certain nombre d'indicateurs spatialisés qui renseignent sur la remise en tourisme des littoraux et sur la reconstruction des habitations. Une analyse chronologique à l'échelle des quartiers est alors proposable. De plus l'analyse statistique et textuelle des données de réservation de la plateforme Airbnb renseignent sur le dynamisme économique ainsi que la provenance des touristes. Nous proposons dans cette présentation de nouveaux indicateurs adaptés au contexte local qui permettent d'interpréter le relèvement des 3 territoires après le passage du cyclone Irma. Le suivi des données sur ce « long » terme permet aussi une approche multi-crisés en intégrant les perturbations dues la crise COVID (confinements, fermeture des aéroports...).

Mots-clés : Tourisme, reconstruction, SIG

Mélanie HERTEMAN

N&D, Martinique

Mangroves : impact des cyclones et résilience des écosystèmes (cas de IRMA à Saint-Martin, et DEAN en Martinique - Petites Antilles)

Résumé

En septembre 2017, l'ouragan IRMA a été le plus puissant à frapper le nord des Caraïbes au cours des 100 dernières années. Au cours du 21^e siècle, les types de cyclones tropicaux les plus puissants vont probablement augmenter en fréquence en raison du changement climatique et de la variabilité interne du climat. Pour anticiper la réponse des mangroves à cette intensification, nous avons étudié les dommages causés dans les lisières de mangrove bordant les étangs de l'île de Saint Martin. Les mangroves de cette île ont été précédemment dégradées en raison des pressions humaines historiques et de la constante sur-urbanisation. Des inventaires forestiers de terrain (Mars-Avril 2018) et des séries temporelles d'images satellites à très haute résolution ont révélé qu'environ 80 % de la zone de mangrove a été endommagée par l'ouragan. (Travaux M. Herteman et R. Walker, F. Fromard, L. Lambs, C. Laplanche Ecolab, CNRS Toulouse).

D'autre part, en 2007, le cyclone DEAN a fortement frappé l'archipel des Petites Antilles, et notamment l'île de la Martinique. La mangrove de Génipa (Baie de Fort-de-France) a subi d'importantes modifications et dégradations du couvert forestier. Les résultats d'analyses qui en découlent montrent que 52 % du peuplement (tous faciès confondus) a été moyennement ou fortement impacté (arbres écimés, nombreuses grosses branches cassées, chablis fréquents, destruction presque totale du couvert forestier). Le passage du cyclone DEAN a entraîné un changement de faciès important et une modification dans la structuration de la mangrove de Génipa (Travaux IRD, CARIBSAT, Action 5, Coord. M. Herteman).

Les résultats et les observations de ces deux cas d'études mettent en évidence des taux de récupération des mangroves distincts. Des récupérations plutôt précoces ou rapides ont été observées dans certains sites étudiés. Cependant, certaines zones de mangroves ne sont toujours pas en mesure de se rétablir 5 ans ou 10 ans après la perturbation. L'état de dégradation de l'écosystème par les impacts anthropiques avant le cyclone est en cause et supposé être le principal facteur contrôlant l'absence de régénération de la mangrove à certains endroits.

En conclusion, cette analyse montre que les mangroves dégradées par l'homme (par plusieurs facteurs différents) sont affaiblies face à de tels événements extrêmes et leur résilience s'en trouve affectée. Il est donc essentiel de i. Préserver ces espaces, ii. Stopper les impacts anthropiques et de iii. Restaurer les mangroves afin d'assurer une résilience de ces habitats face aux événements majeurs d'intensité croissante et d'en garantir tous les précieux services écosystémiques qu'elles fournissent.

Mots-clés : Mangrove, résilience, impact, pressions anthropiques, cyclone, IRMA, DEAN, Martinique, Saint-Martin, Petite Antilles

Karl HOARAU*

Samuel BATTUT,
Freddy VINET

**PLACES, Université de Cergy-Paris &
LAGAM*

La vulnérabilité physique de La Dominique aux ouragans extrêmes des catégories 4 et 5

Résumé

Comme la grande majorité des petits territoires insulaires des Petites Antilles, La Dominique est très exposée aux aléas cycloniques. En 1979, l'ouragan David de catégorie 4 (vents de 230 km/h) était considéré comme le plus intense à avoir touché La Dominique au XXème siècle. En 2017, Maria affectait gravement l'île en tant qu'ouragan de catégorie 5 (vents de 260 km/h). Le passage d'ouragans aussi violents met en évidence l'importante vulnérabilité physique de La Dominique face à ce type d'aléa. En effet, l'île de dimension restreinte (755 km²) ne provoque pas d'affaiblissement significatif d'un ouragan, même majeur. En outre, la topographie très accidentée avec un point culminant à 1447 mètres accentue les précipitations et les vents de manière impressionnante en fonction de l'orientation du relief. Les étroits littoraux sont fréquemment aux débouchés de petits cours d'eau drainant d'importants débits provenant des hauteurs de l'île, aggravant les inondations par effet additionnel avec la marée de tempête. La vulnérabilité physique de La Dominique est mise en lumière à partir d'ouragans d'intensité et de trajectoire différentes.

Mots-clés : Ouragans extrême, catégories 4 et 5, vulnérabilité physique

Gwenaël JOUANNIC*
et al.

*CEREMA

Reconstruction des îles de Saint Martin et de Saint-Barthélemy suite à la saison cyclonique 2017, une approche interdisciplinaire (projet Relev)

Résumé

Le projet Relev s'appuie sur une approche interdisciplinaire en intégrant des compétences en risques naturels (géographie, génie civil, géologie), aménagement du territoire (urbanisme, architecture) et sciences humaines (psychologie, sociologie, histoire), pour permettre d'améliorer la gestion de la reconstruction des territoires et des populations à la suite de catastrophes naturelles. Le projet se concentre sur le relèvement en cours des îles de Saint-Martin et Saint-Barthélemy, à la suite des ouragans Irma et Maria en septembre 2017. L'approche s'est articulée autour de deux temporalités d'étude pour mieux comprendre l'évolution des stratégies de développement de ces territoires exposés aux géorisques : d'une part, une analyse historique des stratégies d'aménagement ante-Irma (de 1947 à 2017), d'autre part un retour d'expérience interdisciplinaire post-Irma (2017-2022) pour suivre la reconstruction de ces territoires. Ce retour d'expérience s'est focalisé plus particulièrement sur la reconstruction physique des infrastructures endommagées (bâtiments, infrastructures et réseaux techniques), le redémarrage des activités du tourisme et des PME en incluant les conséquences de la crise sanitaire de la Covid-19, le relèvement humain du point de vue individuel et collectif (état de stress, solidarité, vie sociale, autonomie économique, habitat, etc.) et enfin la réorganisation de la gouvernance locale. L'objectif est de s'appuyer sur une approche intégrée pour contribuer à l'émergence de nouveaux savoirs sur l'efficacité des stratégies de reconstruction post-catastrophe et de renforcer de manière cohérente la résilience des territoires face aux catastrophes naturelles, et par là même ; l'adaptation au changement climatique. Les enseignements du projet Relev documentent la gestion de la phase de reconstruction post-catastrophe à Saint-Martin et Saint-Barthélemy, et souligne la pertinence de planifier cette phase selon des modalités proches de celles déjà adoptées pour anticiper et préparer la gestion de crise. L'analyse interdisciplinaire a permis de mieux comprendre les liens de causalité entre la gouvernance de ces 2 îles, le relèvement psychosociologique des sinistrés, la reconstruction des infrastructures endommagées, la reprise des activités touristiques et l'histoire de l'urbanisation d'îles exposées aux risques naturels. En amont de futures catastrophes, les enseignements du projet alimenteront également l'élaboration d'outils et de méthodes pour anticiper la gestion de la phase de reconstruction post-catastrophe. L'approche interdisciplinaire initiée dans le projet Relev nous incite à poursuivre cet effort de rapprochement et d'échange entre les disciplines à l'avenir, notamment sur des sujets mêlant enjeux environnementaux et sociétaux.

Mots-clés : Saint-Martin, Saint-Barthélemy, retour d'expérience post-catastrophe, approche interdisciplinaire

Yann KRIEN

Gaël ARNAUD, Bernard DUDON,
Narcisse ZAHIBO

**LaRGE, Université des Antilles*

**La saison cyclonique 2017 dans les Antilles françaises :
retour d'expérience sur les submersions marines du
point de vue de l'hydrodynamique littorale et de la
modélisation numérique des aléas**

Résumé

Avec six ouragans majeurs, dont deux d'intensité exceptionnelle, la saison cyclonique 2017 a été l'une des plus actives observées en Atlantique Nord. L'arc des petites Antilles n'a pas été épargné, avec notamment le passage des ouragans IRMA et MARIA, qui ont dévasté les îles de Saint Martin, Saint Barthélemy, ou encore les Saintes en Guadeloupe. Ces événements ont toutefois permis d'acquérir des informations précieuses sur les mécanismes responsables des submersions marines cycloniques dans ces territoires, et d'identifier des pistes d'amélioration qui permettront à l'avenir de mieux prévoir les submersions marines cycloniques, mais aussi de mieux évaluer les aléas afin d'aider les gestionnaires et les décideurs à aménager les zones littorales et à mettre en place des stratégies d'atténuation ou d'adaptation.

En s'appuyant sur les travaux réalisés dans le cadre des projets de recherche ANR/TIREX et FEDER/C3AF, qui combinent à la fois campagnes de mesures in-situ, observations de terrain, et modèles numériques, nous montrerons notamment le rôle potentiellement important joué par les ondes infragravitaires, sorte de « mini-tsunamis » qui sont encore très mal représentés dans les modèles numériques. Nous reviendrons aussi sur la problématique de la représentation des champs de vents cycloniques. Nous verrons notamment que la télédétection spatiale apporte aujourd'hui des informations particulièrement intéressantes pour mieux représenter ces champs de vents, et donc améliorer la prévision des états de mer et des submersions marines en conditions extrêmes.

Mots-clés : submersions marines cycloniques, modèles numériques, hydrodynamique littorale, mesures in-situ, télédétection spatiale, Guadeloupe, Saint-Martin, Saint-Barthélemy

Frédéric LEONE

Thomas CANDELA, Anthony ARNOULD, Freddy VINET, Matthieu PEROCHE, Tony REY, Monique GHERARDI, Stéphanie DEFOSSEZ, Emilie LAGAHE

LAGAM, Université Montpellier 3

Reconstitution spatiale des chaînes d'impacts cycloniques sur le territoire de Saint-Martin (Ouragan Irma, cat. 5, septembre 2017, Antilles françaises du Nord)**Résumé**

L'impact d'un cyclone peut se mesurer à travers des effets directs et indirects sur les infrastructures. Ces derniers peuvent être reconstitués a posteriori dans le temps et dans l'espace en mobilisant la notion de chaîne d'impacts, les diagnostics de terrain et les données/outils de l'analyse spatiale. Cette présentation s'attache à cartographier les principaux impacts provoqués par le cyclone Irma sur l'île de Saint-Martin, lors de son passage en septembre 2017. L'analyse porte successivement sur le bâti (dommages directs), les infrastructures critiques (dommages fonctionnels), les activités économiques (durée d'interruption), les pillages et les productions de débris. Cet événement extrême offre l'opportunité de mobiliser plusieurs méthodes d'analyse spatiale des impacts d'un cyclone, de mettre en place des échelles d'intensité, d'innover en matière de cartographie des dommages et d'interroger la fiabilité des données produites par d'autres organismes. Certaines corrélations spatiales ont pu être établies entre les intensités de dommages et la magnitude des phénomènes impliqués. Ce retour d'expérience sur les dommages nous permet d'apprécier plus finement le coût matériel et fonctionnel de cette catastrophe. Les enseignements tirés permettent de repenser la prévention de ce territoire, tant d'un point de vue de son aménagement (repositionnement des enjeux) que des normes de protection à instaurer en contexte micro-insulaire. D'une manière générale ce travail contribue à la compréhension de la vulnérabilité d'un petit territoire insulaire face à l'aléa cyclonique en privilégiant une approche fine et quantitative, centrée sur les enjeux et leurs interdépendances fonctionnelles.

Mots-clés : Impacts, cyclones, chaînes, Antilles, Irma

Frédéric LEONE

et al.

LAGAM, Université Montpellier 3

Le projet TIREX (saison cyclonique 2017, Antilles) : transférer les résultats au moyen de *storymaps* et de cartographies interactives

Résumé

Le projet ANR TIREX s'inscrit dans la continuité de premières missions collectives réalisées en octobre 2017 aux Antilles suite aux trois ouragans, Irma, José et Maria. L'objectif était de compléter l'analyse des impacts et de renforcer le suivi de la reconstruction territoriale, en favorisant l'analyse comparative entre territoires du Nord des Antilles, et en formalisant des méthodes de RETEX scientifique continu. Il se propose de participer à l'amélioration de l'alerte cyclonique, d'identifier les facteurs de vulnérabilité hérités, de renforcer les capacités d'adaptation et de réponse des territoires et des sociétés dans un contexte de changement climatique. TIREX est organisé en tâches complémentaires croisant les compétences de tous les membres du groupement (géographie des risques, analyse spatiale, géomorphologie, sciences politiques, médiation scientifique, physique de l'atmosphère, modélisation, climatologie). TIREX porte une dimension pré-opérationnelle d'accompagnement des acteurs de la gestion des risques et de la reconstruction, populations comprises, via le transfert et la mise en pratique des résultats. La consolidation, dissémination et valorisation des résultats du projet sont adaptées au contexte culturel et géographique des territoires ciblés. Le projet mobilise des outils de transfert des savoirs et d'éducation novateurs, fondés sur des approches participatives, des mises en situation, des jeux sérieux, des outils numériques en ligne et interactifs de type *storymaps*, des guides de bonnes pratiques... Les *storymaps* du projet sont visibles ici : <https://arcgis/1KXmn1>

Mots-clés : Antilles, Ouragans, Impacts, Connaissances, Transferts, Population, Cartographie, *Storymaps*

Christian IASIO*

Ingrid CANOVAS, Elie CHEVILLOT-MIOT, Cheila DUARTE COLARDELLE, Valérie NOVEMBER, Thierry WINTER

**BRGM*

**RETEX de la gestion de la crise cyclonique de 2017 :
traitement systématique et valorisation pour
l'anticipation dans l'incertitude**

Résumé

La crise cyclonique du 2017 a été engendrée par 3 ouragans : Irma, José et Maria.

Le projet APRIL est un projet de recherche-action, ancré dans des problématiques opérationnelles. Il vise au transfert et à l'appropriation des résultats du projet par les professionnels de la sécurité civile et de la gestion des crises. L'objectif du projet est d'améliorer la capacité d'analyse et d'anticipation des gestionnaires de crise dans leur prise de décision. Pour ce faire deux grands objectifs ont été fixés :

- Capitaliser le vécu des gestionnaires de crise publics et privés à tous les échelons du dispositif ORSEC, suite aux épisodes cycloniques de 2017 (Irma, José et Maria). Au niveau local, les îles de la Guadeloupe, Saint-Martin et Saint- Barthélemy ont été particulièrement ciblées afin d'apporter des exemples concrets en termes de vulnérabilité du territoire.
- Développer des outils d'anticipation afin d'optimiser la prise de décision des acteurs publics et privés lors de gestion de crises extrêmes en vue de la gestion de crise futures sur les territoires français, et de facto optimiser la résilience des territoires et des sociétés.

Pour atteindre ces objectifs, le projet APRIL mobilise une équipe pluridisciplinaire (BRGM, EFH, IHEMI, LATTs), dans ses missions (organismes publics, académiques, privé) et ses compétences (risques, sciences humaines et sociales, gestion de crise, ingénierie pédagogique, etc.). Certains membres du consortium possèdent une expertise de haut niveau en gestion de crise ayant participé à de nombreuses situations extrêmes réelles ou simulées en tant qu'experts ou observateurs de cellule de crise (COD Préfecture, CIC, Département de Protection Civil national italien, etc.), y compris pendant les ouragans de septembre 2017. De plus, le projet APRIL a développé une méthode basée sur les graphes sémantiques de connaissances ainsi qu'un prototype numérique permettant la réalisation d'une base des données multi-perspective représentable en graphique interactive de cette crise. Ces deux livrables ont permis une capitalisation et une formalisation d'une quarantaine de retours d'expériences collectés lors d'entretiens semi-directifs individuels, pour la période temporelle dite d'urgence (T – 2 semaines), aux Antilles Françaises.

Une vision collective et partagée de la gestion des cyclones basée sur des perceptions singulières a permis de reconstruire les trajectoires spécifiques des prises de décision et des transferts d'informations des premiers jours de la gestion de cette crise. L'expérience multi-perspective de cette crise a été ensuite « généralisée » par l'application d'une ontologie de la gestion crise « hybride » produite sur la base de ce cas réel, afin d'obtenir une représentation abstraite de crise majeure, ou « méta-crise ». Cette représentation graphique inclue un modèle graphique de relations et interactions individuelles et collectives de la gestion de la crise engendrée par le passage de l'épisode cyclonique de 2017.

La capacité de naviguer de manière interactive en utilisant ce graphe sémantique, donne la possibilité d'identifier des scénarios d'événements extrêmes possibles, et d'analyser des actions alternatives envisageables, permettant ainsi une anticipation de la prise de décision.

Un deuxième outil développé dans le projet APRIL vise à contextualiser les décisions et les événements marquants par rapport à la chronologie des impacts, l'échelle géographique de référence, la planification et le facteur humain. Une cartographie conceptuelle extrêmement synthétique permet le positionnement sur ces paramètres des groupes de décisions ou événement, choisis sur la base du critère de l'analyse. Elle apporte une synthèse exhaustive et originale des facteurs d'influence sur les décisions et peut donner des suggestions d'amélioration pour l'anticipation de la prise de décision. La présentation se concentrera sur les résultats liés au premier outil.

L'ensemble des produits d'analyse et restitution de RETEX du projet APRIL peut représenter un système d'aide à la décision très utile pour l'anticipation et une gestion plus efficace de crises majeures futures.

Mots-clés : RETEX multi-perspective, Graphe de connaissance, Contexte décisionnel, Anticipation

Romain MEUNIER

Alix ROUMAGNAC, Guillaume LAHACHE

Predict Services

Rôle des Plans Communaux de Sauvegarde dans la gestion de crise cyclonique 2017 et apports de la recherche dans la surveillance et la gestion opérationnelle du risque cyclonique au niveau communal

Résumé

La saison cyclonique 2017 a été marquée par des cyclones nombreux et pour certains très violents, avec un lourd bilan humain et matériel sur les petites Antilles. Ces derniers, avec en figure de proue Irma, ont largement mis en exergue, s'il en était besoin, la vulnérabilité de l'ensemble des territoires insulaires sur la Caraïbe. Ces événements posent question en termes de préparation, de gestion de crise et de reconstruction préventive. L'objet de la publication portera sur le rôle et l'intérêt des Plans Communaux de Sauvegardes dans la gestion de crise cyclonique de l'année 2017, ainsi que des apports de la recherche dans la surveillance et la gestion opérationnelle du risque cyclonique au niveau communal. Elle s'attardera sur des retours d'expérience de gestion de crise communale lors d'événements cycloniques marquants (Irma, Maria). Plusieurs cas d'études seront présentés en Guadeloupe (Le Gosier, Baie-Mahault) et Martinique (Fort-de-France, Schoelcher) afin d'illustrer le rôle facilitateur de ces documents opérationnels sur la montée en puissance du dispositif communal, la mobilisation progressive des moyens humains et matériels et in fine la mise en sécurité des personnes et des biens selon la temporalité, la localisation et l'intensité de l'évènement cyclonique. Il s'agira également de mieux comprendre à travers cette publication les apports de la recherche dans la surveillance et la gestion opérationnelle du risque cyclonique au niveau communal. Le projet C3AF (Changement Climatique et Conséquences sur les Antilles Françaises) a par exemple permis d'exploiter de manière opérationnelle les résultats de modélisations de submersions marines obtenus par l'Université des Antilles et d'étudier la sensibilité de la réponse opérationnelle engendrée par le changement climatique sur plusieurs communes de Guadeloupe. Le projet COSPARIN (COntribution du SPatial à l'Analyse du Risque Inondation) financé par l'E.S.A. (Agence Spatiale Européenne), soutenu par le C.N.E.S. (Centre National d'Etude Spatiale) et piloté par Predict, propose quant à lui, via l'élaboration d'un algorithme, l'estimation des précipitations mondiales à partir de données et d'imageries satellite infra-rouge. Ce projet et ses produits de sortie offrent de nouvelles perspectives de surveillance cyclonique sur le bassin caraïbe et les petites Antilles. Ainsi, l'élaboration de documents opérationnels adaptés au contexte communal, associés aux contributions du monde de la recherche, contribuent par leur complémentarité, à l'appui des acteurs locaux dans l'optimisation de leur dispositif de gestion de crise et l'amélioration de leur réponse face au risque cyclonique. Les collectivités de Guadeloupe et de Martinique dotées de documents opérationnels (Plans Communaux de Sauvegarde, D.I.C.R.I.M., cartes d'actions) peuvent ainsi engager une gestion efficace et anticipée des risques naturels qui touchent les Antilles, et notamment du risque cyclonique. Ces projets et initiatives permettent d'apporter une aide à la décision auprès des gestionnaires communaux dans le déploiement de leurs actions de sauvegarde lors d'événements météorologiques à risque.

Mots-clés : Sauvegarde, gestion de crise, prévention, carte opérationnelle, surveillance

Nathalie C. MICHALON

CRILLASH, Université des Antilles

Éducation aux risques naturels cycloniques : Elaboration d'une didactique adaptée au contexte créolophone

Résumé

Un changement climatique, dû au réchauffement d'origine anthropique de l'atmosphère enclenché depuis plus d'un siècle, est observé durant les deux dernières décennies. L'augmentation résultante probable de la fréquence et/ou de l'intensité des phénomènes cycloniques, aux conséquences potentiellement importantes, nécessitent des adaptations comportementales de la part des habitants, exposés aux risques naturels associés.

Cependant, la diffusion des connaissances scientifiques et la prévention des risques dans les îles Caraïennes, où cohabitent langues vernaculaires et langues officielles, se font principalement dans la langue nationale d'enseignement (français, anglais, néerlandais, espagnol). Ces bilinguismes peuvent avoir des conséquences sur la compréhension des consignes et des enseignements dispensés et entraîner aussi bien des inadéquations avec le système éducatif qu'une mécompréhension des attitudes à adopter.

L'utilisation d'une langue maternelle, telle que le kréyòl (French Creole), dans le transfert des savoirs et connaissances nécessaires, est une option possible dans le renforcement de la résilience locale et de la mise en place d'actions de coopération régionale. Toutefois, l'un des principaux défis de cette démarche est l'adaptation du discours scientifique en langues créoles, celles-ci relevant très souvent du langage familier. La mise en place de méthodes de traduction en technolèctes s'avère alors nécessaire pour une meilleure communication entre les scientifiques et les publics concernés et pourrait favoriser les prises de décisions appropriées. Une proposition de didactique des sciences, reposant sur l'approche phénoménologique des processus physiques intervenant dans la formation des cyclones tropicaux, sera présentée et discutée.

Mots-clés : Éducation aux risques naturels, langues créoles, didactique des sciences

Annabelle MOATTY*

Delphine GRANCHER

**Recover, INRAE & Aix-Marseille
Université*

Mécanismes de solidarités post-Irma à Saint-Martin, des leviers pour se relever moins vulnérables ?

Résumé

Le 06/09/2017 l'ouragan Irma a traversé l'île binationale de Saint-Martin aux Antilles. Ce petit territoire de 95 km² est partagé entre une Collectivité territoriale d'Outre-mer (COM) française au nord, et un État indépendant du royaume des Pays-Bas au sud. Le bilan humain s'élève à 11 morts et 2 disparus en partie française, et le bilan matériel fait état de 95 % des bâtiments et infrastructures sinistrés. Face à cette catastrophe majeure pour le territoire de Saint-Martin la solidarité se met en place aux échelles locales, nationales et internationales. L'objectif de cette présentation est de fournir des éléments de caractérisation et d'analyse des mécanismes de solidarité, afin de comprendre leur poids dans les processus de résilience et d'adaptation post-catastrophe à différentes échelles. L'originalité de ce travail réside dans l'analyse croisée des moteurs de la vulnérabilité du système socio-territorial avec celle des mécanismes de solidarité sur le territoire français de Saint-Martin. L'analyse est particulièrement pertinente sur ce petit territoire insulaire où les spécificités socio-culturelles et territoriales sont autant de leviers d'action, mais aussi de verrous si elles ne sont pas prises en compte, pour mettre en œuvre la reconstruction exemplaire voulue par les autorités nationales et locales et mise en avant dans le Rapport du préfet Gustin de novembre 2017. En analysant les « causes profondes » de la vulnérabilité du territoire, et leurs interactions avec les décisions clés de recomposition de la gouvernance en post-catastrophe, ainsi qu'en illustrant la place des mécanismes de solidarité dans le processus de relèvement, cet article vise à questionner la « fenêtre d'opportunité » de la reconstruction post-Irma.

Mots-clés : Reconstruction post-catastrophe, Irma, Saint-Martin, Réduction des Risques de Catastrophe, Vulnérabilités, Build Back Better, Solidarités, Gouvernance

Charline MORIN
Vincent GERMANO
MAYANE Groupe

Sensibilisation sur le risque d'inondation cyclonique et par fortes pluies auprès du grand public : de l'enquête psychosociale à la conception d'une campagne de communication adaptée au public ciblé

Résumé

Les politiques locales de prévention qui jusque-là concentraient leurs efforts autour de la réduction de l'aléa, tendent aujourd'hui vers une nouvelle forme de prévention. Au-delà des mesures structurelles, pour lesquelles il est acquis qu'elles ne réduiraient jamais le risque à un illusoire « niveau-zéro », on cherche désormais à réduire la vulnérabilité des populations en leur apprenant à vivre avec le risque et à l'anticiper. Ainsi, en accompagnant la population dans l'appréhension du milieu qui l'entoure, les actions de sensibilisation participent à une meilleure compréhension du risque depuis les mécanismes des aléas jusqu'à la nécessité d'adapter les pratiques individuelles. Cette démarche contribue au développement d'une culture du risque, garante d'une optimisation des comportements et nécessaire à la réduction de la vulnérabilité des territoires.

Sur le territoire du bassin versant des Grands-Fonds, le risque inondation renvoie à des phénomènes variés (débordement des cours d'eau, cyclones, submersion marine, etc.) qui requièrent des comportements spécifiques en cas d'aléa. L'objectif de l'étude menée par MAYANE était de concevoir une vaste campagne de sensibilisation aux risques d'inondation adaptée au territoire et au public cible. Dans ce cadre, de nombreux supports de communication ont été créés et diffusés sur le territoire.

En partant d'une enquête psychosociale, les outils ont été pensés et conçus pour accompagner les populations dans l'appréhension de leur espace de vie et pour sensibiliser le grand public aux bons comportements à mettre en place.

Mots-clés : PAPI des Grands-Fonds, Risque inondation, Bons réflexes, enquête psychosociale, campagne de sensibilisation

Thierry NICOLAS
Françoise PAGNEY

Université des Antilles

**L'impact du cyclone Maria sur un petit territoire
insulaire indépendant : le cas de la Dominique**

Résumé

Nous nous proposons d'étudier dans cette communication le cas, peu traité jusqu'ici, de la Dominique, un petit Etat indépendant de la Caraïbe, frappé par le cyclone Maria dans la nuit du 18 au 19 septembre 2017. Les études portant sur cette île ne sont pas légion, alors qu'elle a enregistré un nombre de de victimes particulièrement élevé. Avec près de 31 décès et 37 disparus, la Dominique se classe parmi les territoires qui ont payé un lourd tribut à l'enchaînement cyclonique de l'année 2017.

Aussi, nous attacherons à identifier les causes de l'extrême vulnérabilité de « l'île aux 365 rivières » aux événements météorologiques. Nous montrerons que celle-ci tient à la fois à des facteurs physiques, sociaux et historiques, mais également aux particularités d'un épisode explosif unique d'un cyclone de type barbadien.

Nous chercherons ensuite à mettre en évidence le processus de reconstruction et les difficultés auxquelles ont dû faire face les autorités d'un petit état qui s'est affranchi de la tutelle britannique en 1978. Nous nous intéresserons plus particulièrement au programme baptisé CBI (Citizenship By Investment) qui vise à octroyer la nationalité dominiquaise à tout investisseur étranger et dont les fonds ont été destinés, depuis 2018, à « mieux reconstruire » l'île.

Enfin, nous discuterons la volonté des autorités à faire de la Dominique le premier pays résilient aux changements climatiques dans le monde. Nous nous demanderons si les mesures envisagées permettront véritablement de limiter les effets dévastateurs de futurs événements météorologiques extrêmes.

Mots-clés :

Philippe PALANY*

Chloé MAFFRE, Jean-Raphaël GROS-DESORMEAUX, Laure RAYNAUD, Ghislain FAURE, François BONNARDOT, Sylvie MALARDEL, Isaure MARION, Elise CHATREFOU

**Météo-France*

La saison cyclonique 2017 aux Antilles : traduction de l'information météorologique et gestion de crise, apprentissages scientifiques de Météo-France

Résumé

Les bilans météorologiques et climatiques, le rejeu des situations à meilleure résolution font partie des retours d'expérience de Météo-France après que des événements cycloniques majeurs aient touché les territoires des Antilles françaises. La saison cyclonique 2017, par son ampleur, vient poser à la communauté scientifique internationale de nombreuses questions sur la physique et dynamique des cyclones mais demande aussi de s'interroger, dans un contexte de changement climatique, sur la problématique de l'incertitude dans la prévision qu'il n'est pas possible d'éliminer malgré les progrès permanents de la modélisation numérique.

Le NHC1 est responsable de la veille concernant les alertes cycloniques pour la zone Atlantique Nord, par délégation de l'Organisation Météorologique Mondiale. Il élabore une prévision expertisée de trajectoire cyclonique déterministe et fournit également aux Services Météorologiques Nationaux dont Météo-France, des produits probabilistes décrivant d'une part l'incertitude sur leurs prévisions de trajectoire, d'autre part, l'intensité afin de qualifier l'aléa cyclonique sur l'Atlantique Nord.

Comme d'autres acteurs, Météo-France explore les techniques de post-traitement de la prévision d'ensemble afin d'améliorer les produits probabilistes et d'enrichir l'estimation climatologique de la prévisibilité, fournie par le NHC, par une évaluation dynamique de l'incertitude de prévision des trajectoires.

Dans le cadre du projet FEDER C3AF et d'un RETEX scientifique en collaboration du LC2S3 un travail innovant en sciences humaines a été effectué sur la communication de la Presse et des médias locaux au cœur de la saison cyclonique 2017 (Chatrefou, 2018). Les articles publiés de fin août à octobre de France-Antilles Martinique, RCI et Outre-mer La 1ère ont été particulièrement étudiés. Cette base de données a été traitée par un logiciel de recherche textuel. Nous avons par exemple pu noter un paradoxe tout en esquissant quelques explications : le vent est le paramètre le plus souvent cité, bien plus que les précipitations et les états de mer, pourtant ce sont les aléas liés à l'eau, plus particulièrement à la mer, qui font le plus de dégâts et de victimes lors de l'atterrissage d'un ouragan sur les terres habitées. Nous avons pu également analyser les informations météorologiques communiquées par les médias locaux et les sources institutionnelles (NHC, Météo-France, Préfectures). Nous avons identifié l'importance grandissante des réseaux sociaux et avons d'ailleurs depuis rejoint ceux pour l'instant les plus utilisés par les populations antillaises.

Météo-France s'est aussi interrogé sur la manière de marquer l'incertitude dans ses productions météorologiques pendant la saison cyclonique 2017. 260 bulletins (grand public, suivi de vigilance, marines côtiers, points de situation vers l'EMIZA, communiqués d'activités cycloniques) ont été collectés dans les archives de Météo-France pour de premières analyses (Chatrefou, 2018). Nous avons pu dénombrer différents marqueurs textuels de l'incertitude dans les champs lexicaux de la probabilité, l'emploi du conditionnel, l'utilisation de fourchettes de valeurs prévues et, comme marqueur d'incertitude spatial, l'utilisation du vocable « localement » pour des phénomènes de petite échelle.

Identifiant cette problématique, c'est dans le cadre du projet ANR TIREX qu'un travail spécifique a été effectué afin d'examiner l'apport de la prévision probabiliste pour la prise de décision lors des épisodes

cycloniques (Marion, 2019). La question de recherche sur l'intelligibilité de l'information météorologique et de l'incertitude est également posée au travers de cette exploration.

Dans ce contexte, il a été opéré le rejeu des évènements cycloniques de 2017 avec la prévision d'ensemble à échelle régionale PE AROME de Météo-France (Bouttier et al., 2016) qui sera complètement opérationnelle en 2023. La PE AROME Outre-mer est constituée de 16 prévisions perturbées (aussi appelées membres de l'ensemble). Les couplages latéraux sont fournis par les membres d'une prévision d'ensemble à échelle globale (Centre Européen de Prévision Météorologique à Moyen terme : EPS). Ces simulations ont servi à l'élaboration de prototypes de cartes probabilistes à destination des gestionnaires de crise, présentées et discutées lors d'un Atelier en juin 2019. Sur les territoires d'intérêt, les vents et les pluies simulés ont été particulièrement observés. Ce travail a pu ensuite être complété par la question de la submersion marine en mode recherche, son avènement en mode opérationnel étant d'une toute autre complexité compte tenu des temps de calcul.

Concernant la trajectoire de cyclone, les simulations ensemblistes apportent bien entendu des résultats complémentaires à la prévision déterministe, avec des scénarii alternatifs particulièrement critiques en situation extrême. Ils offrent également une quantification de l'incertitude de la prévision, a priori utile aux gestionnaires de crise pour la prise de décision. Mais c'est aussi un ensemble de prototype de représentation de l'information probabiliste pour les paramètres pluies et vent qui ont pu être présentés et discutés avec les gestionnaires de crise. Au-delà de tous les outils, modèles et nouveaux moyens pour apprécier à juste titre le risque, ce sont l'importance de la relation entre acteurs le partage des enjeux et des priorités qui paraissent encore être les fondamentaux d'une gestion de crise efficace afin d'éviter les confusions dans un contexte d'une circulation d'informations météorologiques variées se diffusant rapidement sur les médias et réseaux sociaux.

Cette immersion en sciences humaines a donc permis à Météo-France de s'interroger pour faire évoluer les pratiques d'amélioration de la gestion de crise cyclonique aux Antilles françaises. Dans le contexte de l'implémentation à venir de la PEAROME OM aux Antilles, il pourra être nécessaire de former les gestionnaires de crise à l'utilisation de l'information météorologique probabiliste. Les travaux engagés dans le cadre du projet TIREX ont nourri de premières réflexions pour conduire ce changement.

Mots-clés : Incertitude, probabilisme, information météorologique

Audrey PASTEL
Pascal SAFFACHE

AIHP-GEODE, Université des Antilles

**Concilier reconstruction et recomposition spatiale :
enjeux d'aménagement à Saint-Martin après le cyclone
Irma**

Résumé

Dans les territoires insulaires français de la Caraïbe (Martinique, Guadeloupe, Saint-Martin), l'anticipation et l'adaptation face aux ouragans est cruciale. En effet, la localisation côtière des enjeux humains, économiques, voire même écologiques, favorise leur vulnérabilité, tant structurelle que fonctionnelle (Reghezza, 2009). Dans un contexte de changement climatique, l'intensification possible des ouragans (GIEC, 2013) demande une contraction du temps de la production urbaine et notamment en matière de reconstruction. Dans le même temps, les territoires insulaires sont particulièrement vulnérables à un autre phénomène à cinétique lente qui tend à s'accélérer : l'élévation du niveau de la mer. La vitesse moyenne d'élévation est de l'ordre de +3,6mm/an dans la Caraïbe (Oppenheimer et al, 2019). D'après l'Agence Nationale de la Recherche, peu de projets de recherche français se penchent sur les aléas multiples (ANR, 2019). Pourtant, la prise en compte d'aléas multiples, parfois simultanés, complexifie la gestion du risque et donc l'adaptation au changement climatique des territoires insulaires. Ainsi, la combinaison d'aléas hydrologiques (submersion marine et érosion côtière) et d'aléas météorologiques (ouragans) génère des surcotes exceptionnelles et augmentent les dommages potentiels pour les territoires (Saffache et al., 2020). Dans ce processus d'amélioration de la résilience (Reghezza, 2015) d'un territoire insulaire tel que Saint-Martin, nous avons souhaité étudier la façon dont les acteurs de l'aménagement tentent de concilier deux échelles de temps : la reconstruction en réponse à une situation d'urgence liée à un ouragan comme Irma, et la recomposition spatiale en lien avec l'élévation du niveau de la mer qui s'inscrit dans le temps long. Ici, l'aménagement de l'espace est vu comme un outil de résilience. Ainsi, cette communication mettra en exergue la manière dont la crise née suite au passage de l'ouragan Irma est venue questionner un nécessaire renouvellement de la production urbaine à travers la refonte des outils et méthodes actuels de l'aménagement de l'espace, dans les territoires insulaires français de la Caraïbe. Notre analyse portera sur la révision du plan de prévention des risques naturels (PPRN) de Saint-Martin (observation participante), qui a mis en lumière les relations parfois conflictuelles entre les différents acteurs en présence, a fait émerger deux visions de territoire contradictoires (stratégie de repli et stratégie de réduction du risque), faisant craindre de possibles « maladaptations » (Magnan, 2013), et a réinterrogé le rôle de la société civile dans l'élaboration de ces stratégies de territoire (enquêtes semi-directives). Nous aborderons également l'élaboration du Plan d'aménagement durable de Saint-Martin (PADSM) censé remplacer le document d'urbanisme actuellement en vigueur et traduire les nouvelles orientations d'aménagement de l'île. Pour finir, nous soulignerons le rôle des acteurs de l'aménagement dans l'accompagnement des transformations territoriales induites par l'adaptation au changement climatique sur le temps long.

Mots-clés : Aménagement de l'espace, élévation du niveau de la mer, cyclone, milieu insulaire, reconstruction, recomposition spatiale, adaptation, stratégie de territoire, résilience

Valentin PILLET*

Virginie K.E. DUVAT

**i-Sea & LIENSs, Université de la Rochelle*

Évolution pluridécennale de la position du trait de côte et aménagement des zones côtières : le cas des îles de Saint-Martin et de Saint-Barthélemy

Résumé

En s'appuyant sur un protocole méthodologique reproductible et basé sur l'analyse d'images, cette étude fournit de nouvelles données sur les petites îles tropicales (1) en détectant l'évolution de la position du trait de côte au cours des sept dernières décennies (1947-2017) sur les îles de Saint-Martin et Saint-Barthélemy, (2) en étudiant la pression humaine croissante exercée sur la zone côtière (rigidification du littoral et réduction de la largeur de la bande côtière végétalisée), et (3) en proposant des modèles d'évolution synthétiques visant à accompagner les autorités publiques et les gestionnaires dans la compréhension des processus côtiers et la réduction des risques.

Les résultats montrent que le recul du trait de côte a été dominant sur les deux îles au cours de la période 1947-2017. Il a été détecté sur 68 % et 75 % des plages de Saint-Martin et Saint-Barthélemy, respectivement. Les valeurs moyennes d'évolution sont hétérogènes à Saint-Martin (allant de -47 m à +100 m), tandis qu'elles sont significativement plus faibles et plus homogènes à Saint-Barthélemy (allant de -1,50 m à -18,74 m). Dans le même temps, les plages étudiées ont connu une augmentation substantielle de la pression anthropique, se traduisant par une rigidification du littoral (par exemple, à Saint-Martin, la proportion de littoraux artificiels est passée de 0,17 % en 1947 à 33 % en 2017), un déplacement vers l'océan de la limite du bâti et une réduction généralisée de la largeur de la bande côtière végétalisée.

Les résultats obtenus permettent de proposer des modèles synthétiques mettant en évidence la variabilité des évolutions de long terme et de l'aménagement des zones côtières sur les deux îles étudiées. Aussi, ces modèles peuvent fournir des indications pour la gestion des littoraux et la réduction des risques dans les petites îles tropicales. En effet (1) ils sont obtenus à partir d'un protocole méthodologique facilement reproductible ; (2) ils aident à rendre compte des évolutions détectées de manière synthétique et accessible ; (3) ils permettent d'identifier les facteurs qui ont conduit à la déstabilisation des systèmes côtiers au cours des dernières décennies et ainsi (4) ils facilitent l'identification des leviers sur lesquels il est possible d'agir pour réduire l'exposition des biens humains et environnementaux aux risques côtiers, et plus particulièrement aux cyclones tropicaux.

Mots-clés : Evolution du trait de côte, Temps long, Influence anthropique, Végétation côtière, Antilles

Laure RAYNAUD
Ghislain FAURE

Météo-France

Tropical Cyclone Objects Identification with Neural Networks

Abstract

Automatic identification of tropical cyclones (TCs) in the outputs of numerical weather prediction (NWP) models has been developed since the late 1980s. It is useful both for providing numerical guidance in real time, such as the forecasted TC tracks or the extension of the strongest winds, and for the evaluation of these models afterwards. These algorithms are based on the detection of a center, from which other characteristics are deduced, such as the maximum wind radius or the extension of the cyclone-force winds. At Météo-France, the Cyclade algorithm is routinely used to track TCs in the operational forecasts. New approaches based on deep learning techniques, and in particular Convolutional Neural Networks (CNNs), emerged in recent years and can be applied to recognize different patterns in NWP outputs such as TCs. Following recent successes of CNNs for TC detection, we developed and evaluated a CNN-based segmentation of TC wind structures in outputs of the Arome-overseas NWP model operational at Météo-France. The structures currently identified are the area of maximum winds and the area of winds exceeding 64 kt. Conversely to standard tracking algorithms, the identification of the center is not required beforehand.

A key point for training the CNN is the availability of a sufficiently large and accurate dataset of TC detections. For that purpose, a database of about 400 images has been entirely hand-labeled. Each image is a forecast of a TC case from the Arome model over the Antilles domain. Several TCs with various characteristics have been sampled in this database to explore the diversity of intensity and spatial structure in particular. The CNN trained on this dataset uses only 2 input fields from the Arome forecasts, the wind speed at 10m and geopotential height at 850 hPa. The results indicate a very good agreement between the wind structures identified and those labeled by hand, even in complex cases where several cyclones are present simultaneously or in case of landfall. The performance of the CNN tend to increase with the cyclone intensity. Compared to the operational heuristic Cyclade algorithm used at Météo-France, the CNN detections are overall more accurate, especially for weak cyclones, and the computation time is significantly reduced.

Since the development of specific training datasets for each domain and NWP model is time-consuming, the generalization properties of the CNN trained on the Antilles dataset have been examined. We show that the direct application of the CNN to Arome outputs over the Indian Ocean basin, without retraining, works very well.

Future works will investigate some avenues to improve the current approach, including an increased training database, an extension of the method to global models outputs, and the development of a temporal tracking module. The enhanced performance of CNN-based detections compared to currently operational tracking systems opens the way for improving the timeliness and accuracy of TC warnings. How CNN outputs could be leveraged to design new forecasting products customized for the users needs will be explored in the short term.

Keywords: Tropical cyclones, NWP forecasts, Convolutional Neural Networks

Tony REY
Samuel Battut

LAGAM, Université Montpellier 3

Analyse comparée des impacts des événements cycloniques extrêmes en territoire insulaire caribéen : le cas des ouragans Irma et Maria à Saint-Martin, Saint-Barthélemy et la Dominique

Résumé

La saison cyclonique 2017 dans le bassin Atlantique Nord est marquée par l'occurrence d'ouragans majeurs (6), dont deux ayant atteint la catégorie 5 sur l'échelle de Saffir-Simpson. Il s'agit des ouragans Irma et Maria. La communication porte sur les impacts de ces événements extrêmes sur les zones côtières des îles de Saint-Martin, Saint-Barthélemy (6 septembre 2017) et la Dominique (18 septembre 2017). Notre analyse comparative des changements côtiers met en lien les impacts géomorphologiques des aléas cycloniques et la nature des dommages observés sur les aménagements littoraux. L'approche inter-île permet de souligner la diversité des réponses côtières à un événement extrême - mais aussi d'identifier des analogies - entre des territoires insulaires aux caractéristiques politiques et socio-économiques distinctes. Les facteurs explicatifs sont souvent complexes et imbriqués et nécessitent une lecture à plusieurs niveaux d'échelles spatiales et temporelles. Notre analyse multi-sites souligne la diversité des effets de sites d'une côte basse à une autre et révèle la pluralité des niveaux d'exposition et de vulnérabilité des côtes et des habitants aux événements extrêmes. La diversité des impacts que nous avons observée et mesurée est parfois intrinsèque aux caractéristiques topo-morphologiques et hydrologiques des îles mais s'expliquent aussi par la croissance de l'urbanisation sur les littoraux, les types de constructions et l'insuffisance des réglementations et de leur application.

Mots-clés : ouragan Irma, ouragan Maria, vulnérabilité, dommages, littoral, changements côtiers, submersion marine, crue, mouvements de terrain, Petites Antilles

Marc VUILLET

Rita DER SARKISSIAN, Youssef DIAB

EIVP-UGE

Les réseaux techniques de Saint-Martin face au passage de l'ouragan Irma : de la vulnérabilité à la reconstruction, quelle résilience ?

Résumé

En septembre 2017 les réseaux de l'île de Saint-Martin ont été fortement impactés par le passage de l'ouragan Irma. Des dommages très importants, renforcés par une nature insulaire ont entraîné l'interruption totale de quasi tous les services, de quelques jours à plusieurs semaines selon les réseaux considérés. Un évènement de cette ampleur est riche en enseignements, pour la gestion des réseaux de Saint-Martin, qui devront malheureusement un jour ou l'autre faire face à de nouveaux ouragans majeurs, pour d'autres territoires ultramarins également soumis à ce type d'aléas, et, plus largement, pour l'ensemble des territoires urbains exposés à des aléas majeurs. Cette communication présente les résultats de travaux menés dans le cadre du projet ANR flash ouragan ReLev : un rex des impacts de l'ouragan sur les infrastructures supports des réseaux Saint-Martinois, l'intérêt d'une vision systémique pour mieux identifier les effets liés aux interdépendances et améliorer la restauration des services en phase de retour à la normale. Enfin la communication aborde une réflexion sur le sujet de la reconstruction (builbackbetter) et l'intérêt de l'aide à la décision multicritère pour améliorer la résilience des réseaux face aux aléas et aux transitions environnementales.

Mots-clés : réseaux techniques, saint martin, vulnérabilité, résilience, interdépendances, reconstruction, retour à la normal, reconstruction, build back better