



Université Paul-Valéry Montpellier 3



Département de Géographie – Aménagement / UFR III

Spécialité de Master Pro. « Gestion des catastrophes et des risques naturels »

Anthony ARNOULD

Soutenu le 9 septembre 2019

Rapport de stage effectué au sein de l'UMR GRED : Contribution au projet ANR TIREX (Transfert des apprentissages de Retours d'EXpériences scientifiques) sur le thème principal de la reconstitution spatiale et temporelle des chaînes d'impact territoriaux



Cairns disposés sur la côte de la Baie-Orientale à Saint-Martin (97150) en souvenir du passage de l'ouragan Irma, symbole d'une volonté de commémorer la catastrophe (sources : A.ARNOULD, 2019 ; image satellite de la NASA, 2017)

Sous la direction de **Frédéric LEONE**, coordinateur du projet TIREX, professeur de classe exceptionnelle au département de géographie de l'université Paul Valéry - Montpellier 3 (UPVM3), directeur adjoint de l'Unité Mixte de Recherche GRED (UPVM/IRD) et co-directeur du master GCRN.



« La cartographie n'est pas seulement une représentation visualisée des localisations. C'est aussi l'expression synthétique d'une masse d'information dont le traitement et la traduction graphique exigent une recherche méthodologique d'ensemble ».

Peter Haggett (1973)

Remerciements

Ce mémoire de 2nd année de Master GCRN conclut deux années d'études enrichissantes et pleines de rencontres au sein de l'université de Paul Valéry. Il est d'autant plus saisissant de rédiger ces lignes, qu'elles marquent, nullement la fin, mais le début de nouvelles relations professionnelles et d'amitiés.

Je remercie en premier lieu mon directeur stage, Frédéric LEONE, pour m'avoir proposé ce sujet passionnant et pour m'avoir accompagné tout au long de celui-ci. Je le remercie pour sa bienveillance et sa souciance dans la réussite des personnes qui l'entourent. Je nous souhaite encore de nombreux échanges à l'avenir, aussi bien professionnels, qu'à l'image de ceux partagés dans les lolos à Saint-Martin.

Je remercie également les membres du GRED qui m'ont accueillie pendant ces six derniers mois, et particulièrement Monique GHERARDI, Stéphanie DEFOSSEZ, et Tony REY, qui ont été mes professeurs d'université, mais également et surtout, des compagnons de voyage et de randonnées incomparables.

Merci à Thomas CANDELA, qui au-delà d'un ami, a été la personne la plus présente pour me soutenir dans les phases de doutes et de rédactions. Que de moments partagés et encore à venir ...

Un grand merci à Matthieu PERROCHE pour s'être volontairement rendu disponible et investi dans ce travail. Nos discussions ont élevé ce rendu, et ton altruisme a rendu la tâche plus agréable.

Merci aux amis du master GCRN, diplômés ou actuels. Je pense notamment à Martin ROBUSTELLI, Victoria BIGOT et Samuel BATTUT, qui sans eux les pauses café et *after work* auraient été bien triste.

Je te tiens aussi à chaleureusement remercier Mélanie VICO et Axelle MAGNIER pour leur amitié. Car grâce à elles l'été a tout de même eu un gout de vacances.

Je voudrais également sincèrement remercier Julie-Ann, qui s'est portée volontaire et prêtée au jeu de découvrir la géographie des risques en relisant l'intégralité de ce rapport.

Je remercie aussi tous les professionnels rencontrés à Saint-Martin, dont les échanges ont été précieux pour l'avancée de mes recherches. Je pense notamment à :

- Charles AGESILAS, chef de la douane de Saint-Martin
- Patricia BELASCO, cadre de santé au CH de Saint-Martin
- CNE Caroline DELPLANQUE, Capitaine de Police à la Police aux Frontières
- CDT Jean-Luc DERAS, chef des services d'immigration de la Police Aux Frontières de Saint-Martin
- Albéric ELLIS, directeur général du port de Galisbay
- Martial HALLEY, administrateur SIG de la collectivité territoriale
- Vincent LIZE, de la société de transport de fret SAS Sea Services
- LTN Bernard MAES chef de centre de la caserne des sapeurs-pompiers de Saint-Martin, et son adjoint LTN Thierry FAULECH
- Juste MANUEL, mécanicien de la centrale électrique
- LCL Sébastien MANZONI ex-Commandant de la compagnie de Gendarmerie de Saint-Martin
- Glenn RIDCHARSON, directeur des services techniques de la centrale de dessalement
- Jacqueline RODRIGUEZ, cheffe de la Police Territoriale de Saint-Martin
- Michael WERY, directeur des affaires à la Préfecture de Guadeloupe

Ainsi que tous ceux qui ont contribué de prêt ou de loin à l'avancé de ceux-ci.

Il me tient particulièrement à cœur de remercier Charlotte TERRAC et son collègue Anthony. Pour nos longues conversations et nos échanges sur la particularité de la gestion des risques à Saint-Martin. Je n'aborderai plus jamais les choses de la même façon.

Merci aux amis saintmartinois, Alexina, Élie, Antoine, Pénélope, et Miroslav. Vous avez rendu ces deux mois mémorables, à côté des relations professionnelles que nous partageons.

Je voudrais aussi remercier Marlène et Sonia, ainsi que leur formidable famille pour m'avoir accueilli et donner autant de réconfort que si j'étais chez moi.

A l'aube de saisir ma carrière professionnelle par les deux mains, je souhaite également remercier l'ensemble des enseignants et professionnels qui ont contribué à ma formation.

Enfin, je remercie ma famille et mes amis d'enfance : merci pour votre patience et votre compréhension face heures sacrifiées.

Sommaire

Remerciements	4
Sommaire	6
Introduction générale	8
1. Environnement d'étude et contexte des travaux scientifiques entrepris	16
1.1 Le recours à l'analyse spatiale dans la reconstitution des chaînes d'impacts 16	
1.1.1 Définition orientée de l'analyse spatiale	16
1.1.2 Appliqué à la modélisation des chaînes d'impacts territoriaux, quel est l'intérêt d'une analyse spatiale pour l'analyse des liens de dépendances fonctionnelles entre les infrastructures critiques ?	19
1.2 Un cadre d'étude avec des territoires exposés, un espace commun, des situations disparates et une catastrophe partagée	22
1.2.1 Monographie de Saint-Barthélemy et Saint-Martin.....	22
1.2.2 Des territoires exposés au risque cyclonique.....	28
1.2.3 Situation administrative de Saint-Martin et Saint-Barthélemy, organisation des principaux services étatiques et des collectivités.....	31
1.2.4 Panorama du contexte économique et social des îles de Saint-Martin et Saint-Barthélemy, deux horizons opposés	34
1.2.5 Fonctionnement en temps normal du territoire de Saint-Martin et situation pré-crise	38
1.2.6 Le passage du phénomène Irma	45
Conclusion intermédiaire sur l'importance des infrastructures critiques et particulièrement sur un territoire insulaire comme Saint-Martin	56
2. Contribution scientifique	57
2.1 Exposé détaillé des tâches	57
2.2 Introduction scientifique de la reconstitution spatiale et temporelle des chaînes d'impacts territoriaux post-cycloniques (Working Paper)	59
2.3 Analyse spatiale des dysfonctionnements d'un territoire cyclonné	61
2.3.1 Contexte d'étude et données exploitées	61

2.3.2	Définition des critères et analyse des chaînes d'impacts	63
2.3.3	Analyse des dépendances fonctionnelles par l'intermédiaire d'une carte de flux origine destination	67
2.4	Représentation cartographique des conséquences de l'ouragan et des dépendances fonctionnelles entre les infrastructures critiques	70
2.4.1	Visualiser cartographiquement le contexte spatial et temporel des dommages post-crise.....	70
2.4.2	Approche cartographique et géovisualisation des dépendances fonctionnelles des infrastructures critiques.....	72
2.5	Les défis de cartographier les chaînes d'impacts pour une compréhension des mécanismes de crise et de relèvement.....	76
2.5.1	La représentation des liens de dépendances fonctionnels.....	76
2.5.2	Chaînes d'impacts territoriaux : remonter les liens de dépendances fonctionnels afin de comprendre l'interruption des infrastructures critiques.....	79
2.5.3	Supports à la prise de décision opérationnel	80
2.6	Conclusion.....	83
	Conclusion générale	84
	Bibliographie.....	87
	Webographie	91
	Liste des figures	91
	Annexes 01.....	93
	Annexes 02.....	114

Introduction générale

La saison cyclonique de 2017 fut particulièrement marquée dans l'Atlantique Nord par la survenue d'ouragans, non pas exceptionnels, mais historiques. Durant cette saison, plus de dix ouragans se sont succédés dont six majeurs (fig. 1). De par leur intensité et les destructions occasionnées ; Irma, José et Maria représentent dorénavant des évènements de référence pour beaucoup d'organismes caribéens de prévention et de prévision. Ils ne restent néanmoins que des noms parmi une liste d'ouragans majeurs ayant déjà frappé les caraïbes (Leone, 2002), dont la mémoire du risque s'est souvent empressée d'effacer au fil des générations.

L'intensité de ces ouragans capverdiens réalimente par ailleurs les débats sur le changement climatique. Bien que l'historique des évènements ne permette pas d'affirmer une augmentation de la fréquence d'apparition des ouragans, un élèvement de l'intensité de ceux-ci est constatée. Selon Michel Colombier (2018), directeur scientifique de l'institut du développement durable et des relations internationales, ces évènements isolés ne sont pas représentatifs des conséquences du changement climatique, mais illustrent ce à quoi il faut s'attendre dans le cadre du changement global dans les années à venir.

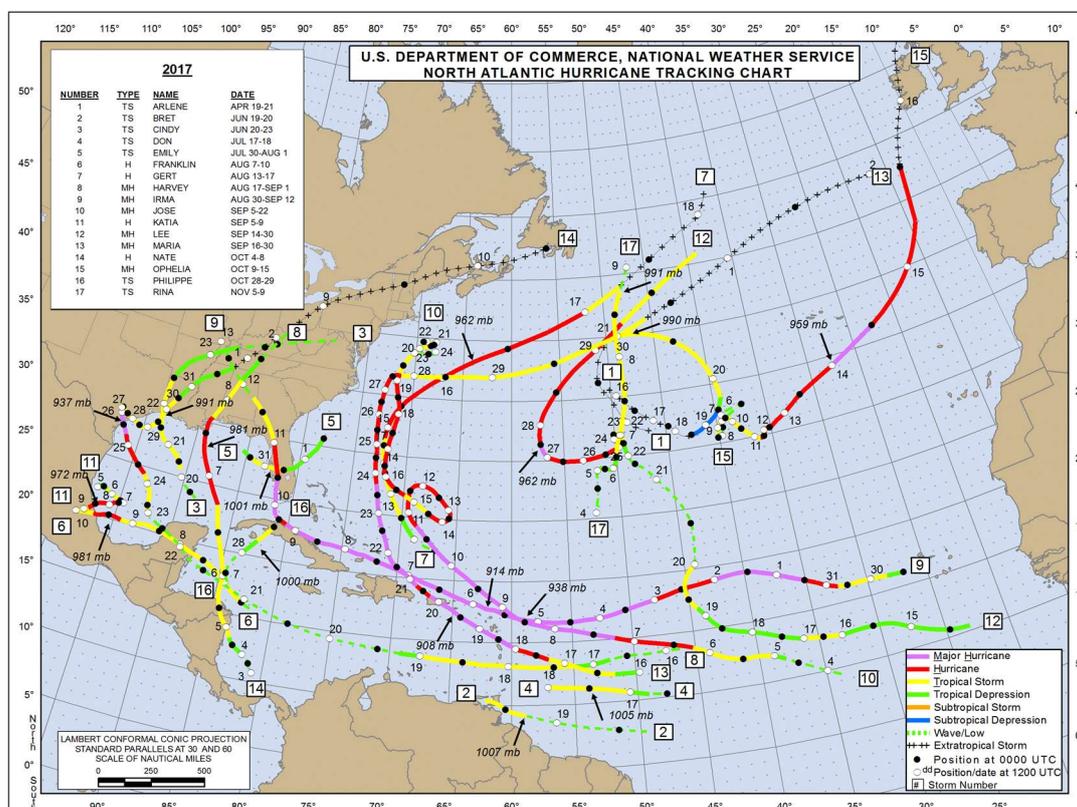
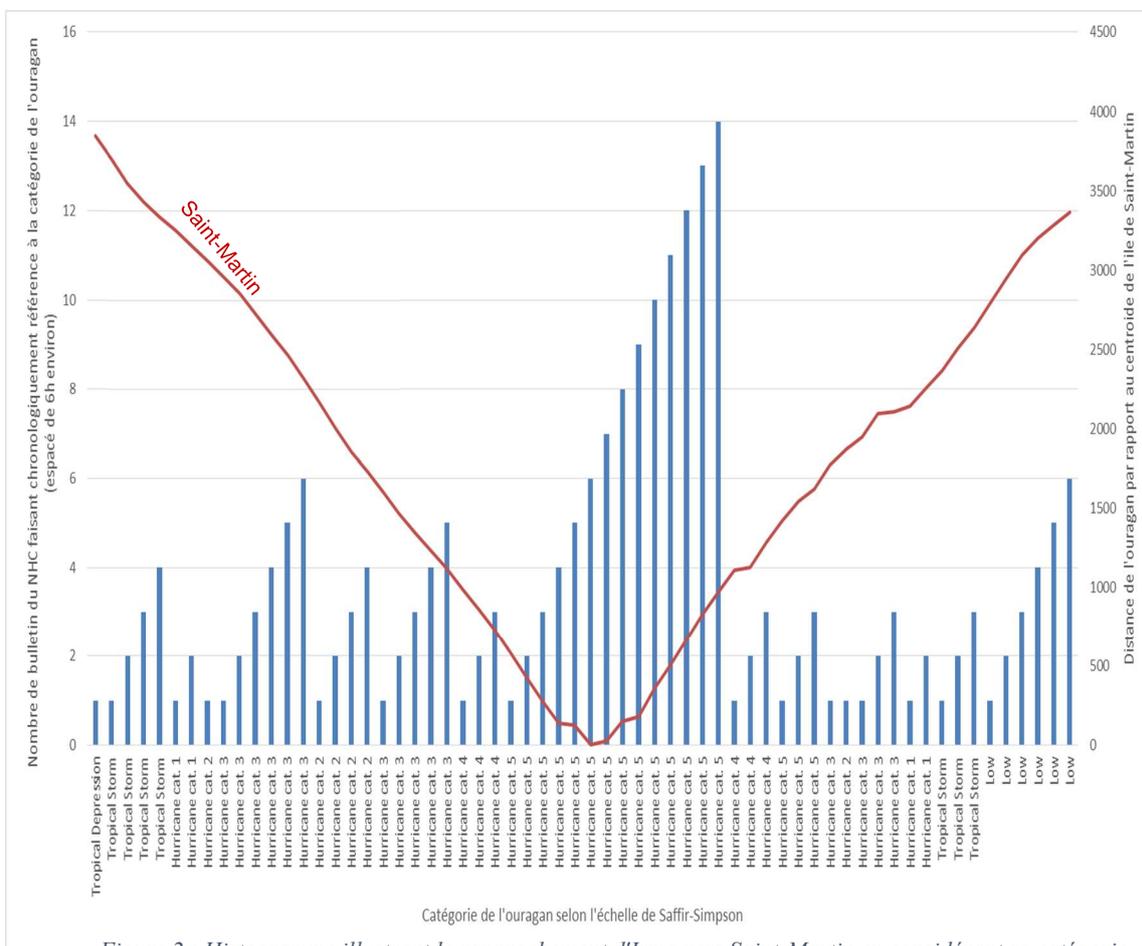


Figure 1: Carte de la saison cyclonique de 2017 (Source : NOAA)

Une semaine après Harvey, l'ouragan Irma s'est formé le 30 août 2017 au large des îles du Cap-Vert en direction des caraïbes et de la Floride. La force de ses vents a atteints les 300km/h. Début septembre, il s'est abattu sur plusieurs territoires de l'espace caribéens avec une force de catégorie 5 sur l'échelle de Saffir-Simpson. Selon le NHC (2018), Irma est le cyclone le plus puissant enregistré dans l'Atlantique Nord depuis Allen en 1980 et Hugo en 1989.

Cet ouragan est resté très longtemps classé en catégorie 5, qui plus est, au moment où il traversait lentement une partie de l'arc caribéen (fig. 2). Les îles Vierges britanniques, Barbuda, Anguilla, Saint-Martin, et Saint Barthelemy ont particulièrement été impactés par Irma, causant la mort de plusieurs personnes dans les Antilles (134, d'après la compilation de bilans provisoires et officiels). La partie Nord de Cuba a également été touchée, tandis que la Floride organisait l'évacuation de plus de 6,5 millions d'habitants (FEMA, 2018). Selon la Fédération Française de l'Assurance (FFA, 2018) cette catastrophe naturelle est la plus coûteuse de l'histoire de l'assurance d'outre-mer. 25 600 personnes ont été sinistrées sur les sols du territoire national, pour un coût total d'environ 1,9 milliard d'euros. Au 3 septembre 2018, 1 260 millions d'euros avaient été versé par les assureurs.



L'œil de l'ouragan Irma a abordé les côtes des petites Antilles vers deux heures du matin, le 6 septembre 2017. La force des vents, jumelée aux vagues de submersion et aux précipitations, a occasionné des dégâts considérables. D'autant plus que l'île de Saint-Martin est particulièrement vulnérable face aux cyclones. Cet espace présente des facteurs de production du risque comme des terres littorales basses, facilement submersibles, et une urbanisation importante des zones exposées aux aléas. Chaque année pourtant, Saint-Barthélemy et Saint-Martin sont soumis aux risques cycloniques de juin à novembre. Selon le rapport de Philippe Gustin (2017), Préfet délégué interministériel à la reconstruction des îles de Saint-Barthélemy et de Saint-Martin, 11 personnes ont perdu la vie dans cette catastrophe, avec un taux d'endommagement du bâti estimé à 95% sur l'île de Saint-Martin.

Saint-Martin représente le principal territoire d'étude des travaux scientifiques de ce rapport. L'île a sévèrement été impactée par cet ouragan. La représentation spatiale des dommages post-Irma, établie à partir des données satellitaires élaborées par le service Copernicus de gestion des urgences, permet de se représenter l'étendue des dommages engendrés (fig. 3). Très peu de bâtiments ont été épargnés par ce phénomène naturel, dont des installations plus ou moins sensibles, voir vitales, au fonctionnement de ce territoire insulaire. Ainsi Saint-Martin se prête à une analyse de ces dommages.

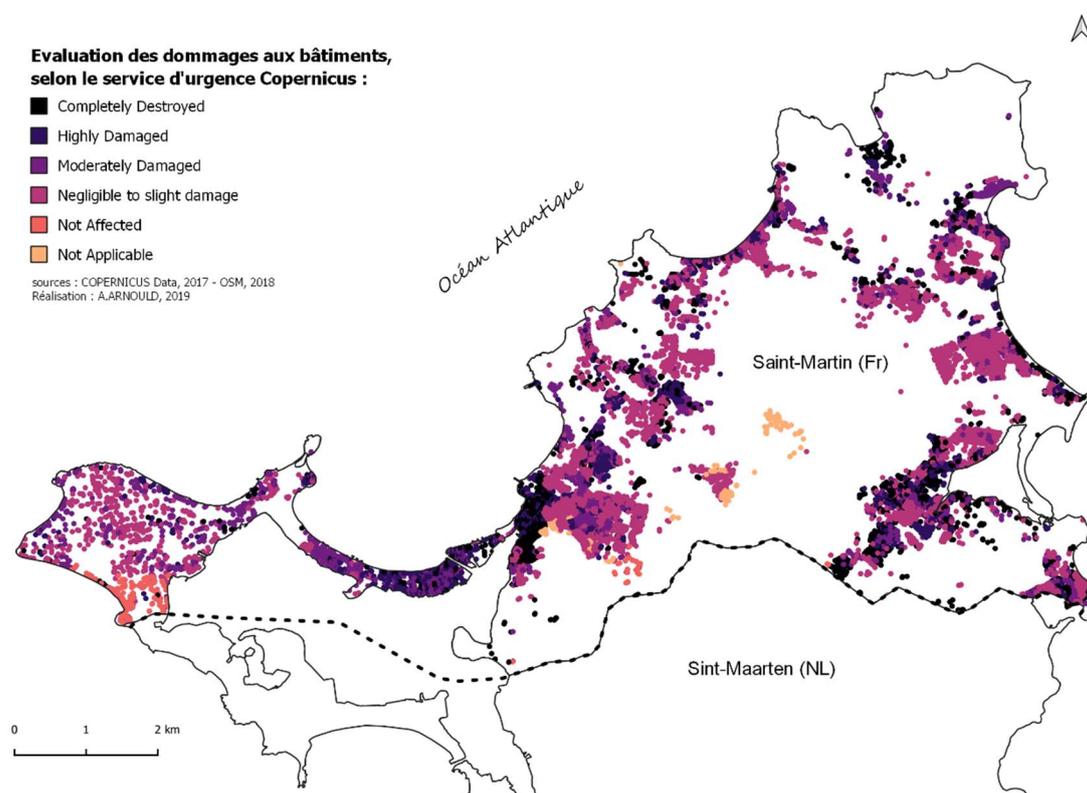


Figure 3 : Cartographie des dommages provoqués par Irma (2017), selon les données COPERNICUS

La base de données ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents), qui est une référence dans l'accès à des retours d'expériences impliquant des installations technologiques, laisse entrevoir sommairement les premières difficultés rencontrées par différentes infrastructures particulières (centrale électrique, usine de dessalement, systèmes de télécommunications, ...). Les rapports de cette médiathèque interactive du BARPI (Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industriels), mentionnent les dégâts auxquels ont dû faire face les gestionnaires de ces quelques installations, qui ont parfois dû interrompre celles-ci. A titre d'exemple, l'usine de dessalement et de production d'eau potable a été suspendue durant trois semaines, en raison de l'effondrement des murs de l'industrie sur des systèmes de pompages et de filtres. Ces RETEX (Retours d'Expériences) sont néanmoins exclusivement centrés sur le caractère individualiste de chaque organisation. Aucun regard n'est porté sur les conséquences fonctionnelles qu'ont engendré ces dysfonctionnements sur les autres infrastructures critiques. Ils ne s'ouvrent pas sur une vision d'ensemble en cherchant à mettre bout à bout ces séries d'informations et les liens de dépendance qui les unit.

Au sein d'un territoire une infrastructure critique peut être définie comme « un point du système ou une partie de celui-ci, [...], qui est indispensable au maintien des fonctions vitales de la société, de la santé, de la sûreté, de la sécurité, et du bien-être économique ou social des citoyens, et dont l'arrêt ou la destruction aurait un impact significatif [...] du fait de la défaillance de ces fonctions » (Conseil de l'Union Européenne, 2008). D'autres territoires les définissent comme étant des installations vitales dont l'incapacité de fonctionnement ou la destruction affaiblirait considérablement la défense ou la sécurité de celui-ci (Security Homeland, 2013). De manière explicite, les installations faisant le sujet principal de ce rapport renvoient aux notions de salubrité, de sécurité et de tranquillité, constituant l'ordre public et l'intérêt général dans le bon fonctionnement d'un territoire (force de l'ordre, secours, électricité, télécommunications, accès aux denrées alimentaires, port de marchandise...).

Ces installations fonctionnent par l'intermédiaire d'un réseau de dépendances. La quasi-totalité d'entre elles échangent avec d'autres pour assurer leur activité. Elles peuvent être liées en recevant ou en exprimant des besoins pour fonctionner. Ce qui signifie que la plupart d'entre elles se soutiennent, à différentes strates, dans le bon fonctionnement et le maintien de leurs activités. La nature de ces liens se manifeste sous forme d'éléments physiques, comme l'approvisionnement en matières premières ou en énergies, mais également sous formes immatérielles comme des directives de conduite

ou de gestion. Nous nommerons ces connexions abstraites, des liens de dépendances fonctionnels.

A l'évidence, l'interruption d'un de ces liens peut de manière plus ou moins importante ralentir, freiner voir handicaper le mécanisme de fonctionnement d'une installation. Ils peuvent être momentanément interrompus par l'indisponibilité du vecteur de distribution utilisé (réseau routier, câbles aérien, ...) ou résider dans la discontinuité d'une infrastructure en amont. C'est le cas d'une centrale électrique qui alimente les stations de pompes à carburants grâce à son réseau de distribution, qui assure à leur tour le fonctionnement des engins d'incendie et de secours à personnes. La cessation d'un service ou d'une activité première entraîne des effets en cascades sur les infrastructures en aval. Les principes de prévention et de prévision voudraient que l'arrêt d'une installation soit anticipé, au vu de prévoir des solutions alternatives en cas de forces majeures. Seulement, l'anticipation du ralentissement fonctionnel ou de l'arrêt d'une installation amène à discerner toute l'envergure de ces chaînes d'impact.

De par les dommages qu'il a occasionnés, l'ouragan Irma a mis en exergue les liens de dépendances fonctionnelles qui animent les installations entre elles. Le déséquilibre de certaines des infrastructures en période de crise, et l'incertitude qu'elles soient maintenues, ont sans conteste permis de mettre en lumière l'ensemble de leur échanges. Bien souvent innés en temps normal, des liens de dépendances fonctionnels inattendus ont également fait surface durant la crise cyclonique. Cette catastrophe a permis d'affirmer les liens régulièrement maintenus, mais également la réorganisation de ceux-ci en situation de déséquilibre. Irma a provoqué l'opportunité d'identifier la complexité de ce réseau et de figer les conséquences d'un tel événement au travers de représentations (carto)graphiques.

Expressément centré sur l'augmentation des capacités résilientes des territoires, les retours d'expériences de l'ANR (Agence Nationale de la Recherche) TIREX (Transfert des apprentissages et des retours d'expériences) mené dans les petites Antilles à la suite de la saison cyclonique de 2017, représentaient une occasion favorable de développer un projet scientifique de **reconstitution spatiale et temporelle des chaînes d'impacts territoriaux post-cycloniques.**

Ce projet ANR est issu de la réunification d'un consortium de scientifiques de métropole et des Antilles, de spécialistes, ainsi que d'organismes tels que Météo France et la CCR (Caisse Centrale de Réassurance), autour d'une volonté commune de tirer des leçons de la saison cyclonique de 2017. Il intervient à la suite d'un environnement d'occasions favorables au développement d'une nouvelle méthodologie de partage d'expériences. Ce projet s'intéresse aux conséquences physiques et sociales de cette saison cyclonique sur différents territoires, dont l'île de Saint-Martin et de Saint-Barthélemy. Suite au passage d'Irma, différentes approches scientifiques ont été mises sur pieds afin de reconstituer l'impact de la catastrophe et suivre le processus de reconstruction du territoire saint-martinois sur 4 ans. Les produits de ces travaux sont voués à être mis à dispositions des décideurs après une vulgarisation scientifique, jusqu'à un accès au grand public. L'une des ambitions de cette étude est de conserver une mémoire du risque au travers de cartographies, de publication, et des outils numériques permettant de revivre l'évènement pour mieux se préparer aux prochaines saisons.

C'est pourquoi le projet TIREX a permis d'inscrire ces ambitions de reconstitution des chaînes d'impacts, parmi les quatre grandes tâches structurant le plan de ces approches scientifiques :

- Tâche #1 : Trajectoire de vulnérabilités territoriales 1950 - 2017
- Tâche #2 : Impact et résilience des environnements côtiers
- Tâche #3 : Gestion de crise et suivi de la reconstruction (analyse territoriale et institutionnelle)
- Tâche #4 : Consolidation des outils de transfert des apprentissages du RETEX

Ce projet a permis de mener les investigations de ce rapport de stage, dans un cadre scientifique opportun. Il s'agissait de toucher le monde scientifique et opérationnel. L'Unité Mixte de Recherche (UMR) GRED (Gouvernance Risque Environnement et Développement), qui est l'un des laboratoires universitaires porteurs de ce projet ANR, a proposé et s'est saisi de ce sujet.

Situé à l'université de Paul Valéry à Montpellier, les équipes de recherches constituant le GRED sont actives sur différentes disciplines des sciences sociales, de l'environnement et de la vie. La géographie des risques est l'essence même du travail et des enseignements dispensés par les chercheurs, enseignants, doctorants, techniciens et ingénieurs qui composent cette unité de recherches. Les problématiques

d'interactions entre les activités anthropiques et naturelles constituent le cœur des sujets abordés autour des notions d'innovation, de gouvernance ou de vulnérabilité, de résilience et de risque.

Chaque année, en collaboration avec le master GCRN (Gestion des Catastrophes et des Risques Naturels) cette UMR organise également le colloque « Géorisques », dont la 18ème et 19ème édition portaient respectivement sur les cyclones et la résilience.

Le GRED participe par ailleurs à des projets européens PO FEDER, comme C3AF (Changement Climatique et Conséquences sur les Antilles Françaises). Ces travaux de recherches ont pour objectif de fournir une base de réflexion sur l'établissement de nouvelles stratégies locales d'adaptation et d'atténuation des risques, face aux changements climatiques. Il ambitionne pour cela de partager des connaissances scientifiques en s'attachant particulièrement à mesurer les impacts passés, actuels et futurs, des catastrophes sur des territoires insulaires particulièrement vulnérables.

Entreprendre la reconstitution spatiale et temporelle des chaînes d'impacts territoriaux à la suite d'Irma sur le territoire de Saint-Martin, évoluait donc dans un environnement scientifique et académique favorable. D'autant plus que cette collectivité territoriale française d'outre-mer présente certaines particularités approuvées au développement de ce sujet novateur. La première concerne le caractère insulaire de ce territoire d'environ 50 km², en ce qui concerne la partie française de l'île (environ 90km² dans sa totalité). Il offre la possibilité d'analyser le fonctionnement des infrastructures critiques qui lui appartiennent, dans un espace géographique restreint et isolé, permettant ainsi de s'intéresser uniquement aux infrastructures critiques de l'île, sans entrer dans la complexité d'un vaste territoire. La seconde, également liée au caractère concis de ce terrain d'étude, est le fait que chaque infrastructure, ou presque, est unique sur celui-ci. L'analyse des chaînes d'impacts y représente un cas d'étude simplifié, dans la mesure où les liens de dépendances fonctionnels ne se multiplient ou ne se dédoublent pas parmi plusieurs installations « alternatives ». De plus, les destructions relevées permettaient d'affirmer un nombre d'interruptions suffisamment conséquent pour analyser le niveau de dommage et de dysfonctionnements des infrastructures.

A ce titre, la réalisation d'un stage universitaire de Master 2 GCRN pour une période de cinq mois, s'est effectué au sein de l'UMR GRED, dans le cadre du projet TIREX. Le sujet de celui-ci comprenait trois temporalités : une phase d'investigation

terrain d'une durée de deux mois, une seconde phase de traitement des données et de productions, pour enfin déboucher sur une phase de rédaction. La thématique de la reconstitution spatiale et temporelle des chaînes d'impacts a particulièrement orchestré ces périodes. D'autres missions en lien avec ce projet de recherche ou non, ont également conditionné les missions de ce stage. L'objet de ce document s'attache avant tout à développer les livrables apportés par la double problématique de stage exprimés pour la mission TIREX, à savoir :

- La rédaction d'un working paper¹ autour de la reconstitution spatiale et temporelle des chaînes d'impacts territoriaux post-cycloniques (Irma, Saint Martin) en analysant les enseignements à en tirer pour la gestion des crises cycloniques
- La représentation du réveil économique de Saint-Martin et de Saint-Barthélemy au travers d'enquêtes sur les pillages et le temps de réouvertures des commerces.

Le traitement de cette seconde problématique de stage intervient à la suite d'un constat provenant des différentes missions de terrain de l'UMR GRED sur place. Elle répond aux ambitions du projet TIREX dans sa volonté de représenter spatialement le souvenir de cette catastrophe. L'aspect social de celle-ci est observé au travers du temps de réouverture des activités économiques, et des freins à cette finalité. Elle s'attache à toucher du doigt la résilience économique des différentes îles, mais également à comparer les différentes dynamiques transfrontalières qui séparent Saint-Martin de Sint-Maarten.

Ce rapport de stage fournit avant tout une base pour cerner la notion de chaînes d'impacts, en explorant une méthodologie d'estimation des liens de dépendances fonctionnelles, d'une technique de préparation des données, et enfin une représentation cartographique. Il se décline en deux parties. La première est tournée vers une réflexion académique autour de l'approche de traitement choisies et d'une présentation des infrastructures critiques de Saint-Martin. Elle amène le lecteur à poser le décor sur l'horizon d'étude initial de cette démarche, avant d'être traité dans le chapitre deux. La seconde partie est davantage scientifique et traite de la manière dont nous avons opéré dans notre réflexion sur la reconstitution spatiale et temporelle des chaînes d'impacts territoriaux.

¹ Un working paper est un document préliminaire de nature technique ou scientifique, dont les auteurs vont en sortir des idées sur un sujet avant de soumettre à un homologue.

1. Environnement d'étude et contexte des travaux scientifiques entrepris

1.1 Le recours à l'analyse spatiale dans la reconstitution des chaînes d'impacts

1.1.1 Définition orientée de l'analyse spatiale

Une analyse spatiale, également appelée dans la littérature « statistiques spatiales », mobilise des entités d'étude possédant des propriétés topologiques, géométriques ou géographiques. Elle comprend une variété de mises en œuvre dont beaucoup sont encore au début de leur développement, en utilisant différentes approches analytiques (O'Sullivan *et al.*, 2010). Elle est appliquée dans des domaines aussi divers que l'astronomie, l'ingénierie des réseaux, ou encore la géographie urbaine et l'aménagement des territoires. Elle couvre un grand nombre de domaines de recherche, avec une multitude d'opérations analytiques différentes.

Du point de vue de la géographie, selon (Bavoux *et al.*, 2014), le principe d'une analyse spatiale repose sur une approche géographique permettant d'étudier la position d'informations dans l'espace et les interactions sociales qui les composent. Cette discipline scientifique offre la possibilité de cerner l'organisation d'un espace, au travers de la représentation de celui-ci, via divers éléments qui le structurent comme son réseau routier, sa population, son urbanisme, etc. En opposition à la géographie statique, cette approche nomothétique² cherche à établir une explication globale d'un territoire et d'en distinguer les règles. Comme son nom l'indique, elle tente d'établir des « lois spatiales » (Lhomme, 2013). Dans cette discipline l'espace est perçu comme un produit issu d'actions réciproques entre les lieux d'un système. Il se compose donc d'interactions (Pumain, 2004).

Le chapitre de ce rapport de stage fournit de manière orientée une base pour comprendre les principaux aspects des analyses spatiales en rapport avec la géographie des risques. Les travaux de thèse de Serge Lhomme (2012) sur l'analyse de la résilience des réseaux techniques, ont permis ont contribué à résumer les potentialités de cette approche, sans oublier la plateforme pédagogique de Claude Grasland, professeur de géographie à l'université Paris 7 Denis Diderot³.

² Relatif à la recherche des similitudes et des proximités. Elle vise à établir des règles et des lois ; cette conception vise la schématisation du phénomène étudié et la comparaison entre les lieux dans le but d'en dégager les ressemblances ou les similitudes (Gumuchian & Marois, 2000).

³ <http://grasland.script.univ-paris-diderot.fr/>

Il existe une vaste littérature sur l'analyse spatiale et ses techniques associées. Son utilisation est très répandue dans les systèmes d'enquêtes et de cartographies. Les études biologiques, éthologiques et épidémiologiques exploitent largement cet outil dans la localisation et les déplacements des espèces ou des maladies (Houlden *et al.*, 2019). Les travaux de (Sasaki *et al.*, 2008) reviennent par exemple sur la spatialisation d'une épidémie de choléra, au travers d'une cartographie de propagation de la maladie, en refondant la position des services de soins d'urgences dans les bassins de populations. À l'heure où les recherches académiques contribuent de plus en plus aux réflexions opérationnelles (Leone, 2006), l'analyse spatiale représente un outil d'aide à la décision considérable.

Appliquée à la géographie des risques, elle apparaît comme un excellent vecteur pour communiquer sur les sciences humaines et sociales. En effet, représenter les aléas naturels et les enjeux exposés permet de produire une grande diversité de cartes des risques (informatives, historiques, vulnérabilité, réglementaire, ...) afin de mettre en avant les processus de production du risque (Vinet *et al.* 2012). Les territoires ne sont plus considérés comme de simples supports, victimes d'accueillir une catastrophe naturelle (Meschinet *et al.* , 2010 ; November *et al.*, 2011), mais comme des endroits susceptibles d'évoluer et de se complexifier. Leur aménagement est reconnu comme une composante active du risque (Leone *et al.* 2010).

Impliquant des sciences dures, ce type d'analyses suppose de combiner des compétences cartographiques, informatiques et statistiques. Ces disciplines sont indispensables à l'analyse des productions, en découle bien souvent l'explication de l'organisation spatiale du territoire étudié et de son évolution. Selon (Lhomme, 2013), l'appréhension des analyses spatiales passe par une période de familiarisation avec une directive d'étapes instituées et formalisées. Elles se dénotent en trois :

- En restant concentré sur la gestion des risques naturels, la première étape concerne la détermination spatiale du phénomène en adéquation avec l'interrogation soulevée (exemple : la modélisation de l'aléa de submersion marine sur des terres littorales). Il s'agit de poser les fondamentaux du problème traité en y intégrant l'ensemble des données nécessaires. Suivant le choix de celles-ci, cette étape conditionne l'ensemble de futures observations. En considérant les bases de données spatiales qu'offre internet aujourd'hui, il est facilement envisageable de disposer d'informations en « free data ». La collecte d'informations spatiales sur le terrain reste néanmoins une nécessité bien souvent

incontournable. A partir de cette première étape, une analyse descriptive des phénomènes est déjà possible.

- La seconde fait référence à la recherche de « lois spatiales » en interrogeant les données statistiques du phénomène. Elle consiste à relier les observations émises afin de discerner le fonctionnement du système.
- Enfin, la dernière étape engage le caractère généraliste des observations émises, en recherchant des similitudes dans des comparaisons parallèles. L'enjeu est de déterminer si les observables appartiennent à une application ou si elles peuvent se transposer à d'autres analyses similaires.

L'ensemble de cette démarche proposé n'est cependant pas absolue. L'état de l'art à ce sujet met à disposition une multitude d'autres méthodes flexibles (Bailey *et al.* 1995) La première étape est malgré tout incontournable dans la plupart d'entre elles. Représenter spatialement les informations à analyser dans l'espace, voire le temps, est l'axe des formulations mathématiques et statistiques qui gravitent autour. De telles analyses mobilisent des logiciels capables de traiter cartographiquement les données spatialisées et d'y appliquer des méthodes d'analyses.

Pour cela, la prolifération des bases de données numériques et l'évolution des systèmes d'informations géographiques (SIG) ont contribué au développement des analyses spatiales. Ces logiciels offrent diverses fonctions et outils permettant d'interroger l'organisation spatiale observée ou simuler des configurations. Ils offrent ainsi la possibilité de modifier les caractéristiques des entités, et de détecter des relations entre les objets suivant certains paramètres (distance, emprise, ...).

Synthétiquement, les analyses spatiales font référence à des processus reposant sur des techniques exploratoires et de confirmation pour répondre à des interrogations, afin d'améliorer la prise de décision à l'aide d'informations spatiales. Cela inclut de générer des données et de tester des hypothèses de recherches. Des relations statistiques et mathématiques dans le temps et l'espace sont ainsi recherchées auprès des données spatiales.

1.1.2 Appliqué à la modélisation des chaînes d'impacts territoriaux, quel est l'intérêt d'une analyse spatiale pour l'analyse des liens de dépendances fonctionnelles entre les infrastructures critiques ?

Après avoir défini de façon succincte l'analyse spatiale, les approches et les outils nécessaires, il convient maintenant de répondre à la question sur l'intérêt de s'intéresser à cet outil de la géographie des risques pour représenter spatialement et temporellement les chaînes d'impacts territoriaux dans un espace délimité.

Le choix d'entreprendre une analyse spatiale pour représenter les chaînes d'impacts d'un territoire cycloné, tel que Saint-Martin, repose sur la nature des données à traiter et du message souhaitant être délivré. En effet, exploiter des informations géographiques au vu de mettre en avant les composantes actives du fonctionnement d'un territoire, implique d'étudier les interactions de celles-ci, auquel la cartographie statique ne peut répondre. C'est pourquoi, représenter cartographiquement les liens de dépendances fonctionnelles entre les infrastructures critiques est une approche favorable pour analyser l'organisation des chaînes d'impacts.

De plus, dans l'étude de la configuration des installations et de la complexité de leur réseau, une approche statistique semble être indispensable dans la mise en évidence de la distribution spatiale des liens de dépendances fonctionnelles. Aboutissant à une schématisation de la hiérarchie de ces liens, les cartes et les résultats produits devraient permettre de discerner le raisonnement de cette distribution et les points nodaux de cette organisation.

En représentant les infrastructures critiques, qui symbolisent les maillons de ces chaînes d'impacts, les analyses en découlant devraient permettre concrètement de discerner les infrastructures prédominantes dans le fonctionnement d'un système, comme celui de Saint-Martin dans le cas des travaux présenté dans ce rapport de stage.

Dès lors, les principales difficultés sont de spatialiser et de représenter l'intégralité des informations ce réseau complexe en y intégrant les composantes nous intéressant dans différentes temporalités (ante et post crise) : l'importance des infrastructures ; la tendance générale de celle-ci à émettre ou recevoir des besoins ; la direction des liens de dépendances et leur perturbation engendrée par la crise et l'influence individuelle des liens sur les installations qu'elles lient. A cet égard, nous trouvons l'intérêt d'utiliser une analyse spatiale afin de jumeler une démarche statistique à celle de la cartographie. Ce

qui soulève néanmoins des interrogations sur l'utilité technique d'entreprendre une telle réflexion et démarche scientifique.

Premièrement, une véritable attention institutionnelle est portée aux réactions en chaîne provoqué par l'interruption des infrastructures critiques. En effet, depuis 2004 le lancement du programme européen pour la protection des infrastructures critiques (European Programme for Critical Infrastructure Protection, EPCIP) a suscité une synergie autour de la prise en compte de ces installations. Ce programme vise à identifier et à protéger ces lieux, classés d'une importance capitale pour le fonctionnement de l'économie et des sociétés.

Depuis, le monde scientifique est doté d'une littérature importante, porté sur les chaînes d'impacts dont les retours d'expériences ont grandement contribués. Les catastrophes du passé, comme la tempête Lothar de 1999 en France ou encore la tempête tropicale Bill aux Etats-Unis en 2003, ont remis en question la préparation des infrastructures critiques au point de vue de leur performance à faire face à une situation de bouleversements. En effets, du fait de leur rôle importance capitale pour le fonctionnement des territoires et de leur relèvement en cas de choc, il semblait crucial de s'intéresser aux évènements en chaînes que provoquerait l'interruption temporaire d'une installation. Néanmoins, schématiser le temps d'arrêt d'une installation et ses conséquences pour les autres, de façon cartographique, relève d'initiatives très peu développés.

Deuxièmement, l'intérêt d'exploiter une méthode d'analyse spatiale dans le cadre du projet TIREX relève de l'engagement de ce projet à contribuer à l'amélioration des connaissances, à propos des conséquences de la saison cycloniques de 2017, et des mécanismes de résilience. Par l'intermédiaire d'un retour d'expérience, le but de ces travaux de stage est de représenter ce qui existe en termes d'infrastructures critiques sur le territoire de Saint-Martin, et d'y analyser les interdépendances qui existent entre elles dans une période de temps déterminée. C'est à partir de ce constat que des processus de chaîne d'impacts seront dévoilés et permettrons d'en tirer des leçons et l'ambition d'entreprendre de potentiels nouvelles analyses.

Le décèlement de ce réseau complexe au travers de supports aussi éloquent qu'une carte, devraient permettre d'éclaircir consciences sur l'importance individuelle de chaque installation parmi une concentration. Ils replaceraient dans son contexte le caractère indispensable de chaque installation dans différentes situations. De plus,

l'argumentation statistique qu'offre l'analyse spatiale, quantifierait leur importance jusqu'à la mise en évidence de leur hiérarchie. Cette finalité déboucherait vraisemblablement sur d'autres possibilités d'analyses.

Une fois établie, l'analyse spatiale permettrait aux gestionnaires d'œuvrer à l'amélioration de la sensibilité de chaque installation en évaluant en amont la vulnérabilité élémentaire des infrastructures critiques les plus importantes du réseau. Il s'agirait de réfléchir aux trajectoires de vulnérabilité du territoire décrites par Magnan *et al.* (2012), en travaillant sur la mise en place d'un plan d'action. En résumé, plus une infrastructure critique est importante dans l'analyse des impacts en chaînes qu'elle pourrait provoquer, moins elle devra être vulnérable aux aléas et faire partie des actions prioritaires de réduction du risques. Cela implique de les avoir identifié préalablement.

A des fins opérationnelles, l'analyse spatiale prend également sens dans l'aide à la prise de décision et le dimensionnement des moyens de sauvegardes. En cas de crise, l'accessibilité à un tel support donnerait la possibilité aux acteurs d'établir un plan de mise en place de mesures conservatoires en prenant en considération le caractère indispensable de chaque infrastructure. Elle s'affairerait à prioriser les actions et l'orientation des moyens, suivant l'influence d'une installation dans le fonctionnement du réseau des installations. Les infrastructures critiques devant être de préférence préservé ou relevé rapidement, disposeraient ainsi d'une attention particulière.

C'est ainsi que toutes ces idées et volontés s'orientent vers l'amélioration de la résilience des territoires.

1.2 Un cadre d'étude avec des territoires exposés, un espace commun, des situations disparates et une catastrophe partagée

1.2.1 Monographie de Saint-Barthélemy et Saint-Martin

Géographiquement, Saint-Martin et Saint-Barthélemy sont des îles situées dans le Nord-Est de la mer des Caraïbes, à environ 300 km à l'Est de Porto Rico et à approximativement 260 km de la Guadeloupe. 25 km les séparent, elles sont communément appelées les îles du Nord (*fig. 4*). Elles sont situées sur le plateau de Saba, qui comprend les îles de Saba, Saint-Eustache et Anguilla. Comme la majorité des îles des Antilles, elles sont de nature volcanique.

L'intégralité de l'île de Saint-Martin couvre une superficie d'environ 90 km². Cette île a été découverte par Christophe Colomb sous le drapeau espagnol le 11 novembre 1493, pour être plus tard colonisée par les Français et les Hollandais. Cet espace est aujourd'hui scindé en deux territoires distincts par le traité de Concordia du 23 mars 1648. Ce document reconnaît l'existence d'une frontière entre le Nord et le Sud de l'île de Saint-Martin. Cet espace représente une entité physique partagée par deux entités politiques (dans le même cas de figure nous pouvons citer les îles de Timor, Quisqueya, de Bornéo, ...). Sint Maarten (en néerlandais) dispose de 34 km² dont le chef-lieu est Phillipsburg. Quant à Saint-Martin en partie française repose sur 56 km², avec Marigot comme chef-lieu.

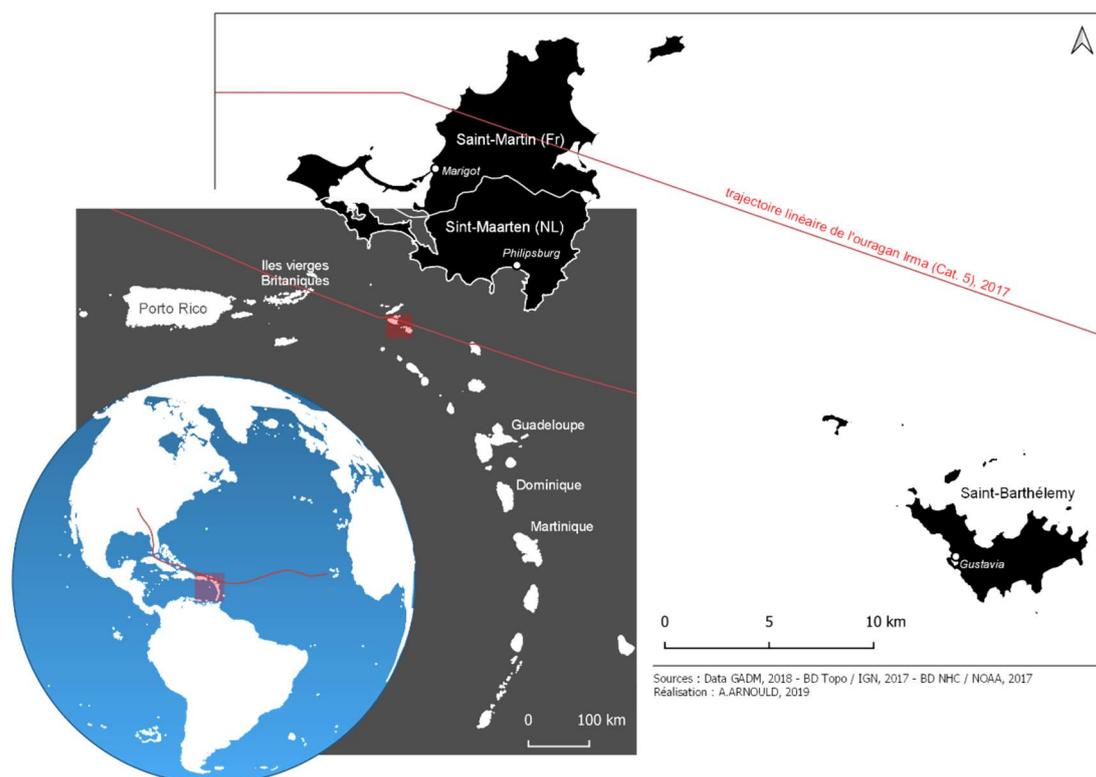


Figure 4 : Carte de localisation des îles de Saint-Martin et de Saint-Barthélemy dans la Caraïbe

La frontière de cette île bipartite ne reste néanmoins qu'administrative. Aucune frontière physique n'est matérialisée par une signalisation verticale ou horizontale aux normes, au passage de celle-ci. La fracture sociale, architecturale, culturelle, économique, environnementale, et touristique marque d'avantage la limite qui sépare la cohabitation de ces deux territoires.

L'île montagneuse de Saint-Barthélemy bénéficie d'une superficie plus restreinte de 25 km². Elle a également été découverte par Christophe Colomb en 1493, avant d'être reprise et échangé par les français à de multiples reprises. Historiquement, le passé de l'île de Saint-Barthélemy est déjà lié à celle d'un grand ouragan et d'un incendie destructeur. Puisque selon les archives nationales du ministère des Outre-Mer (2016), Saint-Barth (ainsi communément appelée) a été ravagée par un cyclone provoquant l'incendie de sa capitale, Gustavia en 1852. Ce qui valut à l'île, faute de production et de ressources à la suite de ces catastrophes en chaîne, d'être rétrocédée aux français par le roi de Suède et de Norvège, Oscar II, en 1877. Des années 1960 à ce jour, l'île connaît une économie fleurissante avec un tourisme orienté vers la luxure et l'achat opulent de villas.

Les îles de Saint-Barthélemy et de Saint-Martin occupent une position centrale au cœur de la mer des caraïbes. L'un des continents les plus proches de Saint-Martin est l'Amérique du Nord. 1 967 km séparent les saint-martinois des terres américaines de Miami, tandis que cette distance est triplée par rapport à la ville centrale de sa gouvernance : Paris. Environ 6 700 km séparent les organisations étatiques (Préfectures) et locales (collectivités territoriales d'outre-mer) de Saint-Barthélemy et Saint-Martin du chef-lieu de leur organisation décentralisé et déconcentré du territoire nationale. Ainsi cet éloignement avec la métropole influence considérablement les échanges socio-politiques et marque une distance culturelle entre les populations locales et les "métros". Les populations des deux îles sont davantage orientées vers la culture nord-américaine. Tandis que la Guadeloupe, leur département de rattachement, reste davantage orientée vers la métropole.

Au point de vue démographique, le côté français de Saint-Martin est moins densément peuplé que le côté néerlandais. La banque mondiale recense 37 264 habitants en 2018 sur la partie française de l'île, répartis d'Est en Ouest sur une distance de 15 km et de 13 km du Nord au Sud, sur un territoire topographiquement accidenté par des mornes. Avec une densité de populations de 672 habitants au km², les zones

urbanisées sont néanmoins concentrées et soumises à une pression démographique importante.

Au Sud de la frontière, Sint Maarten est l'une des régions les plus densément peuplées du monde avec une densité de population de près de 2 875 habitants au km². Selon les dernières estimations des perspectives de la population mondiale de l'ONU, Sint Maarten aurait en 2019 atteint une population de 42 388 habitants.

L'île de Saint-Barthélemy regroupe quant à elle 9 793 habitants, avec une densité de populations de 466 habitants par km².

Malgré une indépendance revendiquée par les esprits communautaires, les îles de Saint-Barthélemy et Saint-Martin sont, comme beaucoup de territoires insulaires, systématiquement tributaires d'autres territoires pour fonctionner. Ils représentent des espaces extravertis, dont les activités aériennes et maritimes occupent une place importantes dans la gestion administrative ainsi que le déroulement des activités profitables aux économies locales.

Les principaux échanges se passent entre la métropole, la Guadeloupe, et entre elles ; sans oublier les îles voisines, l'Amérique et les territoires européens. Une importation massive de ressources matérielles (denrées alimentaires, produits pharmaceutiques, carburants, ...) ou humaine (travailleurs et touristes) rythme les escales portuaires et aériennes, contre une exportation quasi inexistante. Ces îles sont dépendantes de ces échanges avec les autres espaces du territoire national ou international dans leur fonctionnement. D'autant plus que certaines difficultés techniques viennent accroître cette nécessité de se tourner vers les autres.

En ce qui concerne le transport de voyageurs, la dimension de l'aéroport de Grand-Case Esperance (SFG) nécessite par exemple d'être complété par l'aéroport international de Princess Juliana (SXM) du côté Néerlandais. Les afflux de vacanciers à Saint-Martin proviennent essentiellement de cet aéroport pouvant accueillir des avions long-courriers. De multiples compagnies reliant de grands aéroports internationaux, comme New York, Amsterdam, Montréal, Miami, Caracas, Paris, etc., sont à destination de cette installation (*fig. 5*). Tandis que celui de la partie française est dimensionné pour des avions sur des vols locaux. Seuls des avions de taille moyenne ont la possibilité d'atterrir à Grand-Case Espérance et proviennent essentiellement de Guadeloupe et Saint-Barthélemy. L'aéroport international de Princess Juliana dessert en grande partie des voyageurs de ces îles du Nord. Il représente pour l'économie locale un enjeu

important. La majorité des voyageurs à destination des îles voisines font escales dans cet aéroport, puis poursuivent leur voyage par l'intermédiaire de navettes aériennes ou maritimes.

A propos de l'aéroport de Saint-Barthélemy (SBH), la particularité de celui-ci réside dans son implantation et la taille réduite de sa piste (640 m). Situé entre une plage et un morne, l'aéroport de Rémy-de-Haenen, se restreint à recevoir uniquement des petits avions dont les pilotes disposent d'une formation particulière. Il est impossible de faire atterrir un avion de grande dimension sur cet aéroport. C'est pourquoi, la majorité des compagnies aériennes qui desservent cet aéroport sont des vols charters.

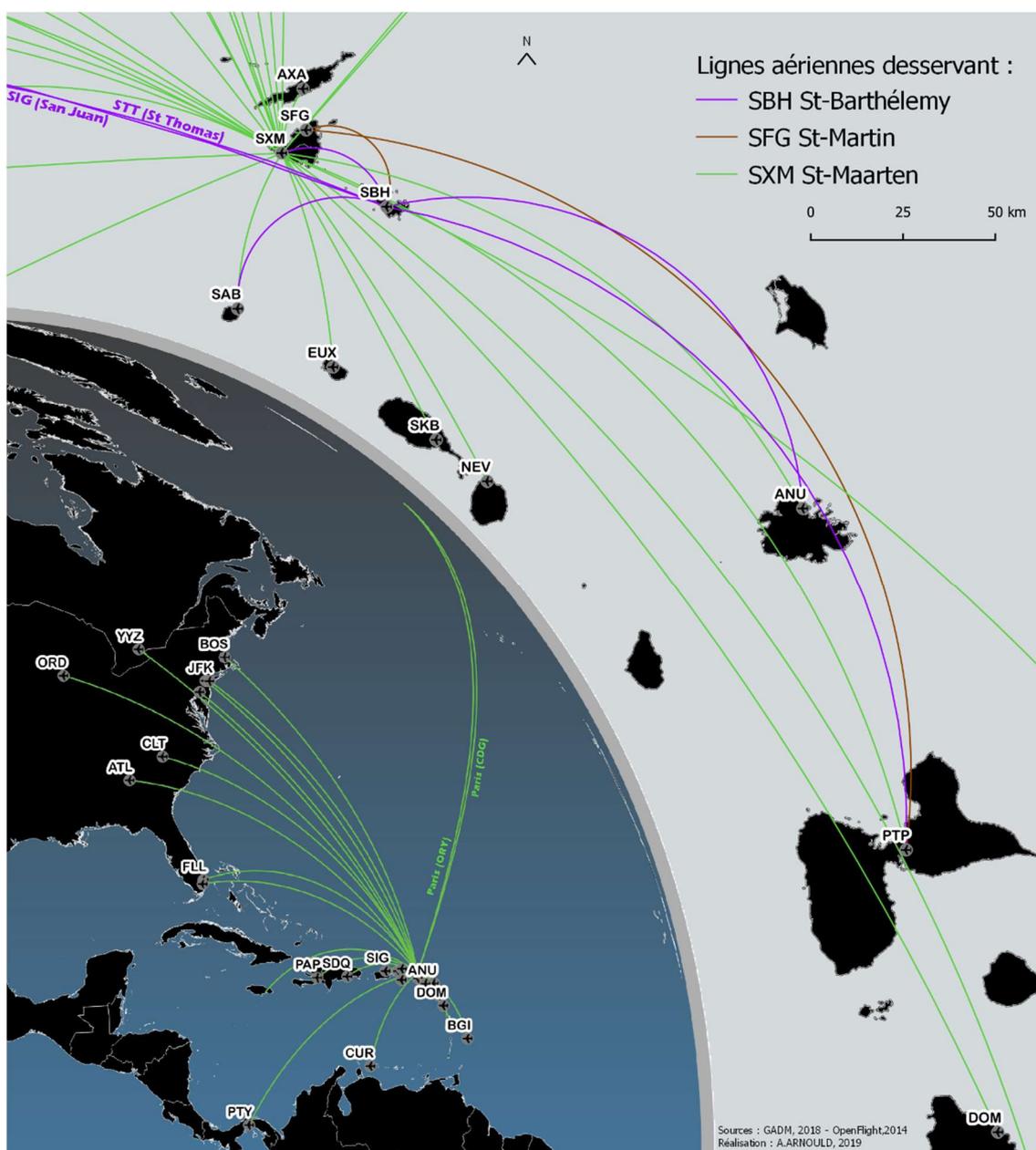


Figure 5 : Carte des aéroports desservant Saint-Barthélemy, Saint-Martin et Sint-Maarten

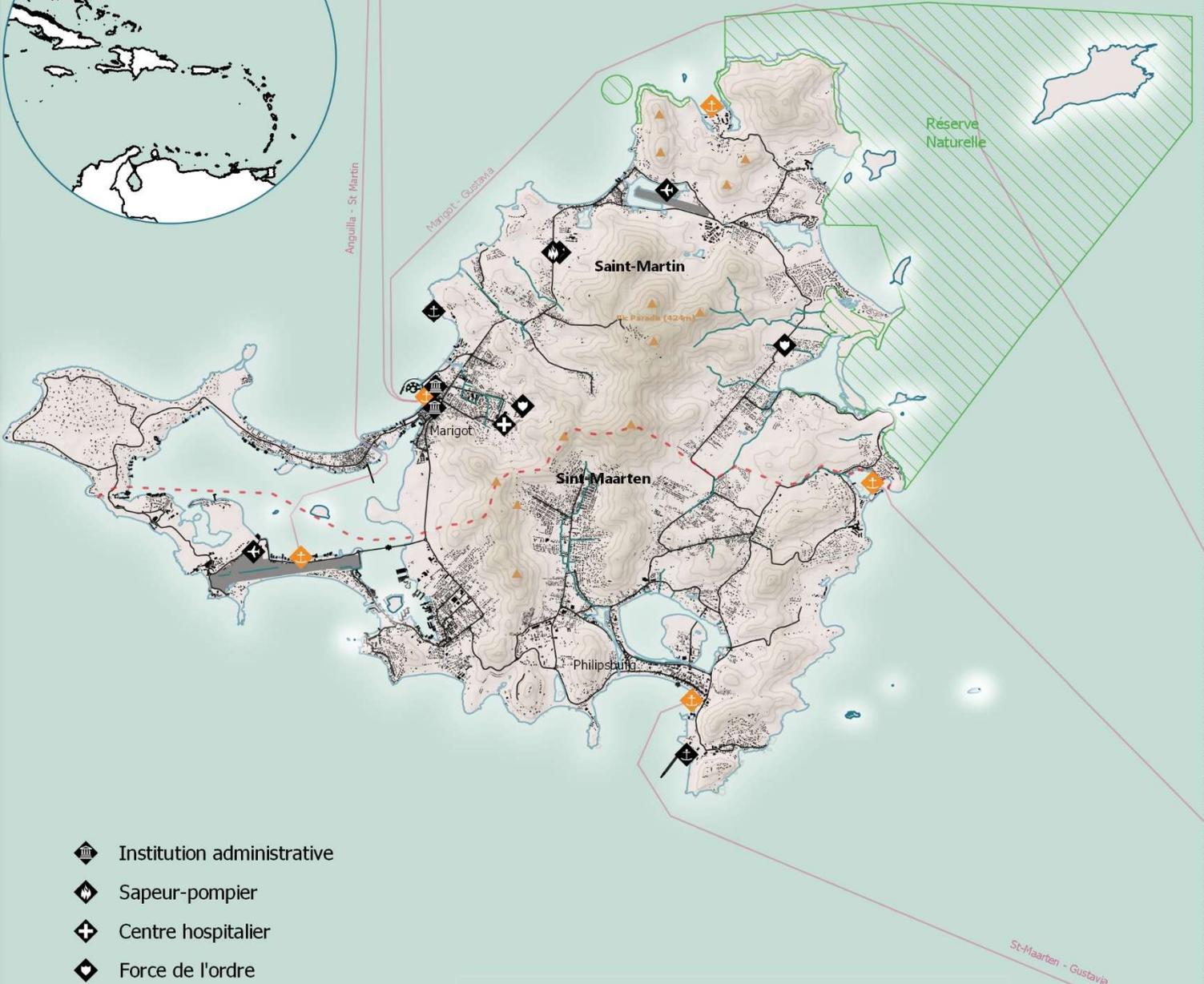
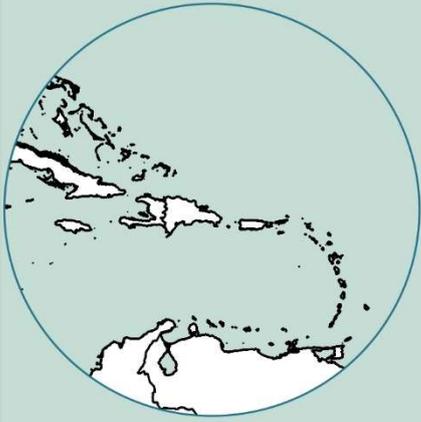
Les navettes maritimes représentent le principal vecteur d'acheminement des marchandises et des passagers dans les îles voisines ne disposant pas d'infrastructures aéroportuaires ou maritimes conséquentes. Au fil des journées les allers/retours entre les îles se multiplient afin d'approvisionner les territoires. Ces destinations touristiques sont également visitées par de nombreux bateaux de croisière.

La configuration géographique de ces territoires isolés a donné aux transports aériens et maritimes un rôle primordial dans leurs activités (*fig. 6*). Certaines îles comme la Guadeloupe, ou la partie néerlandaise de Saint-Martin servent particulièrement de relais dans l'acheminement de matériels et de produits, mais également dans le drainage de passagers. Ces plateformes d'échanges sont incontestablement cruciales pour le fonctionnement de ces territoires. Sans oublier, les équipements assurant le désenclavement des territoires ne disposants pas d'infrastructures de grands trafics. Il est alors facilement déductible de se représenter l'importance de ces infrastructures, et d'autant plus en période de crise cyclonique. L'interruption de celles-ci compliquerait inévitablement la gestion d'une telle situation. Une intensification de ces liens avec les continents a été ressentie après Irma pour ces territoires insulaires et isolés de l'isthme.

SAINT-MARTIN

- *The friendly island* -

2.4
millions
de visiteurs
en 2014



- ◆ Institution administrative
- ◆ Sapeur-pompier
- ◆ Centre hospitalier
- ◆ Force de l'ordre
- ◆ Aéroport
- ◆ Port industriel et commercial
- ◆ Port de passagers
- ▲ Sommet
- - - Frontière
- Parcours des navettes maritimes

EVOLUTION DE LA POPULATION A Saint-Martin Fr



1.2.2 Des territoires exposés au risque cyclonique

D'après une compilation des trajectoires cycloniques qu'offre la base de données Atlas GAR2015 (Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2015), proposée par UNISDR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction) de l'ONU, l'aléa cyclonique est une composante de ces territoires caribéens.

Cet ensemble de données comprend une compilation des trajectoires cycloniques qui ont eu lieu entre 1969 et 2009. Il s'appuie sur les sources données IBTrACS⁴ mises à disposition par le NCDC de la NOAA, complétées par des données de différents services de surveillances météorologiques (JMA, JTWC, UNISYS, Météo France, Australian Bureau of Meteorology). Une modélisation SIG de ces données permet de se représenter l'exposition de ces territoires aux ouragans majeurs (supérieurs à la catégorie 3 sur l'échelle de Saffir-Simpson) (*fig. 6*). L'analyse portée à l'échelle des évènements survenus en Atlantique Nord remet en contexte, avec une approche multiscalaire, le risque cyclonique dans cette région du globe. L'objectif principal est de replacer la saison cyclonique de 2017 dans une réflexion scientifique objective.

Irma et Maria ont été plus d'une fois qualifiées par les médias d'ouragans « exceptionnels ». Il est plus juste de les définir comme étant des phénomènes avec une occurrence rare dont leur intensité les classe comme étant les ouragans les plus puissants dans le bassin de l'Atlantique Nord. A l'exception de l'ouragan Andrew en 1992 ayant touché les Bahamas, aucun autre cyclone de catégorie 5 n'avait touché les petites Antilles auparavant. Les ouragans de catégorie 5 ne sont cependant pas inconnus dans cette région du monde (*tab. 1*).

Nom	Année	Région particulièrement touchée
Maria	2017	Dominique, Porto Rico
Irma	2017	Barbuda, Saint-Barthélemy, Saint-Martin
Felix	2007	Nicaragua
Dean	2007	Mexique
Andrew	1992	Bahamas, Floride
Gilbert	1988	Cozumei-Yucatan, Mexique
Edith	1971	Nicaragua
Camille	1969	Mississippi, États-Unis
Donna	1960	Saint-Martin et Saint-Barthélemy

Tableau 1 : ouragans de catégorie 5 ayant impacté les Antilles

⁴ <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/ibtracs/>

Selon Duvat (2008), "*L'île de Saint-Martin est un terrain particulièrement intéressant pour étudier le système du risque naturel et les conditions de la co-évolution territoire/catastrophe*". La fréquence, l'intensité, la variabilité de la trajectoire des cyclones et leur période d'apparition conditionnent l'importance de ces aléas.

A l'échelle locale, les Antilles françaises ont également connu plusieurs cyclones au fil des années. Plusieurs retours d'expériences ont par ailleurs été rédigés à ce sujet (Leone, 2006). En effectuant une rétrospection sur une dizaine d'années des précédents ouragans ayant impacté directement ou indirectement Saint-Martin et Saint-Barthélemy, il est plus facilement compréhensible l'utilisation erronée du terme "exceptionnel" dans la qualification d'Irma.

Vingt-deux ans auparavant l'ouragan Luis avait impacté Saint-Martin avec une intensité de catégorie 4. Il était alors depuis Hugo en 1989, le dernier ouragan de cette catégorie à avoir traversé les Petites Antilles. Jusqu'en 2017, Luis était considéré comme l'ouragan de référence des communautés saint-martinoise, aussi bien dans les esprits que dans la confection des documents opérationnels vouée à une maîtrise de l'urbanisme (PLU, PPRN). En comparaison à Irma, Luis est passé à 50 km des îles du Nord, avec des vents moyens estimés à 200 km/h et des pointes à 260 km/h.

Le dernier cyclone auquel Saint-Martin et Saint-Barthélemy avaient dû faire face était Gonzalo en octobre 2014. Classé en catégorie 1 à son passage sur les îles du Nord, des données en provenance de Saint-Martin faisaient remonter une force des vents estimée à 130 km/h. Des dizaines de bateaux avaient alors été détruits, et les installations couvrant le besoin en eau potable avaient été interrompues en raison de la formation d'herbiers à la hauteur des sites de pompage. En comparaison à Luis et Irma, les dégâts occasionnés par Gonzalo étaient minimes.

Selon Météo France (Chauvin et al, 2017), Irma est entré dans les records. Il est le deuxième ouragan le plus puissant de l'Atlantique Nord après Ivan en 2004, mais également le premier ouragan de catégorie 5 effectuant un atterrissage dans les Antilles (Nicolas *et al.* 2018). De plus, il est venu détrôner l'ouragan Haiyen (2013) détenant le record mondial de durée dans le maintien de vents supérieur à 295 km/h.



◆ localisation de Saint -Martin

Trajectoire cyclonique des ouragans :

- Cat. 3
- Cat. 4
- Cat. 5

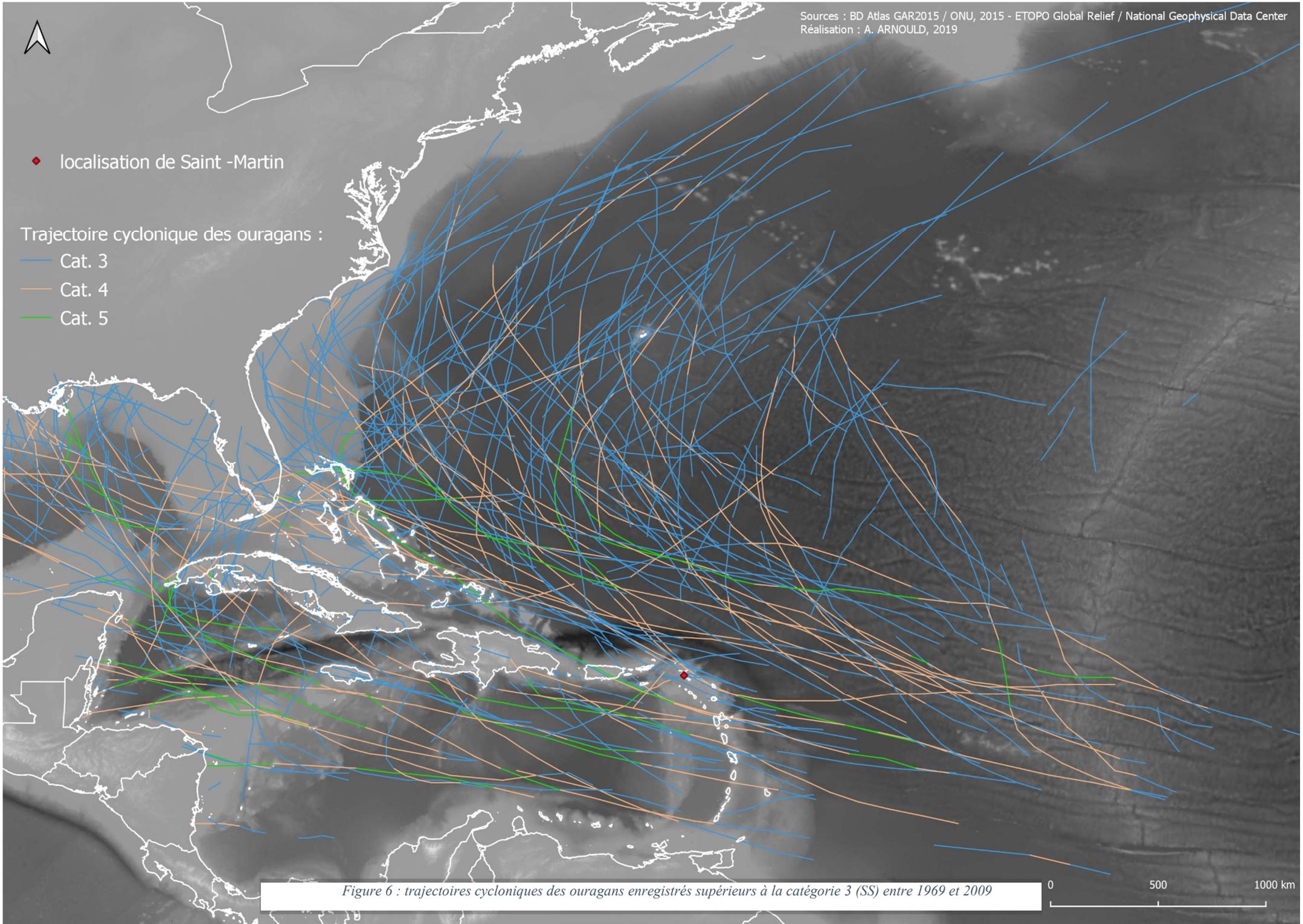


Figure 6 : trajectoires cycloniques des ouragans enregistrés supérieurs à la catégorie 3 (SS) entre 1969 et 2009

0 500 1000 km

1.2.3 Situation administrative de Saint-Martin et Saint-Barthélemy, organisation des principaux services étatiques et des collectivités

Comme évoqué précédemment, la géographie et l'histoire de ces îles ont donné des facteurs de différenciation forts en comparaison au reste de l'outre-mer français. Saint-Martin et Saint-Barthélemy se distinguent grandement par leur passé, leur situation sociale et économique.

Ces îles ont longtemps été gouvernées de façon éloignée par l'Etat. Avant la seconde guerre mondiale, elles étaient davantage considérées comme des territoires relevant de l'archipel de Guadeloupe. Il fallut attendre 1970 la mise en place d'une préfecture et la reconnaissance du statut d'arrondissement des îles du Nord. Cette carence de la présence de l'administration française sur ces sols a catalysé le développement d'une culture d'administration libre, mêlant à la juridiction d'aujourd'hui à des règles coutumières locales et des pratiques étrangères.

Le cadre institutionnel de ces îles est défini par la loi constitutionnelle du 28 mars 2003, portant sur la réforme décentralisée de la République. L'ensemble des collectivités d'Outre-mer sont identifiées dans la constitution de la V^e république. C'est ainsi que les DOM sont devenus des DROM (Département et régions d'Outre-Mer) définis par l'article 73 et les TOM sont devenus les COM (Collectivité d'Outre Mer) par la définition de l'article 74. Cette réforme marque la distinction des régimes juridiques entre la Guadeloupe et les îles du Nord.

Ces deux îles étaient depuis 1947 rattachées administrativement, en tant que communes, au département de Guadeloupe. Il faudra attendre 2007 pour qu'elles soient exemptées de leur statut de communes rattachées au département de Guadeloupe. Saint-Barthélemy et Saint-Martin sont aujourd'hui des collectivités autonomes à statut particulier. Officiellement érigées le 15 juillet 2007, avec la mise en place de leur Conseil Territorial, ces collectivités centralisent désormais un ensemble de pouvoirs décisionnaires et de compétences administratives traditionnellement transférées de l'Etat vers plusieurs entités locales distinctes (communes, départements, régions) ainsi que celles que l'Etat leur a transférées. C'est une adaptation des processus de décentralisation et de déconcentration. Une certaine forme d'autonomie est accordée à ces territoires.

Les îles de Saint-Martin et de Saint-Barthélemy relèvent chacune d'une collectivité territoriale à part entière. A Saint-Martin le transfert de compétences s'est opéré de

manière plus progressive, en raison de la frontière qui sépare l'île avec Sint-Maarten ainsi que d'un contexte social et économique beaucoup plus complexe.

L'organisation territoriale de Saint-Martin est très proche d'une organisation départementale. Un président est ainsi élu à la majorité absolue après chaque renouvellement des membres de la collectivité. A la rédaction de ce document, le poste était tenu par Monsieur Daniel Gibbs, président du conseil territorial de Saint-Martin depuis les élections de 2017. Un Conseil exécutif, chargé d'arrêter les projets à soumettre au conseil territorial, est également constitué à chaque élection. Ce conseil est composé de vices-présidents et de conseillers, principalement compétents en matière d'autorisation de permis de construire et d'autorisation de travail pour les étrangers.

Un certain nombre d'instances sont également prévues, comme la mise en place d'un conseil économique, social et culturel (CESC) et de conseils de quartiers. Le CESC, sert essentiellement à être force de propositions et d'initiatives, en réunissant les syndicats, les associations, ainsi que les sphères associatives. Il est consulté pour les questions qui retournent d'actions économiques, sociales ou culturelles. Les conseils de quartiers sont en revanche consultés pour les projets de l'ordre de l'aménagement et de l'urbanisme.

En ce qui concerne la répartition des compétences de ces institutions spécifiques, les collectivités territoriales de Saint-Martin et Saint-Barthélemy exercent un ensemble de compétences traditionnellement réparties entre les communes, le département et les régions. Leur particularité géographique fait qu'elles se retrouvent compétentes au sujet de la fiscalité, des transports routiers, des ports maritimes, de la voirie, du tourisme, des droits domaniaux, de l'accès au travail pour les étrangers, et en matière de création et de d'organisations des services et des établissements publics. Sous l'approbation de l'Etat et de son contrôle de légalité, les collectivités sont compétentes dans les domaines de l'urbanisme, l'habitation, le logement et l'environnement.

L'Etat conserve néanmoins, au travers de ces institutions et de ces services déconcentrés, ses compétences de droit pénal, de droit commercial et de droit monétaire, bancaire et financier. D'où la présence de la préfecture à Marigot, intervenant pour les collectivités de Saint-Martin et Saint-Barthélemy. Un préfet délégué est désigné à la tête de cette institution.

Au point de vu communautaire, c'est au niveau européen que des différences s'opèrent entre ces modes de gouvernances similaires et partagés :

- Saint-Barthélemy est reconnue comme « Pays et Territoire d'Outre-Mer » (PTOM). Ce régime lui confère des avantages commerciaux, puisque l'île est non soumise par ce statut au droit communautaire européen. En revanche, elle bénéficie tout de même des Fonds Européen de Développement (FED).
- Saint-Martin, autonome au regard de la Guadeloupe, est identifiée en qualité de « région ultrapériphérique » (RUP), permettant ainsi de bénéficier des fonds structurels européens et, à l'inverse des (PTOM), est imposable à l'application du droit communautaire européen.
- Anciennement « Etat autonome de la Fédération des Antilles Néerlandaises », Sint-Maarten de son côté est, depuis 2010, également reconnu PTOM.

Ainsi, malgré une simplification du mille-feuilles administratif que représente l'organisation verticale des pouvoirs de l'Etat Français, le principe d'équité territoriale est discutable au point de vu de la législation européenne. Allant jusqu'à différencier le statut territorial d'un même et unique espace partagé.

1.2.4 Panorama du contexte économique et social des îles de Saint-Martin et Saint-Barthélemy, deux horizons opposés

Saint-Martin :

Durant les années 1980, Saint-Martin a connu un boom démographique. De 8 000 habitants, la population s'accroît jusqu'à plus de 28 000 au début des années 90. Cette croissance est principalement due au développement du tourisme, des métiers du bâtiment et de l'immigration. Rappelons qu'en 2018, Saint-Martin comptait 37 264 habitants selon la banque mondiale. Sint-Maarten a connu des similitudes dans son développement. La partie néerlandaise accueillerait aujourd'hui 42 388 personnes.

Selon un rapport de l'Institut National d'Etudes Démographiques (2015), commandé par la commission européenne, l'évolution démographique de Saint-Martin ne cesserait d'augmenter. Suivant le rythme migratoire, la population pourrait atteindre d'ici 2020 entre 42 000 et 50 000 personnes et plus de 60 000 en 2030 pour le scénario le plus conséquent. Les principales causes de ces dynamiques démographiques sont l'immigration et la jeunesse de la population (*fig. 8*). Près de 37% des habitants de cette collectivité avaient moins de 20 ans en 2009. Ce qui occasionne un taux de natalité de 26,3% en moyenne entre 1990 et 2010. A titre comparatif, sur cette même période en métropole ce taux était de 12,5%.

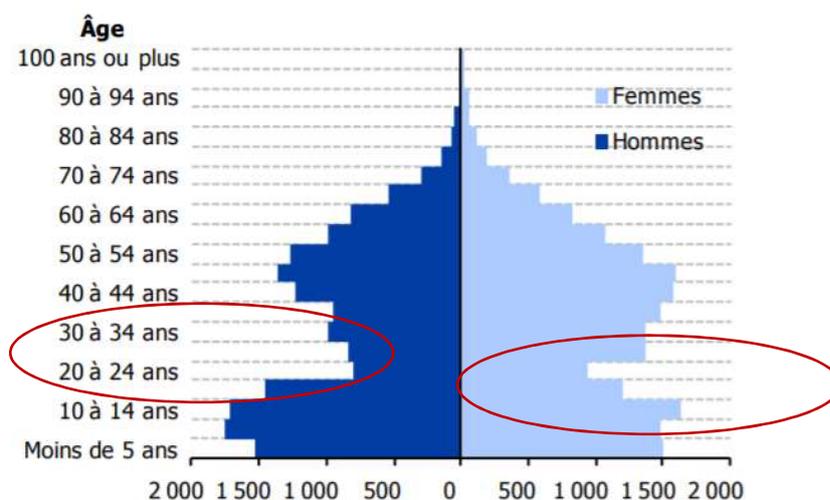


Figure 7 : Pyramide des âges de la population (source : INSEE, 2015)

L'évolution effective de la population confronte déjà les politiques publiques à faire face à un certain nombre de défis en ce qui concerne les questions telles que l'éducation, la santé, le logement, ou encore d'infrastructures. La prise en compte de l'accroissement de la population auquel tend cet espace est un enjeu dans la gestion territoriale de celui-ci.

Le rapport de la chambre territoriale des comptes de Saint-Martin sur l'exercice de 2007 à 2016 de la collectivité territoriale (2017), estime que le nombre d'étrangers à Saint-Martin s'élevait à environ 12 400 personnes, soit un tiers de la population totale. La plupart d'entre eux est originaire des Caraïbes (Haïti, Dominique, République Dominicaine, ...) mais également de l'espace Schengen. Ce qui occasionne des difficultés supplémentaires à ce territoire attractif.

L'éducation est un défi majeur pour la société saint-martinoise. Les élèves de la partie française sont répartis dans 21 établissements scolaires publics, comprenant depuis Irma quatre collèges et deux lycées gérés par l'académie de Guadeloupe. Au cours d'entretiens menés sur le terrain avec les responsables de ces établissements, des particularités du système éducatif ont été évoquées. Il s'agit par exemple des barrières linguistiques des élèves, quand le cercle familial ne reconnaît ou n'utilise pas le français comme première langue, ou encore les césures culturelles qui existent entre les élèves issus de l'immigration. La majorité des élèves, à l'image de la plupart des communautés saint-martinoises, emploient prioritairement l'anglais au quotidien. Il n'est pas rare d'entendre parler dans les cours d'écoles, le créole, l'espagnol, l'haïtien et même des langues éteintes comme le papiamentó⁵. Les contextes familiaux parfois difficiles, la pauvreté, et les difficultés à se loger surtout depuis la saison cyclonique de 2017, favorise l'envenimement des difficultés d'insertion, de chômage, et de délinquances.

Les études géostatistiques mises en avant par l'INHESJ (institut national des hautes études de la sécurité et de la justice) en 2018, renvoient à la vision d'une société confrontée à une délinquance croissante et d'une gravité anormale. Les principaux enseignements de ce document rapportent que la délinquance de Saint-Martin est en perpétuelle évolution. La nature de ces infractions est d'autant plus préoccupante dans la mesure où elle concerne majoritairement l'atteinte volontaire aux personnes et aux biens. Le taux de délinquance observé en Guadeloupe et à Saint-Martin, en

⁵ Le papiamentó est une langue créole disparue, aussi appelée la langue des pirates

comparaison à ceux en métropole ou en outre-mer, est nettement supérieur dans des territoires de densité similaire.

Au troisième trimestre de 2018, 4 710 personnes étaient inscrites à Pôle emploi (DIECCTE, 2018). Une légère diminution du nombre d'inscrits est notable, en comparaison au nombre d'inscrits en 2017. La part de population active comptait 17 600 travailleurs en 2015, soit 75% de population en âge de travailler. Le taux de chômage s'élevait à hauteur de 35% (fig. 8).

L'économie de Saint-Martin dépend essentiellement du secteur tertiaire, et notamment des activités liées au tourisme. Selon les bases de données INSEE (2015) les autres services marchands et non marchands représentent respectivement 22% et 28% de l'emploi. Le tourisme étant un domaine prédominant dans l'économie de Saint-Martin, la restauration et l'hébergement est le troisième secteur d'emploi de cette destination vacancière. L'activité touristique est le moteur de l'économie de cette collectivité (fig. 9). Depuis l'ouragan Irma, le secteur du BTP est néanmoins en hausse. Les importants chantiers de reconstruction des sites cyclonés, entrepris et encore à venir, constituent un levier d'embauche dans ce secteur (fig. 10).

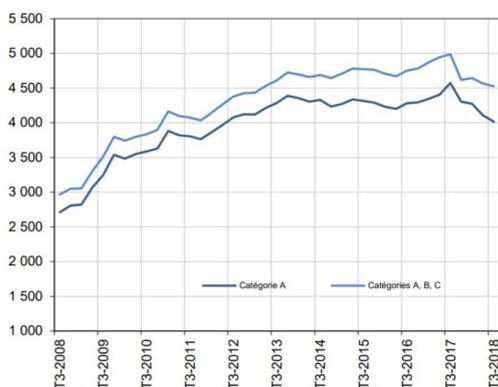


Figure 9 : Evolution de la demande d'emploi à Saint-Martin (source : Pôle-Emploi)

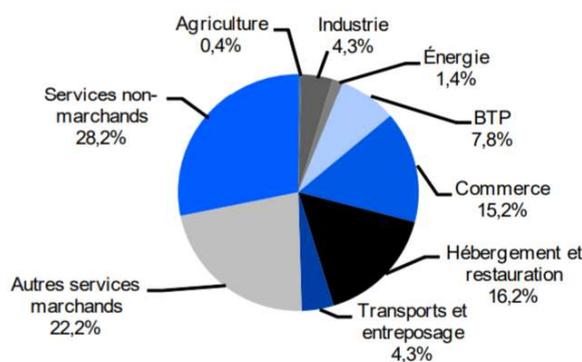


Figure 8 : Répartition de l'emploi à Saint-Martin en 2015 (Source : INSEE)



Figure 10 : Panneau de chantier suite à l'ouragan

Saint Barthélemy :

Bien qu'extrêmement proches, les îles de Saint-Barthélemy et de Saint-Martin présentent deux dynamiques d'évolution différentes, à beaucoup de points de vues.

Pour rappel, la population de Saint-Barthélemy regroupe 9 793 personnes selon la banque mondiale. Ceci représente sur la période de 2010 à 2015 une augmentation annuelle moyenne de 1,5%. La population de cette île, à 45 min en bateau de Saint-Martin, est relativement jeune puisque l'âge moyen est de 38 ans. En termes de structure familiale, la vie de couple est prédominante dans les schémas familiaux de Saint-Barth.

Sans surprise, Saint-Barthélemy présente également une économie tertiaire base sur le secteur touristique, mais haut de gamme. Selon l'INSEE (2015) le niveau d'activité est élevé (plus de 85%) et le niveau de chômage est faible (4,2%). L'essentiel de l'emploi concerne le secteur de la restauration et de l'hébergement, suivi par le BTP également. Le tourisme représentait en 2015, 72% de l'emploi. En conséquence, les premiers secteurs d'activité sources d'embauches sont le secteur marchand (25%) et celui de la restauration/hébergement (21%).

La collectivité de Saint-Barth se démarque de Saint-Martin et de la Guadeloupe par son faible niveau de chômage. Le passage de l'ouragan Irma a par ailleurs très fortement impacté le nombre de demandeurs d'emploi. Cette hausse concerne 155 personnes supplémentaires par rapport aux chiffres de 2016 (424 enregistrées en fin 2016), soit 579 demandes à la fin 2017 selon la DIECCTE.

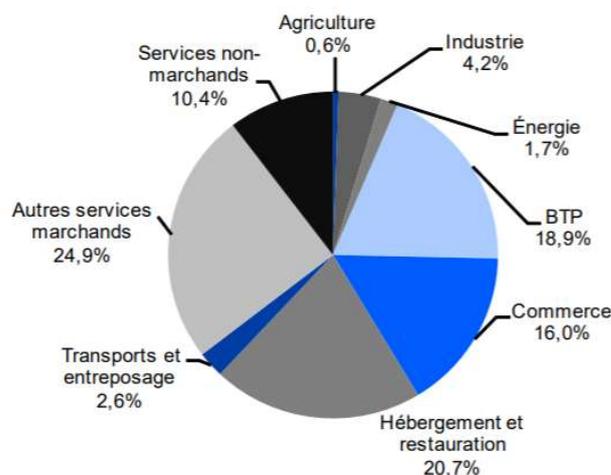


Figure 11 : répartition de l'emploi à Saint-Barthélemy en 2015 (source : INSEE)

1.2.5 Fonctionnement en temps normal du territoire de Saint-Martin et situation pré-crise

- **Organisation des services de l'Etat :**

L'architecture de l'organisation préfectorale de Saint-Barthélemy et de Saint-Martin présente des particularités complexes. L'insularité de ce territoire a obligé les services de l'Etat à abandonner l'instauration d'un schéma classique de fonctionnement des services départementaux et régionaux d'organisation d'Etat.

La révision générale des politiques publiques lancée en 2007, ainsi que la création des collectivités territoriales d'outre-mer de Saint-Martin et Saint-Barthélemy s'est soldée par une modernisation de l'organisation des services de l'Etat. En principe, cette refonte amenée par le décret du 24 juillet 2009, a permis :

- la création d'une préfecture "centrale", implantée à Saint-Martin. Sous l'autorité du préfet, elle regroupe l'ensemble des services de la préfecture de Saint-Barthélemy et de Saint-Martin (affaires maritimes, équipement, aviation, ...).
- la mise à disposition, dans un principe de subsidiarité, des services déconcentrés de l'Etat sous l'autorité du préfet de Guadeloupe (DREAL, DIRECCTE,...). Consistant à travailler à l'échelon local quand cela se justifie en termes d'efficacité ou de spécificités locales. Dans les autres cas, il était nécessaire de faire appel au service de la Guadeloupe. Ceci n'est plus le cas aujourd'hui, puisque depuis l'ouragan Irma, certains services appartenant "normalement" schéma régional de l'organisation territoriale d'Etat ont basculé à l'échelon local. C'est pourquoi les services de l'Etat ont saisi l'opportunité de se réorganiser une nouvelle fois en de nouvelles unités territoriales comme la DEAL, la DIECT, un SIDPC, ...).

L'architecture traditionnelle de l'organisation des services de l'Etat voudrait que les collectivités de Saint-Barthélemy et de Saint-Martin soient organiquement rattachées au niveau départemental et régional que représente la Guadeloupe. Or depuis 2009, pour des raisons judicieuses de proximité, la préfecture de Saint-Barthélemy et de Saint-Martin est une administration territoriale de l'État, détachée institutionnellement de la Préfecture de Guadeloupe. Elle se trouve sous l'autorité de Philippe GUSTIN, représentant de l'État pour ces deux îles et assisté de Sylvie FEUCHER, Préfet délégué.

- **Organisation des services de l'Etat et des collectivités territoriales en matière de sécurité civile :**

La sécurité civile a pour objet : la prévention des risques de toutes natures, l'information et l'alerte des populations et enfin, la protection des biens des personnes et de l'environnement contre les accidents, les sinistres et les catastrophes par la préparation et la mise en œuvre de mesures et de moyens appropriés relevant de l'Etat, des collectivités territoriales et des autres personnes publiques ou privés (définition officielle de la sécurité civile de la loi 22 juillet 1987) .

Les acteurs chargés de la mise en œuvre de cette politique publique sont précisés au sein même de sa définition.

Appliquée au territoire de Saint-Martin, la collectivité territoriale représente le premier échelon de la réponse de sécurité civile. Elle a la possibilité d'activer son **centre opérationnel**. Celui-ci a par ailleurs été mis en place durant la crise Irma. Il a été dirigé par le Président de la collectivité, M Gibbs, appuyé par la déléguée aux risques majeurs, Mme Terrac.

Le second maillon de cette chaîne, est le représentant de l'Etat dans ces îles, à savoir le Préfet délégué de Saint-Barthélemy et Saint-Martin. Il est en mesure de prendre la direction des opérations de Secours (DOS). Néanmoins, le président de la collectivité assume toujours la responsabilité de la mise en place des moyens de sauvegarde vis-à-vis des habitants. C'est pourquoi, la collectivité était durant le cyclone responsable des maraudes d'informations, des évacuations en bus et de l'ouverture des abris cycloniques. Dans le cadre de ses pouvoirs de police, le préfet est en capacité de mobiliser l'ensemble des moyens publics et privés, en s'appuyant sur le dispositif ORSEC (Organisation de la réponse de sécurité civile).

Vient ensuite le Préfet de Guadeloupe. La structuration du COD (Centre Opérationnel Départemental), à ce qui s'apparentait à l'échelon départemental auparavant, est un miroir de l'organisation mise en place à Saint-Martin. Les centres opérationnels sont en visio-conférence en permanence durant leur activation.

Le Centre Opérationnel de Zone (COZ) est l'Etat-Major Interministériel de la Zone Antilles (EMIZA) situé en Martinique. Cette strate est sous la responsabilité de M. Robine, Préfet de la zone Antilles Guyane. Si les conséquences d'une catastrophe viennent à dépasser les limites ou les capacités d'un département, ce centre

opérationnel conduit principalement la coordination et l'acheminement des moyens de renforts. Il est soutenu en cas de besoin au niveau national par le Centre Opérationnel de Gestion Interministériel de Crise (COGIC).

Enfin dans le cas d'une crise majeure de portée nationale comme Irma, le premier ministre dispose de la possibilité d'activer la Cellule Interministériel de Crise (CIC). Ce qui s'est produit le 4 septembre 2017.

- **Organisation des principaux acteurs de sécurité civile et des services de santé :**

Quel que soit le type de situation, sur le territoire national, le préfet rassemble le même noyau dur d'acteurs : services d'incendie et de secours, services sanitaires et sociaux, services de police et de gendarmerie, service de l'équipement, délégué militaire et associations agréées de sécurité civiles. Ces acteurs possèdent chacun leur organisation.

En ce qui concerne la sécurité civile, et selon l'article 2 de la loi portant sur l'organisation générale de la défense, *"les missions sont principalement assurées par les sapeurs-pompiers professionnels et volontaires des services d'incendie et de secours ainsi que par les personnels des services de l'Etat et les militaires des unités qui en sont investis à titre permanents. Concourent également à l'accomplissement des missions de sécurité civile, les militaires des armées et de la gendarmerie nationale, les personnels de la police nationale et les agents de l'Etat, des collectivités territoriales, et des établissements et organismes publics ou privées, appelés à exercer des missions se rapportant à la protection des populations ou au maintien de la continuité de la vie nationale, les membres des associations ayant la sécurité civile dans leur objet social ainsi que les réservistes de la sécurité civile"*.

Pour ce qui est du SDIS de Guadeloupe, il couvre son département mais également les collectivités d'outre-mer de Saint-Martin (situé à 260 km de la Guadeloupe) et Saint-Barthélemy (situé à 230 km) par convention avec celles-ci. Saint-Martin comprend un seul centre d'incendie et de secours, en excluant les stations d'incendie de Sint-Maarten.

En 2009, des conventions de gestion des missions d'incendie et de secours ont eu pour objet le transfert des compétences du SDIS 971 aux collectivités des îles du Nord. Ces conventions fixent entre autres les ordres de transfert des moyens en matériels et

en personnels. Dans l'attente de la création d'un service territorial d'incendie et de secours, le SDIS de la Guadeloupe détache jusqu'à plusieurs fois par semaines des officiers nécessaires à l'organisation de la distribution des secours.

Il existe également des arrangements administratifs avec le gouvernement de Sint-Maarten au vue d'interventions réciproques entre les deux hémisphères de l'île. Des exercices communs et des manœuvres périodiques sont également prévues entre les corps de sapeurs-pompiers de l'île.

En collaboration régulière avec les sapeurs-pompiers de l'île, l'Agence Régionale de la Santé (ARS), représente une entité étatique importante dans la gestion des services de santé de Saint-Martin, qui regroupe le centre hospitalier, l'EHPAD, les médecins libéraux et les associations de transporteurs. Cette délégation, de l'ARS de Guadeloupe représente une présence territoriale au sein de la collectivité de Saint-Martin. Elle est missionnée de toutes veilles sanitaires et de gestion des alertes, crises sanitaires, médico-social. Durant l'ouragan elle était par exemple en charge de la lutte contre les sites larvaires ainsi que de la dératisation des sites, nécessaire en raison de des eaux stagnantes et des gravats.

- **Organisation du maintien de l'ordre :**

Avant même le passage de l'ouragan Irma, le chapitre de ce rapport consacré à la situation économique et sociale de Saint-Martin, nous décrit un territoire fragilisé. Les quartiers pauvres comme Sandy Ground ou Quartier d'Orléans partagent les 53 km² de l'île avec des zones résidentielles aisées, attirant un tourisme étranger important. De plus l'île est marquée par une importante circulation d'armes et une criminalité des plus élevées en France.

Sur le plan de la sécurité publique, celle-ci est assurée à l'année par une compagnie de gendarmerie territoriale rattachée au Commandant de gendarmerie de Guadeloupe. L'effectif à l'année est de 112 agents repartis, avant l'ouragan, sur trois brigades : La Savanne (où se trouve l'état-major de commandement), Concordia et Quartier d'Orléans (détruite durant Irma). Ils sont renforcés à l'année par période de trois mois par 85 militaires provenant d'un escadron de gendarmerie mobile et d'un peloton d'intervention de la garde républicaine.

Au point de vue de la régulation et du contrôle aux frontières, la cour des comptes estimait dans un rapport annuel de 2011, une fourchette de 5 000 à 8 000 étrangers en

situation irrégulière à Saint-Martin. L'efficacité des actions de la Police Aux Frontières (PAF) est diluée par le nombre d'étranger débarquant de l'aéroport international de Sint-Maarten et l'absence de frontière physique entre les deux administrations de l'île.

La PAF de Saint-Martin se compose de trois antennes, dont un Local de Rétention Administrative (LRA). En 2017, 402 mesures d'éloignement du territoire ont été prises par les services judiciaires. La PAF est appuyée par la présence des douanes sur place dans ses missions.

Du côté de l'organisation de la justice dans les îles du Nord, elles disposent d'un tribunal d'instance situé à Saint-Martin. Un seul juge d'instance est en charge de présider les affaires de droit civiles. Il relève du ressort du Tribunal de Grande Instance (TGI) de Guadeloupe. Certaines compétences de cette grande instance ont néanmoins été déléguées à Saint-Martin pour des raisons de proximité. En matière de droit pénal, un juge se déplace de Basse-Terre à Saint-Martin une fois par semaine pour ouvrir une audience correctionnelle dans le tribunal d'instance. Ne disposant pas de maison d'arrêt les affaires plus importantes sont jugées à Basse-Terre. Les personnes incarcérées doivent alors être déferé par avion jusqu'à Pointe à Pitre. Cette organisation complique les escortes de gendarmes ou de policiers, indisponibles durant deux jours. D'autant plus que ces transferts sont réguliers puisque près d'un tiers des rétentions de la maison d'arrêt de Basse-Terre sont des saint-martinois. Selon les informations recueillies auprès des forces de l'ordre sur place, près de la moitié des affaires pénales et civiles rendues par le tribunal de Basse-Terre concernent des habitants de Saint-Martin, et dans une moindre mesure des Barthéloméens.

- **L'approvisionnement de l'île de Saint Martin en ressources énergétiques, premières et humaines**

Comme beaucoup de territoires insulaires, la majorité des ressources énergétiques de Saint-Martin est issue de l'importation via d'importants réseaux. C'est le cas de l'électricité. Elle est transformée par la centrale électrique de l'île, mais originaire de deux câbles sous-marins provenant de la Guadeloupe et de Porto Rico. C'est en 2004 que le département de Guadeloupe a signé avec la société portoricaine "Global Caribbean Network" un contrat de délégation de service public, pour l'établissement d'un câble sous-marin reliant Saint-Barthélemy, Saint-Martin et la Guadeloupe, à Porto Rico. Ce câble apporte aujourd'hui 70% de la production électrique de l'île. Quant aux 30% restant, ils sont acheminés grâce à l'ancien réseau qui a été

maintenu en service. Il est originaire de la Guadeloupe et a été endommagé durant l'ouragan Irma.

En terme de communication et d'accès à la data, c'est également un câble sous-marin qui permet à Saint-Martin de disposer d'un accès à internet en haut débit. L'installation de la fibre a été assurée par la société "East Caribbean Fiber System". Ce câble provient de Trinidad à Cuba et regroupe de grands opérateurs comme Orange, qui dispose d'un monopole sur l'accès au câble sur le territoire français. Que cela concerne le câblage sous-marin de l'électricité ou la fibre, la localisation du chemin entrepris par ces réseaux est très bien gardée par ces exploitants.

En ce qui concerne l'eau potable, la société Veolia est en charge de la production et de l'approvisionnement en eau des sociétés saint-martinoises et de Saint-Barthélemy. Il n'y a aucune ressource naturelle en eaux douces sur ces îles. La totalité de la production est assurée par la société SAUR en charge de deux unités de dessalement de l'eau de mer, réparties entre les deux collectivités. Ces installations ont été bâties par la société Veolia et produisent : 5000 m³ par jour pour ce qui est de la centrale de Saint-Martin, et 2000 m³ à Saint-Barthélemy. Ces deux infrastructures critiques sont néanmoins situées sur le littoral au niveau de la mer et ont particulièrement été touchées pendant l'ouragan Irma.

Le second fluide impératif pour le fonctionnement de l'île, et particulièrement en période de crise, est le carburant. Le fuel est la principale énergie fossile utilisée dans l'alimentation de la centrale électrique de Saint-Martin. De plus, l'essence contribue aux déplacements quotidiens des habitants avec l'approvisionnement des 11 stations essence de la partie française. Cet or noir est très demandé en période cyclonique par les installations et les habitants disposant d'un groupe électrogène. Le port de Galisbay réceptionne les pétroliers provenant de l'unique raffinerie des Antilles et de la Guyane, la SARA (Société Anonyme de la raffinerie des Antilles) basée en Martinique. Il est à noter que le port de Galisbay est l'unique point d'entrée des marchandises pétrolières pour la partie française. Une fois à Saint-Martin, il est stocké dans deux cuves de grande capacité au port. Elles sont situées à l'extrémité de la jetée portuaire, en bord de mer.

Le trafic maritime du port de Galisbay se divise entre l'acheminement de marchandises et le transport de passagers. Accomplissant une mission de service public industriel et commercial (SPIC), l'établissement portuaire de Saint-Martin est directement rattaché à la collectivité en tant qu'établissement classé EPIC (Etablissement Public Industriel et Commercial). Il effectue une diversité d'activités mais

de manière très limitée. Ce port n'effectue pas de liaison directe avec l'Amérique ou l'Europe. Il dispose d'une capacité de réception et de déchargement des navires, l'obligeant à être assisté par le port Pointe Blanche du côté hollandais pour subvenir aux besoins de la partie française. Le port de Saint-Martin dispose d'une surface de stockage de 38 000 m², de 220m de quai, réceptionnant des bateaux avec un tirant d'eau inférieur à 5,50m, ce qui correspond à des navires de 120 à 130 mètres de long. Il ne dispose pas de grues portuaires, ce qui défavorise la rapidité de déchargement des navires. C'est pourquoi la majorité des importateurs font acheminer leurs marchandises du côté néerlandais, où le quai et la zone de fret sont mieux équipés, avec notamment la capacité d'accueillir des navires jusqu'à 12 mètres de tirant d'eau. Selon le personnel du port, près de 75% des marchandises sont captées par le côté néerlandais, qui détient entre autre des liaisons avec l'international et la métropole. Le port de Galisbay réceptionne toutefois 300 000 tonnes de marchandises par an, qui sont en majorité des produits pétroliers (36% des échanges) et des matériaux pour le secteur du BTP (25%).

En termes de passagers, la gare maritime de Marigot dépend de la direction portuaire de Galisbay. C'est en moyenne 150 000 personnes à l'année qui transitent par cette gare maritime. Le trafic inter-îles représente la quasi-totalité des déplacements. Elle relie Anguilla et Saint-Barthélemy. Les croisières en 2015, représentaient 3% du trafic selon la chambre territoriale des comptes de Saint-Martin (2017). La partie néerlandaise réceptionne en règle générale les croisiéristes.

L'île de Saint-Martin dispose de deux aéroports : un aéroport à Grand-Case, situé du côté français (SGF), et un aéroport international en partie néerlandais, l'aéroport de Princess Juliana (SXM), dont la piste permet de faire atterrir des avions porteurs.

L'aéroport de la partie française est depuis 2008 reconnu comme étant un aérodrome français ouvert au trafic aérien international. C'est un contrat de délégation de service public (DSP) qui lie le président de la SESMA (Société d'Exploitation de Saint-Martin Aéroport, filiale d'EDEIS) à la collectivité territoriale de Saint-Martin. Il a été agrandi une première fois en 2004, mais l'ancienne préfète de Saint-Barthélemy et Saint-Martin, Anne Laubies, a néanmoins rappelé à l'occasion d'un rassemblement d'inauguration de fin de travaux de réhabilitation de l'aéroport en 2016, l'importance pour l'évolution économique et touristique du territoire de procéder à des travaux d'extension de la piste. Une nouvelle piste est prévue pour 2020-2021, selon un article d'un journal local, le Soualiga Post (2017). Cet aéroport traite aujourd'hui en moyenne 100 000 passagers par an, contre 520 000 par an pour l'aéroport de Princess Juliana.

1.2.6 Le passage du phénomène Irma

"Irma : les Antilles ravagées par un ouragan sans précédent"⁶, le titre de cette publication, remis dans un contexte spatial et temporel, ne possède aucune ambiguïté. Il est une vérité dans la mémoire des habitants des îles du Nord. Alors qu'ils pensaient avoir vécu le pire ouragan qu'il soit dans leur vie, en se relevant de l'ouragan Luis en 1995, Irma est venu ébranler cette affirmation de plus de 20 ans.

Irma a violemment frappé les îles du Nord dans la nuit du 5 au 6 septembre 2017, en catégorie 5. Ce qui correspond à l'intensité la plus élevée sur l'échelle de Saffir-Simpson. Selon le rapport de Météo France publié le 12 septembre (2017), l'atterrissage de l'œil de l'ouragan s'est effectué peu avant 5h du matin, heure locale, sur l'île de Saint-Barthélemy, avant de quitter Saint-Martin aux alentours de 8h matin (*fig. 12*).

Les paramètres météorologiques enregistrés par la station de Saint-Barthélemy font remonter une pression atmosphérique minimale au niveau de la mer de 915,9 hpa. Avant que la station météo ne soit interrompue vers 4h du matin, les derniers graphes ont enregistré des rafales de vents de 244 km/h avant l'arrivée du mur de l'œil. Les vents étaient vraisemblablement proches de 300 km/h à proximité de celui-ci. Par l'intermédiaire de simulations numériques et de l'acquisition de données par les bouées côtières aux abords des îles voisines, des hauteurs de vagues allant de 4 à 9 mètres ont été estimées à Saint-Martin et Saint-Barthélemy.

L'utilisation du logiciel AROME a donné la possibilité de la même façon de représenter les phénomènes physiques liées aux marées de tempête. Développé par des prévisionnistes et des chercheurs, les simulations créées à l'aide de ce modèle à mailles ont permis de représenter les marées de tempête intervenues lors du passage de l'ouragan. Ces élévations brutales du niveau de la mer ont atteint jusqu'à trois mètres de surcote dans les baies de Marigot et de Grand-Case. A Gustavia plus de 1,2 m de surcote marine a été observé.

Ces valeurs sont cohérentes avec les données du CEREMA obtenues sur le terrain. Les relevés effectués par cet organisme d'expertise publique, concerne en partie l'identification ponctuelle des Plus Hautes Eaux de Mer (PHE) et des relevés linéaires des laisses de mer. Grâce à ces données les experts du CEREMA ont pu réaliser la mise en forme d'une base de données, spatialisant les hauteurs de submersions marines

⁶ Une du journal "Le Figaro" publié le 7 septembre 2017

(fig. 13). Ces informations sont amenées à faire mûrir une réflexion sur la stratégie de la reconstruction des îles du Nord et la maîtrise de l'urbanisme au travers de documents tel que le PPRN (Plan de Prévention des Risques Naturels).

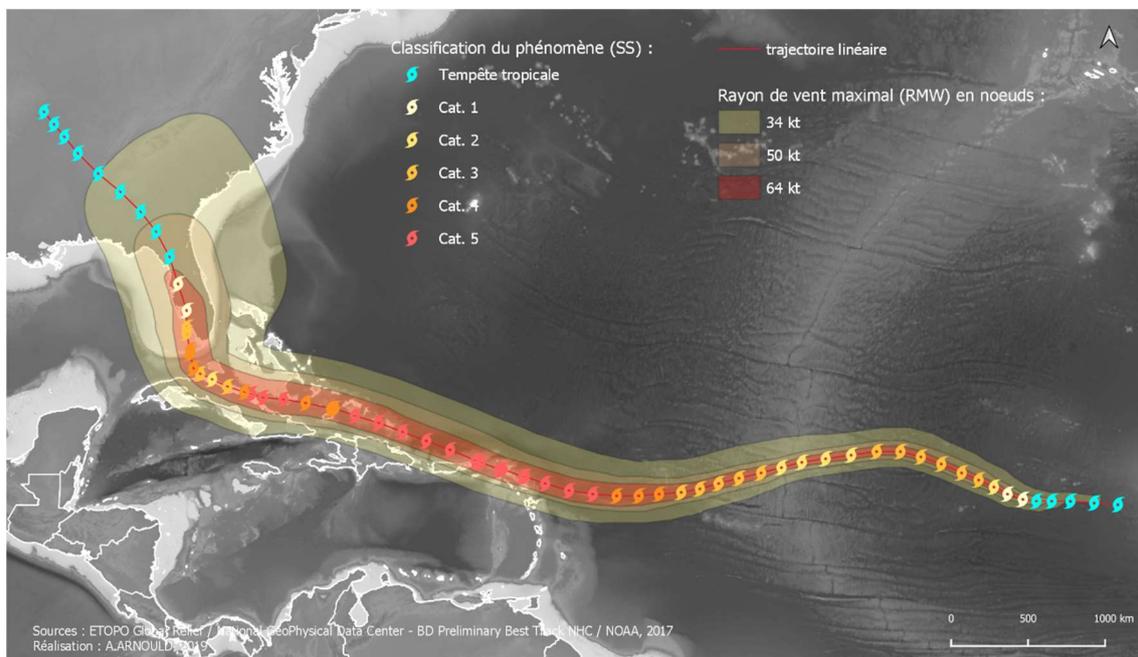


Figure 12 : évolution de l'ouragan Irma entre le 30 août et le 12 septembre 2017

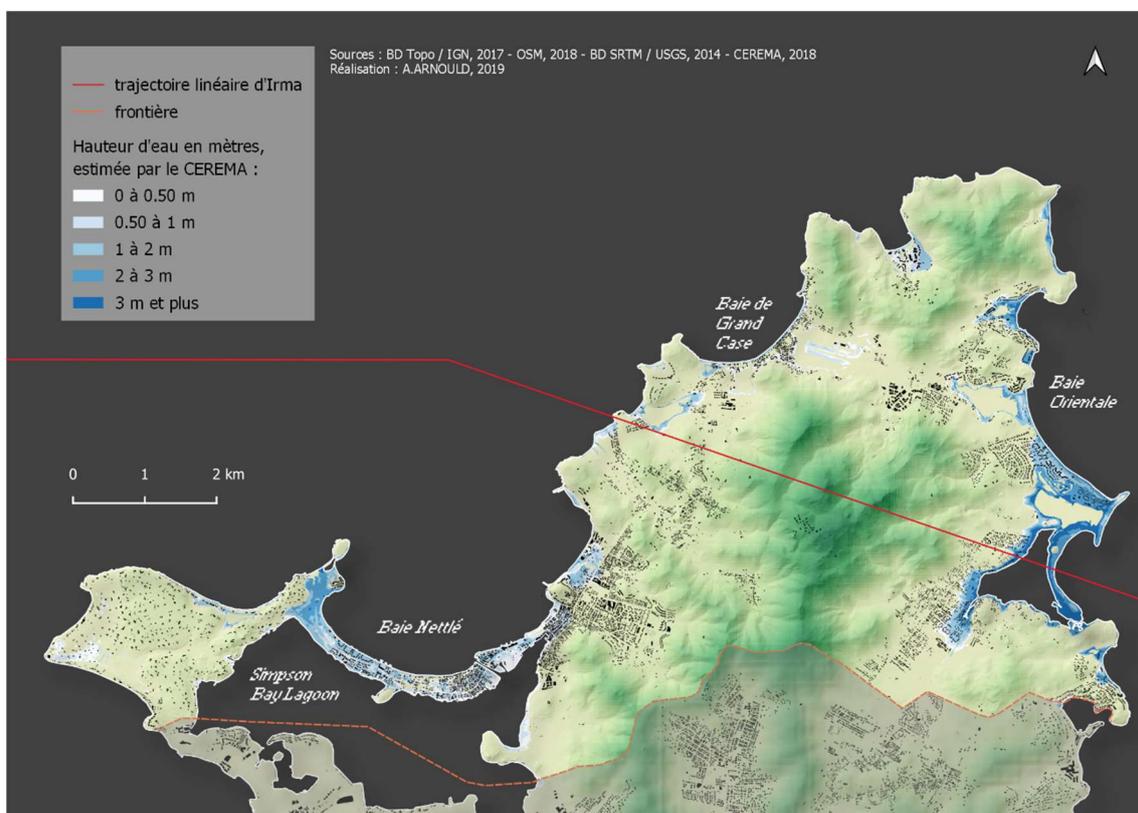


Figure 13 : mise en forme cartographique des données de hauteurs d'eau relevées par le CEREMA

Irma, des premières temporalités de la crise aux réactions immédiates

La cyclogenèse tropicale comprend la formation d'un centre dépressionnaire, qui au fur et à mesure de son avancé crée l'œil de l'ouragan. Cette zone est dépourvue de nuages de moyenne et haute altitude. Il est situé au centre de la circulation cyclonique (Roux, 1997) (fig. 10). Il représente au milieu du chaos une zone parfaitement calme.

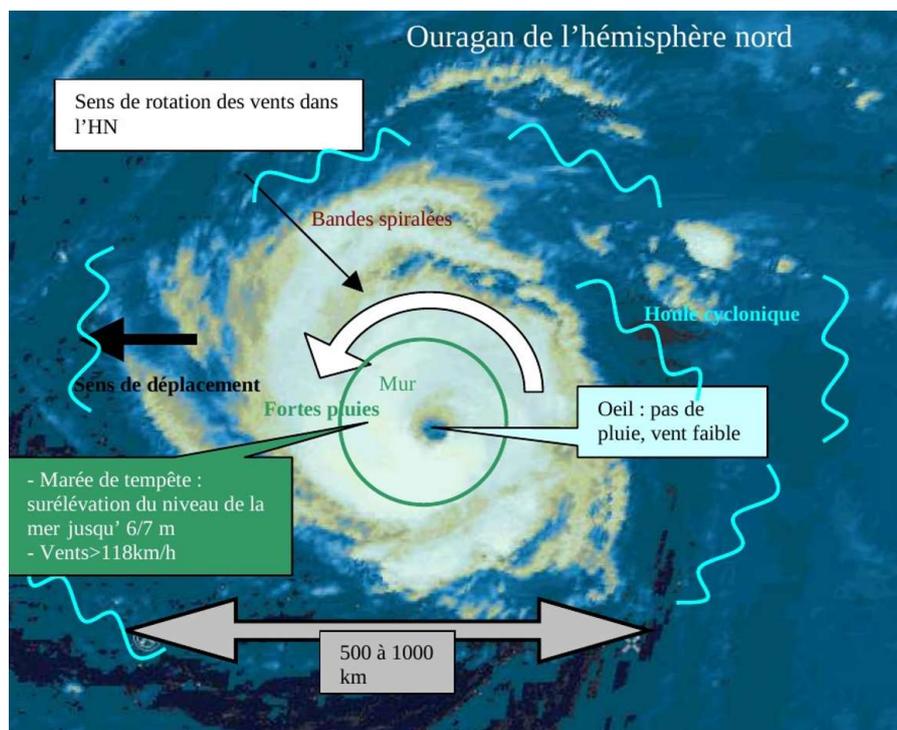


Figure 14 : Structure d'un cyclone (source Météo France)

C'est à une heure du matin que les premiers effets de l'ouragan Irma se sont faits ressentir à Saint-Martin. Il aura ensuite fallu attendre quelques heures, lors du passage de l'œil, pour bénéficier, suivant les récits des personnes interrogées, d'une fenêtre temporelle variant de 30 à 45 min de répit.

Ce laps de temps a été bénéfique pour beaucoup de personnes en difficultés. Il a bien souvent permis aux sinistrés de se déplacer dans des abris plus sûrs, quand une pièce ou la structure bâtementaire dans laquelle ils étaient réfugiés ne pouvait plus assurer son rôle. Selon les retours des centres de réception des appels de gendarmerie ou des pompiers de Saint-Martin, en amont et au moment du passage de l'œil, des appels de secours étaient encore réceptionnés. Ne pouvant se rendre sur les lieux, le mot d'ordre des services de secours était le confinement. Il nous a également été confié que les habitants étaient attentifs à leur poste radio qui communiquait le numéro

d'urgence du poste de commandement ORSEC situé au COD. Celui-ci, pour des raisons techniques, ne pouvait cependant plus être veillé.

La Préfecture, elle-même, n'était plus en capacité de répondre à ses missions. Elle a durant le passage de l'œil émis une demande d'intervention auprès de la sécurité civile afin d'organiser l'évacuation des locaux où se trouvait le COD (Centre Opérationnel Départementale). Ce chef-lieu avait été littéralement soufflé plus tôt, rendant impossible le maintien des activités de la chaîne de commandement et mettant en danger les acteurs primordiaux de la gestion de crise.

Fort heureusement, avant l'arrivée du cyclone, la pièce réservée à la mise en place du centre opérationnel départemental a judicieusement été inutilisée, faute de confiance envers les éléments de construction la structurant. La décision de déplacer le COD en mode dégradé, de la salle supérieure au rez-de-chaussée de la préfecture, avait été prise. Pour autant, cette même pièce qui avait résisté à l'ouragan Luis a contraint une vingtaine de personnes, quelques minutes après le début du passage du cyclone à se réfugier en plein cœur de la tempête dans un local administratif d'une quinzaine de mètres carré.

La conduite et de la coordination des opérations de secours ou de sécurité publique étaient devenus impossibles. Malheureusement, les dégâts subis par le centre d'intervention et de secours (CIS) et l'obstruction du réseau routier n'ont pas permis d'assurer la jonction avec le COD et d'assurer la mise en sûreté des membres de ses membres, condamner à attendre la fin du passage de l'ouragan.

C'est pendant cette période d'accalmie que les habitants ont rapidement découvert avec un sentiment d'effroi les premiers dégâts de l'ouragan. Beaucoup de toits se sont déjà envolés et la majorité des ouvrants brisés. Les réseaux téléphoniques et électriques sont presque entièrement détruits et les routes sont inaccessibles dû aux amas de gravats qui les jonchent. Il est alors entre cinq heures et six heures du matin le mercredi 6 septembre quand de nouvelles bourrasques viennent brutalement confronter les sinistrés à la seconde phase de cette tempête. Beaucoup de témoignage rapportent les effets missiles provoqués par l'envolé d'éléments de construction (taules, pierres, tuiles, ...), de mobiliers et de débris.

Au matin du 6 septembre vers 8h30 l'ouragan quitte progressivement Saint-Martin. Le phénomène cyclonique mettra cinq à six heures de temps pour traverser l'île. Ce qui est relativement peu en comparaison à Luis qui avait malmené ce territoire durant plus d'une nuit. Ce matin-là, l'heure est à la constatation de l'ampleur des dégâts. Les habitants n'ont plus aucun moyen de communication. L'île est dévastée, elle va jusqu'à être comparée à une scène de bombardement.

Les populations hagardes face à cet horizon de dégâts commencent à réagir et à s'organiser. L'entraide entre voisins et amis se met très rapidement en place, malgré l'absence dans un premier temps des services de sécurité et de secours. Les habitants sont livrés à eux-mêmes et recherchent des solutions face à la nécessité de pouvoir se reloger dans des conditions d'urgence, se vêtir et manger. C'est à partir de cet instant que s'est développé un malaise psychique autour de la peur et l'imminence de ne pas disposer de suffisamment de stock de nourriture pour survivre. Cet affolement en est venu à créer une frénésie des actions de pillages.

Dans les heures qui ont suivies la catastrophe les activités commerçantes ont été éventrées. L'objet de ces vols concernait autant les magasins de denrées alimentaires, ce qui pourrait être "pardonné" par l'état de nécessité, que le dépouillement mal intentionné de boutiques de multimédias, de pharmacies, de magasins de vêtements ou encore de bricolage. Dans cette situation post-traumatique, le caractère social de la catastrophe a révélé le comportement vénal de certaines personnes se laissant facilement séduire par l'opportunité de s'enrichir de cette situation. La concentration de ces pillages se trouvait essentiellement dans le centre-ville de Marigot, ainsi que dans les zones commerciales de Bellevue et de Ope Estate (cf annexe 01).

Cette ardeur autour des pillages a surfé sur l'aubaine de la désorganisation des forces de l'ordre, eux-mêmes impactés. La Gendarmerie de Quartier d'Orléans a par exemple été complètement détruite. Les gendarmes en poste dans cette brigade ont survécu à l'ouragan en s'enfermant dans les geôles. La destruction des véhicules, des locaux et le manque d'effectif, font, que les missions premières ordonnées aux gendarmes sont la revivification de leurs structures ainsi que des missions de reconnaissance. Cette dernière, est particulièrement appuyée par la présence d'un détachement de 32 militaires logés à Marigot, dont les voies d'accès ne sont pas encore dégagées. Les pompiers de Saint-Martin, appuyés par les 40 FORMISC (Régiment d'Instruction et d'Intervention de la Sécurité Civile) sont immédiatement chargés après l'ouragan de dégager l'axe routier reliant le quartier de la Savanes et la préfecture.

Au moment de faire le bilan de la catastrophe dans la matinée du 6 septembre, la plupart des infrastructures critiques sont atteintes (écoles, établissements publics, hôpital, aéroport, ...) et la mer est encore trop agitée pour recevoir des bateaux, ce qui complique l'arrivée de renforts extérieurs. Les dommages sont d'autant plus considérables que l'île est isolée.

Il n'y a plus d'eau potable sur le territoire. L'usine de dessalement a été gravement endommagée par l'ouragan. Le vent a complètement soufflé des éléments de la structure, qui se sont effondrés sur des points vitaux du système de production (*fig. 15*). La pénétration d'eau salée dans les circuits électriques a également ralenti sa remise en route (l'usine sera inopérante pendant trois semaines). A cela, il faut ajouter les contraintes géodynamiques auxquels le réseau a fait face. Les mouvements du sol ont été jusqu'à rompre des canalisations vieillissantes. Un peu moins de 40 000 personnes sur la partie française de l'île ont été privé d'eau potable.

La centrale électrique, qui se trouve accolée à l'usine de dessalement (*fig. 16*) n'a quant à elle subi que des dégâts modérés. La pénétration d'eau de mer dans l'enceinte de cette installation a endommagé des circuits électriques, et la force des vents a dégarni l'enveloppe d'une des cheminées, mais les dégâts n'ont néanmoins pas empêché la remise en route de la centrale dans la journée. Seule une des trois tranches de production a été temporairement interrompue. Pour ce qui est du réseau de transport et de distribution, ils ont été bien plus endommagés. Certains pylônes du réseau de 63 000 Volts ont été tordus par la force des vents. Il sera nécessaire de faire intervenir des hélicoptères ENEDIS pour rétablir ce réseau. Vis-à-vis des lignes de 220/240 volts, la plupart d'entre elles étaient aériennes et n'ont pas résisté. Uniquement le secteur spring de Marigot, qui couvre l'hôpital est resté alimenté, grâce à son réseau enterré. Le reste de la partie française ne bénéficiait plus d'électricité.

Sur le plan des communications, plus aucune antenne n'était fonctionnelle. Les pylônes sur lesquels reposaient les antennes ont été arrachés ou pliés. Les opérateurs ne garantissaient plus aucune communication vers l'extérieur. De plus, l'utilisation des téléphones satellites était impossible, dû à la couverture nuageuse qui empêchait toute tentative d'émissions. Selon les archives de l'ARCEP (2018), l'ouragan a causé des dégâts extrêmes sur le réseau filaire. L'attribution de fréquences permettant d'utiliser des technologies LTE (Long Term Evolution) n'a été accordée qu'en décembre 2017 pour compenser l'attente de la mise en place d'un nouveau réseau en haut débit.

Le centre hospitalier de Saint-Martin a également souffert (*fig. 17*). Son bardage en taule s'est envolé et la pénétration d'eaux dans le bâtiment a endommagé, voir interrompu, certains services de l'hôpital. Le bloc opératoire n'était par exemple plus fonctionnel à cause de l'infiltration d'eaux souillées dans la pièce de stérilisation. Durant et après l'ouragan le service des urgences s'est retrouvé désemparé face à la situation. Le personnel médical a été dans l'obligation de s'adapter en instaurant une procédure d'accueil au pied levé, différente des procédures rédigées. Un poste de commandement interne a été établi dans une pièce en mode dégradé et les personnes ont été mises à l'abri dans les couloirs de l'hôpital, à proximité de la pharmacie au rez-de-chaussée. Le bâtiment du service de psychiatrie, se trouvant dans l'enceinte de l'hôpital, a été totalement isolé durant le passage de l'ouragan. Aucune communication ou assistance n'était devenue possible avec ce service.

L'Etablissement d'hébergement pour personnes âgées dépendantes (EHPAD), se situe au centre de Marigot. Le personnel médical a, durant l'ouragan, rassemblé les occupants de l'établissement au rez-de-chaussée. Après le passage de celui-ci, des dégâts importants en toiture étaient déplorables et les chambres du dernier étage inutilisables. Plusieurs évacuations sanitaires se sont organisées à la suite d'Irma, car l'établissement ne disposait plus de sa capacité d'accueillir une quarantaine de résidents. A la rédaction de ce document les travaux de réhabilitation des chambres et de la toiture commençaient seulement.

A propos du centre d'intervention et de secours (**CIS**) de Saint-Martin, les sapeurs-pompiers ont également subi d'importants dégâts (*fig. 18*). Le bardage et la toiture en taules de la caserne ont été endommagés et la majorité des fenêtres ont été brisées. Les locaux administratifs ont également été grandement impactés. Mais au-delà de ces dommages, que l'on retrouve sur beaucoup d'installations, la tour de manœuvres du CIS s'est effondrée, et les portes métalliques des remises ont dû être découpées à la disqueuse afin de dégager les véhicules qui ont pu être mis à l'abri. Etant sous dimensionnée pour le nombre de véhicules dont elle dispose, des engins ont dû être laissés à l'extérieur, directement exposés aux vents et projectiles. C'est le cas des embarcations nautiques qui ont été retrouvées sur le flan. Après la centrale d'eau potable et la préfecture, la caserne des pompiers est certainement l'une des infrastructures critiques ayant subis le plus de dommages.

La **Préfecture**, ou plutôt l'ancienne préfecture de Saint-Martin a *ad litteram* été détruite (*fig. 19*). Construite en hauteur sur le morne Saint-Louis à l'entrée de Marigot et sans éléments autour pouvant briser la force des vents, elle a été soufflée. L'administration et la partie opérationnelle de ce bâtiment ont été traversées par les vents d'Irma, détruisant : outils informatiques, archives, documents opérationnels, etc. L'importance des dégâts a rendu par la suite son occupation impossible. Une grande partie de la toiture et de l'étage du bâtiment a

été rasé. Elle est l'une des rares infrastructures critiques de l'île à ne pas avoir été réhabilitée à son emplacement initial. La nouvelle préfecture est aujourd'hui située à l'Est de Marigot, au cœur des quartiers de Concordia.

Les forces de gendarmerie, qui regroupent au sein des brigades les logements personnels des militaires en poste et leur famille, ont subis des dégâts marginaux au titre du nombre de bâtiments qu'ils possèdent. Seule la brigade de Quartier d'Orléans a été sévèrement endommagée ainsi que le parc roulant. Près d'un tiers des véhicules ont été détériorés ou inutilisables.

Pour finir, les principaux vecteurs de transports et d'acheminement de l'île, que sont le port de tourisme de Marigot, le port de commerce de Galisbay et l'aéroport de Grand-Case Esperance ont subi des dégâts plus ou moins importants. Rénovées en 2016, les structures de l'aéroport ont particulièrement résisté à l'ouragan. Seul le balisage lumineux de la piste ainsi que les vitres de la tour de contrôle ont été détruits et l'envolée de la station météo est à déplorer. Par anticipation, le matériel des contrôleurs aériens avait été mis en lieu sûr, ce qui a permis de rapidement reprendre la régulation et la coordination du trafic aérien sur la partie française. De la même manière, le port de Galisbay a subi très peu de dégâts. Au lendemain de la catastrophe, il est resté la seule infrastructure portuaire opérationnelle de l'île en capacité de recevoir les secours extérieurs. Le port de Pointe Blanche, du côté néerlandais, était indisponible en raison du désordre créé par la chute de beaucoup de containers. Ne disposant pas de grue de déchargement et ne pouvant accueillir des navires avec un tirant d'eau de plus de 6,5 mètres, les capacités d'accueil et de déchargement du port de Galisbay étaient néanmoins limitées.

Peu à peu, au cours de la journée du 6 septembre, l'ébahissement des saint-martinois devant ces dégâts s'est estompé pour entrer dans une phase de réorganisation. L'acceptation de la situation a engendré rapidement des processus de réactions pour ne pas laisser place à la fatalité des problématiques. Une répartition des missions et une articulation des forces sont alors observées.

Planche photos des dégâts



Figure 16 : Unité de dessalement détruite (source : RMC découverte)



Figure 15 : position de la centrale électrique sur le littoral (source : A.ARNOULD 2019)



Figure 19 : Destruction du haut vent du service des urgences à Concordia (source : Agnes Etchegoyen, 2017)



Figure 18 : Centre d'Intervention et de Secours de Savannes (source : Agnes Etchegoyen, 2017)



Figure 17 : Préfecture de Marigot (source : A.ARNOULD, 2019)

Suite à la destruction de la préfecture, la première action entreprise par les autorités étatiques était la restructuration d'une cellule de commandement, afin de rétablir rapidement un Centre Opérationnel dans le but de coordonner l'action des secours. C'est dans ce contexte que le Commandant des Opérations de Gendarmerie (COG) accueillait auprès de la brigade de la Savanne les membres du COD. Les premières décisions opérationnelles étaient orientées vers des missions de reconnaissances, de dégagements et de viabilisation des axes routiers, ainsi que de secours à personnes. Des équipes mixtes de sécurité-civile et de gendarmerie ont immédiatement constituées pour dégager la N7. Cette route nationale qui ceinture la partie française de l'île, a été déblayée en une journée avec l'aide des populations.

En parallèle de ces actions, une atmosphère angoissante s'épandait dans les différents quartiers. Un sentiment de crainte était alimenté par la présence d'un taux de délinquance important à Saint-Martin et la circulation de rumeurs infondées. Cette agitation autour de l'ignorance de ce qui se passait, était issue de l'impossibilité des organisations à communiquer avec les populations et la libre circulation de "fake news". Seules des maraudes de la police territoriale avec des mégaphones permettaient d'obtenir quelques informations. L'impossibilité des forces de l'ordre à enrayer, à ce moment-là les phénomènes de pillages, poussait certaines communautés de quartiers à s'organiser entre elles. Des milices étaient alors organisées et se positionnent pour dissuader d'éventuels voleurs de pénétrer dans les propriétés dévastées. La priorité des habitants était devenue la sécurisation des lieux, attendue et apportée par les renforts nationaux.

En complément des 20 sapeurs-pompiers de Guadeloupe, déjà présents sur place pour renforcer l'équipe de garde de la caserne de Saint-Martin la nuit de l'ouragan, un nouveau détachement a été envoyé par le SDIS 971 (Service Départemental d'Incendie et de Secours de Guadeloupe). Un bateau d'une trentaine de pompiers a fait escale 24h après le passage de l'ouragan. Ils étaient parmi les premiers secouristes à débarquer sur l'île, avec deux frégates de la marine nationale. Dans la journée du 7 septembre, le Ventôse et le Germinal basés à Fort-de-France, en Martinique, commençaient des opérations de déchargement de fret de secours par hélicoptère, dont des vivres, dans le port de Galisbay. La mise à quai de ces bâtiments n'était pas encore possible étant donné le nombre d'embâcles dans le port. Projetés dans le cadre de la mission IRMA 2017, ces militaires ont grandement contribué au dégagement de la piste de l'aéroport de Grand-Case Esperance, afin de mettre en place un pont aérien avec la Guadeloupe où se situe la base arrière logistique des moyens militaires. Quelques 120 personnels de la sécurité civile et de la Croix Rouge étaient en attente à Pointe à Pitre, avec la ministre des Outre-mer, Annick Girardin, de pouvoir se rendre à Saint-Martin. Dès que la piste fut libérée en fin de journée les premiers avions de transport tactique Casa des forces armées de Guyane (FAG) ont pu atterrir.

Le général Descoux, commandant la gendarmerie de Guadeloupe et coordonnateur du pôle sécurité publique dans le cadre de la crise Irma, s'est rendu à Saint-Martin le 7 septembre. Il était accompagné d'un groupe de planification opérationnelle (GPO), composé de sept militaires. Ils se trouvaient parmi eux, des spécialistes de l'opérationnel, des systèmes d'information et de communication (SIC), un logisticien, et un géomaticien. C'est ainsi que 36 heures après le passage de l'ouragan, ce groupe de militaires appartenant au centre de planification et de gestion de crises (CPGC)⁷ de la Gendarmerie Nationale, apportait la mise en place d'un Etat-major de crise. Huit sections spécialisées modèle type OTAN (Organisation du traité de l'Atlantique nord), numérotées de J1 à J9, ont composé ce centre de planification et de conduite des opérations : J1 effectifs, J2 renseignement, J3 conduite des opérations, J4 logistique, J5 planification J6 SIC, J7 RETEX, J8 finances et J9 géomatique (conforme au standard de l'OTAN). Cette organisation a pour objectif de gérer les urgences en formant un noyau de résilience auquel sont agrégées les compétences locales, puis les renforts.

Les premières missions de ce centre opérationnel ont été : l'organisation de l'évacuation sanitaire des personnes désirant quitter l'île (9 000 au total) et l'identification des Points d'Intérêt Vitaux (PIV). En ce qui concerne l'organisation des "evasan", il s'agissait essentiellement de canaliser le flux de personnes en direction des avions qui y étaient dédiés. Seuls les femmes et les enfants en bas âge étaient prioritaires. A l'annonce de la survenance de l'ouragan José en direction de Saint-Martin, uniquement deux avions avaient pu décoller. Pour ce qui est de la localisation des PIV, ceci représentait la détermination des lieux à maintenir en état de marche et à préserver de toutes actions nuisibles pouvant ralentir ou interrompre leurs activités. Ceci s'est concrètement manifesté par la création d'une cartographie de localisation de ces points d'intérêt, débouchant ainsi sur la création d'un support stratégique d'aide à la prise de décisions dans le positionnement des forces de sécurité.

⁷ Cette unité est dédiée à la gestion des crises sur le territoire ou hors de celui-ci, à la planification et à la conduite des grands événements et à l'appui des autorités administratives ou des échelons de commandement territoriaux de la gendarmerie.

Conclusion intermédiaire sur l'importance des infrastructures critiques et particulièrement sur un territoire insulaire comme Saint-Martin

De manière générale et en comparaison à d'autres îles comme Porto Rico (Arnould, 2018), le bassin de la Caraïbe représente un espace disparate et morcelé, sur le plan géographique, économique, politique, et culturel, soumis depuis des centaines d'années à des tutelles et gouvernances extérieures. Cette région du globe est au demeurant particulièrement soumise aux aléas sismiques et cycloniques.

Dans le cas Saint-Martin et Saint-Barthélemy, ces îles sont marquées par des situations économiques et sociales opposées, malgré un mode de gouvernance local similaire. Compte tenu de ses difficultés, la partie française de Saint-Martin reste dépendante de beaucoup d'autres territoires, notamment de la Guadeloupe et du côté néerlandais à différents points de vues (tourisme, justice, échange commerciaux, ...). Législativement et dans son organisation de l'espace, des efforts d'indépendances convergent néanmoins vers l'amointrissement de ces échanges. La volonté de territorialiser certains services publics en est l'exemple.

L'aménagement de ce territoire concentre beaucoup d'infrastructures critiques indispensables aux fonctionnements des sociétés saintmartinoises. D'autant plus que l'identité insulaire de celui-ci, fait, que la majorité de ces installations sont uniques et ne peuvent être relayées facilement en cas d'interruption. La sécurité, la salubrité et l'ordre public, qui composent le triptyque de l'ordre public, reposent sur le fonctionnement de ces infrastructures. Elles couvrent l'ensemble des besoins des populations, en produisant ou en acheminant les besoins nécessaires.

Au passage de l'ouragan Irma et de ces caractéristiques records la majorité d'entre elles ont subi des dégâts importants, provoquant ou non leur interruption de manière temporaire. Au titre des travaux de recherches présentés ci-après, il paraissait opportun d'évaluer les conséquences du temps d'arrêt des infrastructures critiques vis-à-vis des autres installations de ce réseau, et ainsi saisir le dimensionnement de leurs interdépendances. A plus forte raison, qu'Irma représente un phénomène de référence dont les destructions ont provoqués des impacts en chaînes.

S'inscrivant dans une sphère de recherches autour de la géographie des risques, il a été décidé de cartographier ces chaînes d'impacts territoriaux et de les contextualiser à différents pas de temps. Remis en perspective, l'orientation de ces recherches vise à cibler les carrefours de convergences des liens de dépendances fonctionnelles, afin d'en assurer la pérennité.

2. Contribution scientifique

2.1 Exposé détaillé des tâches

Au cours de ce stage du 4 mars 2019 au 31 juillet 2019, différentes temporalités ont rythmées les activités confiées et les livrables de ces dernières.

La première concerne une phase terrain avec l'équipe du GRED, immédiatement entreprise au début du stage. Elle a couverte deux mois de missions à Saint-Martin, dans le principal but d'acquérir des données inédites et nécessaires aux futurs traitements spatiales. La construction de ces bases de données s'est principalement effectuée au travers d'entretiens auprès de différents gestionnaires et visites de sites. Secondairement, le stage comprenait l'accompagnement des équipes scientifiques à différentes entrevues et réunions, sur place, dont la première réunion de restitution scientifique de l'avancement du projet TIREX au sein de la collectivité territoriale de Saint-Martin. Le compte rendu de cette réunion est annexé à ce rapport (annexe 02).

Dans un second temps, de retour en métropole, est intervenue une période de traitement des données acquises et de consolidation des diverses bases. Elle s'est soldé par la création de cartographies plus ou moins complexes, accompagnées de la rédaction de différents documents, comprenant d'autres moyens de représentation graphique. D'autres activités en lien avec le projet TIREX ou non, ont également ponctué le chronogramme de cette période (participation à la rédaction d'un article scientifique sur l'étude de cas des crises volcaniques, préparation de présentations, participation au projet TASOMA, ...).

Enfin, la dernière étape de ce stage était la valorisation scientifique du principal sujet confié, à savoir **la reconstitution spatiale et temporelle des chaînes d'impacts territoriaux post-cycloniques**, au travers de la rédaction d'une ébauche d'article scientifique. Seul l'aspect de cette tâche est développé dans ce rapport de stage. En ce qui concerne le rapport sur le **réveil économique des îles de Saint-Martin et de Saint-Barthélemy**, ce document est également annexé (annexe 01).

L'intégralité des activités entreprises au cours de ce stage figures parmi le chronogramme ci-après (*fig. 20*).

2.2 Introduction scientifique de la reconstitution spatiale et temporelle des chaînes d'impacts territoriaux post-cycloniques (Working Paper)

De nombreuses publications et études scientifiques convergent vers le constat d'une augmentation des catastrophes naturelles au cours des dernières années (Pigeon, 2010). L'activité cyclonique est en constante augmentation dans la zone Atlantique Nord depuis les années 1970 (Andre *et al.*, 2008). Même si les relations entre la formation des tempêtes tropicales et le réchauffement global restent sujets à questionnements, il est certain que les impacts de ces catastrophes sont susceptibles de créer des destructions considérables et d'ébranler les enjeux nécessaires au bon fonctionnement d'un territoire. La destruction d'antennes d'émission – réception, de réseaux d'utilités (électricité, eaux, téléphonie, ...), ou encore d'établissements décisionnaires, nuit considérablement au rétablissement des organisations. A l'exemple d'un phénomène naturel comme le *carrington event* qui a créé un *black-out* mondial en 1859 (Muller, 2014), la survenue d'un aléa tel qu'un ouragan est enclin à geler, de la même façon, le mécanisme de gestion de crise et la phase de relèvement d'un territoire.

La base de données française ARIA, partageant des retours d'expérience sur les accidents technologiques, fait par ailleurs référence à des catastrophes naturelles impliquant l'interruption d'infrastructures critiques. Des facteurs anthropiques comme l'occupation des sols ou encore la littoralisation participent à l'exposition de ces installations. Si le risque inondation est bien ancré dans la prévention des risques, celui des ouragans reste très peu développé au titre des retours d'expérience (# ARIA 50348).

Les infrastructures critiques peuvent être définies comme « un point du système ou une partie de celui-ci, [...], qui est indispensable au maintien des fonctions vitales de la société, de la santé, de la sûreté, de la sécurité, et du bien-être économique ou social des citoyens, et dont l'arrêt ou la destruction aurait un impact significatif [...] du fait de la défaillance de ces fonctions » (Conseil de l'Union Européenne, 2008). D'autres territoires les définissent comme étant des installations vitales dont l'incapacité de fonctionnement ou la destruction affaiblirait considérablement la défense ou la sécurité de celui-ci (Security Homeland, 2013). De manière explicite, les installations faisant le sujet principal de cet article renvoient aux notions de salubrité, de sécurité et de tranquillité, constituant l'ordre public et l'intérêt général dans le bon fonctionnement d'un territoire (force de l'ordre, secours, électricité, télécommunications, ...).

Etant au cœur même des sujets d'évaluation de la résilience des territoires, ces infrastructures font l'objet d'une attention particulière depuis une dizaine d'années (Galland, 2010 ; Warusfel, 2010 ; Morel, 2018). Elles représentent bien souvent le poumon économique

des territoires, dû à l'embauche et aux services qu'elles offrent, mais avant tout la clé de voute d'un relèvement rapide après la traversé d'une catastrophe majeure. Elles concentrent bien souvent l'accessibilité aux ressources énergétiques, matérielles et humaines indispensables au lancement d'une dynamique de réhabilitation et de reconstruction.

De plus, leur tendance à être dépendantes ou sollicitées fait que ces infrastructures ne fonctionnent jamais seules. En cas d'interruption, elles entraînent sans exception une série de conséquences dommageables pour d'autres. Bien que plusieurs études s'intéressent aux réactions en chaîne pouvant être provoquées par l'effondrement d'une infrastructure (Lefébure, 2010 ; Pellet 2009), la représentation spatio-temporelle des dépendances qui subsistent entre elles, reste une approche novatrice. Plus généralement étudiée sous l'angle systémique (Therrien, 2010 ; Daouda Kamissoko, 2013 ; Grangeat, 2016), la cartographie des risques représente de ce fait un outil potentiel de visualisation simplifiée de ces dépendances.

L'objectif de ces travaux est d'exploiter les interconnexions entre les infrastructures critiques, mises en avant par la crise cyclonique Irma sur le territoire insulaire de Saint-Martin. La reconstitution spatiale et temporelle des dépendances représente la possibilité de discerner le maillage fonctionnel du territoire et les conséquences engendrées par une telle perturbation. Une première partie de cet article introduit l'ensemble des circonstances dans lesquelles s'insère ces travaux de recherches. La suite vient démêler la méthodologie employée et les problématiques lui appartenant. Pour enfin conclure sur l'intérêt opérationnel qu'apporte cette démarche de prospection et de décellement des points sensibles du territoire.

2.3 Analyse spatiale des dysfonctionnements d'un territoire cycloné

2.3.1 Contexte d'étude et données exploitées

L'île de Saint-Martin se situe dans les petites Antilles de l'arc Caribbean (*fig. 21*) ; elle est reconnue par l'article 74 de la constitution comme étant une collectivité territoriale d'outre-mer. Ce statut lui octroie la possibilité d'adapter les lois et les règlements aux caractéristiques et contraintes du territoire, en se substituant à la région de Guadeloupe. Au-delà de ses relations avec Basse Terre, le Préfet délégué de Saint-Barthélemy et de Saint-Martin, entretiens aussi des échanges avec la partie Hollandaise de l'île, représentant 37% de cet espace d'environ 90 km². Malgré une forte dépendance à l'importation de ressources, l'organisation de la partie française reste autocentrée. Chacun des deux gouvernements de l'île, dispose d'une centrale électrique et d'une usine de production d'eau potable. Les systèmes de production sur place ne suffisent cependant pas à rendre autonome le territoire, et d'autant plus, que ces installations ne sont pas invulnérables face aux événements majeurs (Veyret & Laganier, 2013 ; Tricart, 1992).

Lors du passage de l'ouragan Irma (cat. 5) dans la nuit du 5 au 6 septembre 2017, les infrastructures critiques de l'île ont particulièrement été atteintes par la force des vents. Elles représentent bien souvent des bâtiments ou des installations d'envergure (hôpital, industries, ...), et concentrent à l'intérieur des points sensibles et névralgiques à leur fonctionnement (archives, stockage de matières dangereuses, installations sous haute tension, ...). C'est pourquoi, la plupart d'entre elles sont classées ICPE (Installation Classée pour la Protection de l'Environnement). Au lendemain de cette catastrophe climatique, la majorité de ces installations ont été interrompues pour une durée indéterminée. Plongeant ainsi les gestionnaires de crise, locaux et nationaux, dans une réorganisation d'accès aux besoins.

C'est à la suite de cette saison cyclonique de 2017 particulièrement chargée (Harvey, Irma, Jose, Maria) que plusieurs missions ont été menées dans le cadre de l'ANR TIREX (Transfert des apprentissages et des Retours d'Expérience scientifiques)⁸. Lancé en mai 2018 pour une durée de trois ans, ce projet est en partie voué à la conservation d'une mémoire du risque et d'une analyse du processus de production du risque. Au regard de celui-ci, différentes approches scientifiques ont été développées. Parmi elles, un volet consacré à la gestion de crise et le suivi de la reconstruction territoriale, incluant une analyse des chaînes d'impacts du territoire de Saint-Martin.

Afin d'évaluer l'impact du phénomène sur ces infrastructures critiques, cet article se concentre sur la partie française de l'île de Saint-Martin. Une première étape d'identification

⁸ <http://www.gred.ird.fr/programmes-de-recherche/projets-anr/tirex>

des installations a été menée en amont. La liste établie par l'UMR GRED⁹ comprend : les établissements de gestion de crise ; les ressources énergétiques ; les ressources administratives et scolaires ; les ressources commerciales ; les ressources sécuritaires et médicales ; ainsi que les moyens de transports et de communication (fig. 21). Plusieurs missions de terrain ont été réalisées avec pour objectif de compléter le travail en amont de l'identification de ces installations et de diagnostiquer celle-ci par l'intermédiaire de grilles d'analyse adaptées. Au travers de cette démarche, nous cherchons à recontextualiser le bouleversement des chaînes d'impacts, de manière spatiale et temporelle, causé par les dérèglements d'Irma.

Si cet article se concentre essentiellement sur le fonctionnement des infrastructures critiques de la partie Nord de l'île, nous n'ocultons pas le fait que des dépendances existent avec Sint Maarten. Par ailleurs, ces dépendances sont observables avec d'autres territoires qu'ils soient français (Saint-Barthélemy, Guadeloupe, Métropole, etc.), ou internationaux (Porto Rico, Anguilla, etc.).

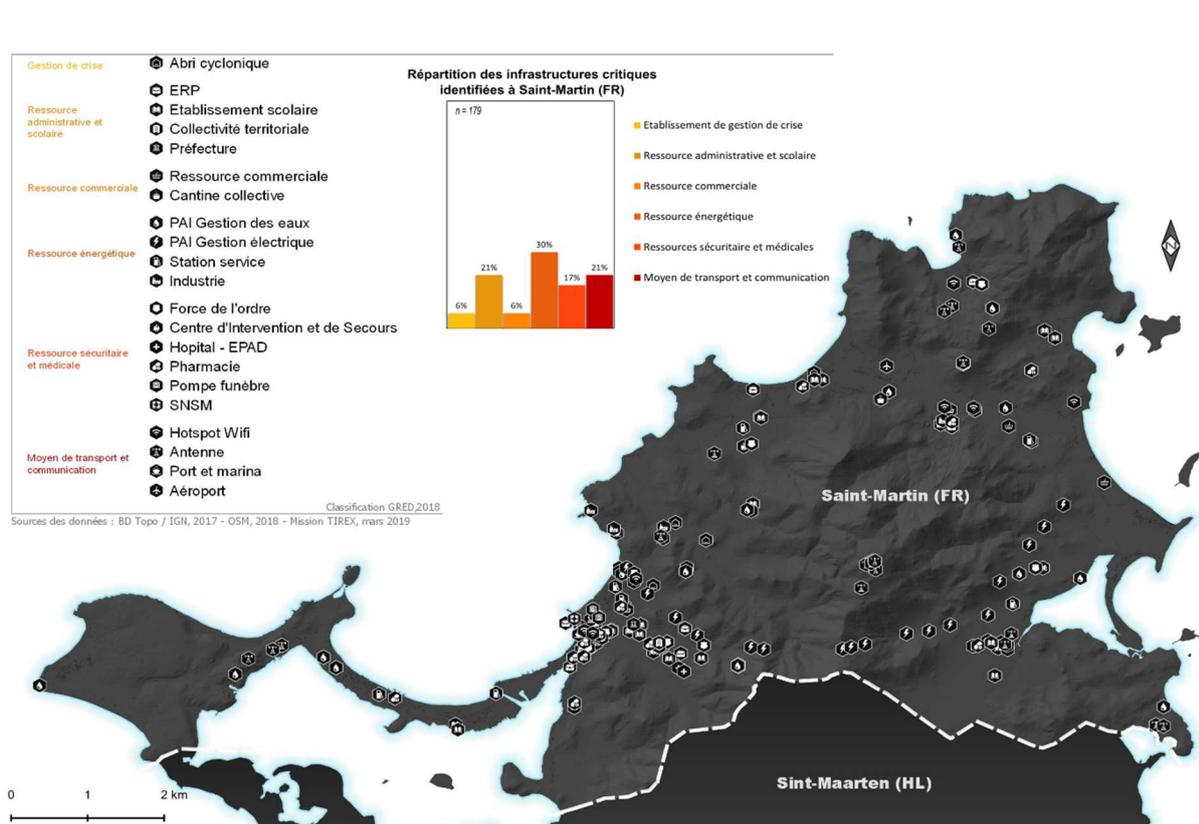


Figure 21 : nature et localisation des infrastructures critiques de la partie française de Saint-Martin d'après la classification, GRED (2018)

⁹ UMR GRED unité mixte de recherche Gouvernance Risque Environnement et Développement

2.3.2 Définition des critères et analyse des chaînes d'impacts

Depuis plusieurs décennies maintenant, de nombreuses études et institutions se sont intéressées à la résilience des infrastructures critiques et aux interdépendances qui les lient (Comfort, 2002) (La Porte, 2006) (Kamissoko, 2013). Ceci avec d'autant plus d'intérêt que de nombreuses catastrophes naturelles (tsunami de Sumatra en 2004 ; incendies de forêts de 2007 en Grèce, ouragan Katrina en 2005, tempête Xynthia en 2010, Fukushima en 2011, ...) ou anthropiques (attentat du 11 septembre 2001, attentat de la gare de Madrid en 2004, la catastrophe de SEVESO en 1976, d'AZF en 2001, ...) ont causé des dégâts sur des infrastructures critiques par effet direct ou en cascade. Cette combinaison de conséquences, provoquée par l'atteinte d'une infrastructure rattachée fonctionnellement à une autre, se rapporte à la notion de chaîne d'impact.

Cependant on ne peut introduire la notion de chaîne d'impact sans parler des liens fonctionnels qui existent entre les infrastructures critiques. Les installations comme les aéroports, les transports en commun, les centrales électriques ou d'eaux potables, les bassins de traitement des eaux usées, les services de secours et de santé, les institutions etc., sont connectés entre eux par un réseau de dépendances. Cette interdépendance est aussi appelée concept de « **Lifeline system** » (O'Rourke, 2012). C'est le cas par exemple de la centrale électrique de Saint-Martin qui alimente en énergie, au travers de son réseau de distribution, les stations de carburants, qui assurent à leur tour le fonctionnement des engins d'incendie et de secours à personnes. Cela implique que chaque infrastructure possède des liens fonctionnels plus ou moins importants avec d'autres. Dans les faits, une administration assurant des missions de suivis n'entretiendra pas des liens fonctionnels aussi importants qu'une installation assurant des missions d'approvisionnement ou de maintenance dans le fonctionnement d'urgence d'une infrastructure. Cette appréciation de la hiérarchie des liens de dépendances fonctionnels est prise en compte dans nos travaux au moyen d'une estimation du poids de ces liens. En termes d'importance, cette différenciation permet de distinguer les liens avec un poids considérables des liens d'un rang inférieur.

Reconstituer spatialement et temporellement les chaînes d'impacts d'un territoire sinistré implique de concevoir et mettre au point une méthodologie. Les démarches entreprises sont bibliographiquement inédites et reposent sur l'acquisition d'informations sur place, dix-huit mois après la catastrophe. Une fois les infrastructures critiques identifiées, la plupart d'entre elles ont été analysées à l'aide des récits de leur gestionnaire ou des témoignages d'employés. Dans la mesure du possible, les informations collectées ont été recoupées par la suite avec des documents ou rapports officiels. Quant à la teneur des échanges, ils ont été

organisés sous forme d'entretiens semi-directifs. Le contenu de ceux-ci a été élaboré de manière à concevoir les productions cartographiques à venir.

L'objectif des éléments de réponses recherchés devaient permettre de figer cartographiquement les conséquences d'Irma sur les installations et de mettre en avant la complexité des liens fonctionnels qui existent entre elles. C'est pour cela que deux orientations de recherches, distinctes mais complémentaires, rythment le contenu de cet article : la reconstitution spatiale et temporelle des dommages post-crise sur les infrastructures critiques, ainsi que la représentation des liens de dépendances fonctionnels entre elles. Dans le but de comparer les possibles variations qui existent dans les directions prises par les liens fonctionnels et leur poids, nous avons distingué les dépendances en temps normal en opposition aux dépendances en période de crise. Cette distinction offre la possibilité de mettre en parallèle la normalité des fonctionnements, à la réorganisation des liens soumis à une pression et un état de stress.

Afin de répondre à l'ensemble de ces attentes, les critères d'évaluation suivants ont été établis et intégrés au plan des entretiens (tab. 2) :

- Dans le cadre de la reconstitution spatiale et temporelle des dommages post-crise :

Une estimation quantitative et qualitative du temps d'interruption de l'infrastructure (tab. 2(a)), se rapportant à une appréciation du nombre de jours où l'activité a été interrompue de manière partielle, complète ou définitive.

Une estimation du niveau de dommages physiques subis (tab. 2(b)), s'apparentant à une version adaptée de l'évaluation de la typologie des dommages GRED, mise en place en place pour évaluer les bâtiments à usage d'habitation.

- Dans le cadre de la représentation des liens de dépendances fonctionnelles :

Une identification et une estimation du poids des dépendances fonctionnelles assurant le maintien de l'activité, en temps normal et en période de crise (tab. 2(c)). Une dissociation arbitraire sépare la dépendance fonctionnelle des infrastructures critiques entre elles à celle qui les lient aux besoins primaires (eau, électricité, communication, carburant). Cette séparation permet de décomposer la destination des besoins fonctionnels et d'en faciliter l'évaluation grâce à des définitions adaptées et non génériques. Par la suite une caractérisation cartographique et statistique est rendue possible grâce à cette séparation de traitement des informations

Au vu de leur intégration sur des systèmes d'information géographique (SIG), les réponses obtenues ont alimenté la construction de bases de données spatialisées. L'examen de chaque installation s'est soldé par l'intégration des renseignements recherchés à l'entité ponctuelle qui définit individuellement les infrastructures localisées. Les interrogations autour de la géo-visualisation des informations et les problématiques de représentation de celles-ci ont marqué une seconde étape de ces travaux de recherche.

Niveau de dysfonctionnement	Définition	Temps de l'interruption (en jours)
Aucun	L'activité principale ou la mission première de l'infrastructure a été maintenu	0
Partiel	L'activité principale ou la mission première de l'infrastructure a été maintenu en mode dégradé	≤ 3
Complet	L'activité a été interrompue temporairement	> 3
Définitif	L'activité a été interrompu, le service est délocalisé ou fermé définitivement	
<i>tableau 2 (a) : évaluation des niveaux de dysfonctionnement</i>		
Niveau de Dommage Physique (DP)	Définition	
DP 1	Dommage mineur sans conséquence pour la fonctionnalité	
DP 2	Dommage modéré, service assuré en mode adapté ou dégradé	
DP 3	Dommage majeur, destruction de point(s) névralgique(s) pour le maintien de l'activité	
<i>tableau 2 (b) : évaluation des niveaux de dommages physiques</i>		
Niveau de Dépendance Fonctionnelle (DF)	en temps normal	en période de crise
#1 : Nul	L'infrastructure se suffit à elle-même pour fonctionner et assurer ses missions premières	Malgré la perturbation l'infrastructure maintient son niveau d'indépendance et fonctionne correctement
#2 : Faible	L'infrastructure sollicite ponctuellement d'autres services pour assurer son entretien ou réaliser ses missions premières. L'interruption temporaire de ces liens n'affectera pas la qualité de la mission première	Du fait des faibles niveaux de dépendance avec d'autres infrastructures, la rupture temporaire des liens fonctionnels n'impactera pas la mission première de celle-ci
#3 : Moyen	L'infrastructure dépend régulièrement d'autres services pour fonctionner et assurer ses missions premières	L'infrastructure a recours à une ou plusieurs autres. Les mesures pour palier à la perturbation ne sont pas suffisantes et offre un service ou une prestation dégradée
#4 : Fort	L'infrastructure est dépendante du fonctionnement d'autres	La rupture totale des liens fonctionnels interrompt l'activité de l'infrastructure à court terme
Niveau de Dépendance Fonctionnelle (DF)	en temps normal	en période de crise
#1 : Nul	L'infrastructure fonctionne sans avoir recours à la ressource	
#2 : Faible	La ressource contribue au confort de travail et/ou d'accueil dans l'infrastructure	L'infrastructure dispose de solutions palliatives pour fonctionner
#3 : Moyen	La ressource est utilisée pour des questions de travail ou des conditions sanitaires	L'infrastructure fonctionne difficilement dans des conditions dégradées
#4 : Fort	L'infrastructure nécessite impérativement l'accès à la ressource pour fonctionner	
<i>tableau 2 (c) : évaluation des niveaux de dépendance fonctionnelle</i>		

Tableau 2: grille d'évaluation des infrastructures critiques, GRED (2019)

2.3.3 Analyse des dépendances fonctionnelles par l'intermédiaire d'une carte de flux origine destination

Empruntées à la géographie des transports, les cartes de flux origine destination ont pour objectif de représenter l'organisation spatiale des échanges qui se produisent entre un point A et un point B, en prenant en considération la valeur des taux (l'importance) et la direction de ceux-ci (Bahoken, 2012). En d'autres termes, elles permettent de représenter de manière spatialisée des valeurs attribuées aux flux qui relient deux points. Les lignes cartographiées représentent communément des liaisons en réseaux ou des flux d'échanges. Ces lignes ne sont pas affectées sur un réseau, ce qui signifie que le cheminement entrepris par ces échanges n'est pas considéré. L'épaisseur et l'orientation de celles-ci traduisent l'importance des liaisons et la direction de ces circulations. Ces représentations sont régulièrement utilisées dans la schématisation de mouvements migratoires ou de communications. Ramené à nos travaux, ces cartographies représentent la possibilité d'illustrer les chaînes d'impacts existantes sur le territoire de Saint-Martin, en spatialisant le niveau de dépendance fonctionnelle entre les infrastructures critiques. Le poids des dépendances venant remplacer la valeur des flux (*fig. 22*).

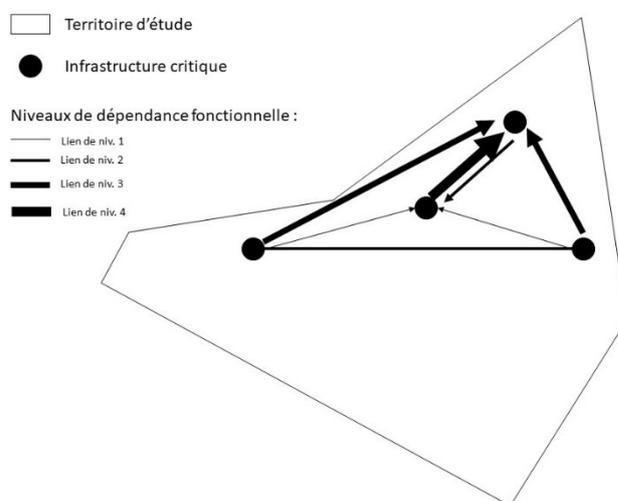


Figure 22 : schéma simplifié du détournement des cartes de flux à l'étude des liens de dépendances fonctionnels

A ces fins, l'extension de Quantum GIS appelé « RT QSpider », utilisée dans nos travaux, permet de convertir une base de données de points géo-localisés en tissant les liens qui les relient. Les informations quantitatives qui caractérisent les paires sont conservées dans la création du réseau en toile d'araignée entrepris par le *plungin*. Ce dernier, réalise la distribution spatiale des données quantitatives saisies dans une base de données méthodiquement

apprêtée à sa lecture. La réalisation d'une matrice asymétrique origine destination (Matrice O-D) doit préalablement être établie afin de préparer ces données à leur intégration aux SIG.

Les cartes de flux issus de « RT QSpider » résultent de tableaux spécifiques appelés matrices origine destination. Ces matrices correspondent à des tableaux croisés dont les lignes (i) et les colonnes (j) représentent des lieux. La valeur inscrite au croisement (i ; j) décrit la valeur quantitative de l'échange, comme par exemple : un nombre de personnes, un débit, mais également des données abstraites comme des actions boursières ou des cyber-échanges. Dans le cadre de nos travaux de recherches, 179 entrées géo-localisées, représentant les infrastructures critiques de la partie française de Saint-Martin, ont composé les entités des matrices établies. Au croisement de (i ; j) c'est le poids du niveau de dépendances fonctionnelles des liens entre deux infrastructures qui a alimenté les cellules de ce tableau croisé. Les valeurs de ces jonctions sont, pour rappel, originaires des entretiens effectués sur le terrain.

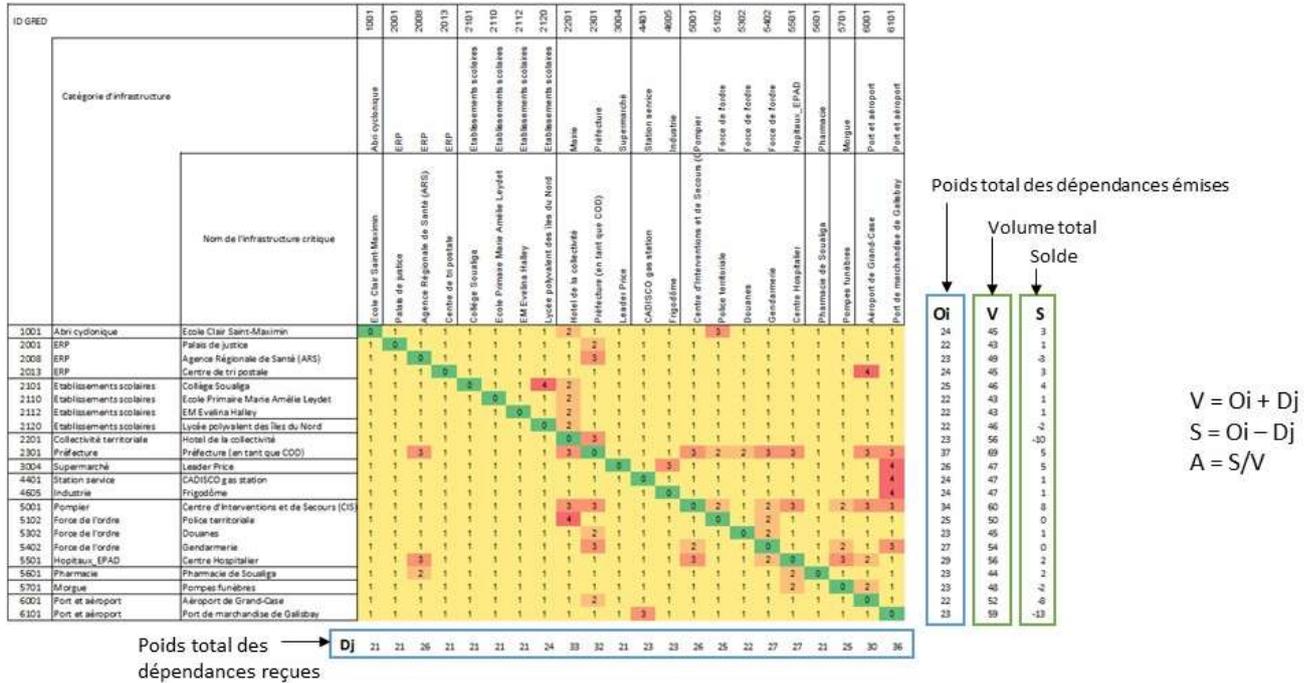
Dans la suite logique de la double distinction faites entre l'aspect temporel (pré/pendant crise) et l'orientation des dépendances (entre elles/besoins primaires) opéré durant les entretiens, les matrices créées ont suivies la même orientation de recherche. Adapté des travaux de Bahoken F. (2016), quatre matrices (O-D) ont ainsi été créées, correspondant aux différentes approches entreprises dans l'évaluation des liens de dépendances fonctionnels :

- la **dépendance fonctionnelle des infrastructures entre elles** (1) en temps normal VS (2) en période de crise
- la **dépendance fonctionnelle des infrastructures aux besoins primaires** (3) en temps normal VS (4) en période de crise

Pour illustrer la méthodologie employée, un extrait d'une des matrices mises au point est présenté (*fig. 23*). Les données quantitatives, que mobilisent ces matrices asymétriques O-D à des fins cartographiques, présentent également des propriétés analytiques. Une combinaison d'indicateurs mathématiques est extractible de ces tableaux. Au titre de cet écrit, seules les caractéristiques principales de ces indices appliqués à notre secteur de recherche seront développées. La bibliographie offre davantage d'informations génériques et statistiques à l'utilisation des matrices de flux (Tobler, 1987 ; Breukelman *et al.* 2009 ; Torricelli, 1997)

Afin d'affiner l'interprétation des matrices créées pour représenter les liens de dépendances fonctionnels existant entre les infrastructures critiques, plusieurs manipulations de valeurs ont permis de mettre en lumière de nouvelles informations. La somme des lignes et des colonnes permet, par exemple, de rapporter des indices tels que le poids total des dépendances émises (O_i) et reçus (D_j) par les infrastructures. A partir de ces facteurs d'autres

notions sont mobilisables. Le volume d'un lieu (V), correspond à la somme des dépendances émises et reçues. Cette addition traduit l'importance de la participation d'une installation dans le mécanisme des échanges de liens fonctionnels. Le Solde (S) traduit de la même façon, par l'intermédiaire cette fois ci d'une différence entre O_i et D_j , le bilan d'une infrastructure à majoritairement être à l'origine de l'émission de liens fonctionnels ou à en être destinataire. C'est soustraction traduit la tendance d'une infrastructure à être essentiellement tributaire ou sollicité dans le fonctionnement de ce système.



2.4 Représentation cartographique des conséquences de l'ouragan et des dépendances fonctionnelles entre les infrastructures critiques

2.4.1 Visualiser cartographiquement le contexte spatial et temporel des dommages post-crise

Dans un premier temps, la consultation des bases de données SIG et l'identification sur place ont permis de créer une liste exhaustive de 179 infrastructures critiques sur la partie française de l'île. Parmi ces 179 entités, 109 ont servi à l'analyse des niveaux de dysfonctionnements et 93 concernent l'analyse des dommages physiques (fig. 24).

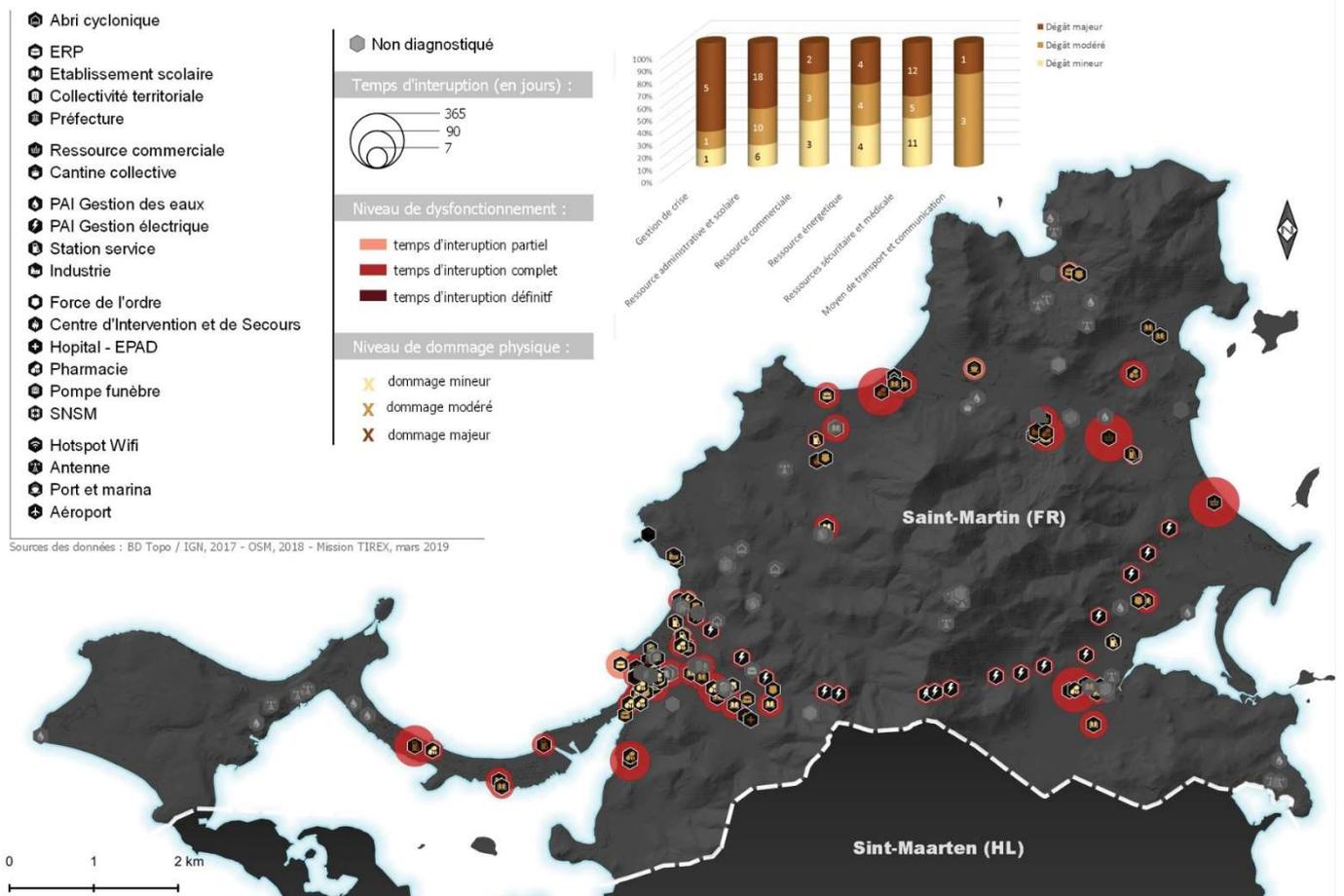


Figure 24 : Cartographie des impacts de l'ouragan Irma sur les infrastructures critiques de Saint-Martin GRED (2019)

Les résultats de l'analyse des dysfonctionnements montrent une forte tendance à l'interruption complète des infrastructures critiques. Parmi les 109 infrastructures critiques diagnostiquées plus de 60% ont été complètement interrompues. Cette observation vient renforcer le sentiment de « *blackout* », recueilli sur place auprès des populations concernant la relance du territoire au lendemain de la catastrophe. Les installations ont eu en moyenne 50 jours d'interruption. Cependant, les entités relevant des ressources énergétiques (classification GRED) illustrent des temps d'interruption très courts (15 jours en moyenne), contrairement aux ressources commerciales qui figurent parmi les secteurs les plus lents à la reprise des activités (148 jours en moyenne).

En ce qui concerne les dommages physiques, la tendance générale donne un niveau d'impact majeur pour les installations ayant pu être diagnostiquées. Ce niveau de dommages concerne 45% d'entre elles. Les ressources administratives et scolaires regroupent quantitativement le plus grand nombre d'installations sévèrement endommagées par l'ouragan.

La majorité des infrastructures ayant été complètement interrompues, il est difficile de créer une relation entre le niveau de dysfonctionnement et le niveau de dommage physique des infrastructures. Une analyse fine des résultats permet cependant d'aborder une relation entre le temps d'interruption moyen (jours) et les niveaux de dommages subis par les infrastructures (*fig. 25*). De manière générale, le temps de reprise est en adéquation avec le niveau de dommages subis.



Figure 25 : temps moyen d'interruption des activités en jours par niveau de dommage physique

2.4.2 Approche cartographique et géovisualisation des dépendances fonctionnelles des infrastructures critiques

L'une des étapes de notre travail introduisait une réflexion sur la représentation de l'ensemble des informations créées. A l'aide d'un atlas de cartes (*fig. 26*), l'approche suggérée repose sur une sélection de la nature des liens fonctionnels dans les différentes temporalités choisies (pré et post-crise) et une « simplification » des figures (Bunge, 1969). Etant le fruit de plusieurs traitements mathématiques, nous avons choisi de représenter les dépendances fonctionnelles des infrastructures en s'attachant aux indices de volume (V) et de solde (S) des lieux. Nous assurons ainsi la lisibilité des cartes en :

- distinguant la nature des dépendances : *entre elles et aux besoins primaires*
- faisant figurer par infrastructure :
 - les entrées et les sorties des liens de dépendances (V),
 - la tendance de chacune à être essentiellement sollicitée ou tributaire (S),

Ainsi les analyses produites mettent visuellement en perspective la réorganisation fonctionnelle du territoire en cas de basculement en situation de crise. Elles confrontent les dépendances fonctionnelles des 179 installations de Saint-Martin en « temps normal » en opposition à la « période de crise ». La lecture des valeurs inscrites dans les matrices O-D permet d'accompagner la représentation des cartes dans leur interprétation numéraire et statistique.

En ce qui concerne l'organisation des infrastructures entre elles, les premiers résultats permettent de discerner une redistribution des liens en situation de déséquilibre. En temps normal la collectivité territoriale de Saint-Martin est sans surprise l'infrastructure destinataire du plan grand nombre de liens fonctionnels. La somme du poids de ceux-ci la hisse au premier rang. Cette notabilité lui est particulièrement due par rapport à la gestion de l'ensemble des établissements scolaires de l'île et certainement à la forte identité locale qu'elle possède dans la gestion administrative et financière des affaires sociales de la partie française. Elle est suivie par deux établissements difficilement remplaçables. Le premier est le seul, à l'échelle industriel, à approvisionner l'île en restauration collective. Il s'agit de « Cuisine Centrale » qui représente un pivot stratégique dans l'approvisionnement des écoles et d'autres ERP comme l'hôpital. Le second est le seul grossiste en médicaments de l'île qui approvisionne les pharmacies. A contrario, en temps normal les infrastructures critiques à l'origine de la majorité des besoins pour fonctionner sont les forces de l'ordre. La majorité de leurs échanges ne sont cependant pas tournées vers les autres installations. C'est le poids de leur organisations internes qui les dresse en tant que premiers services à l'origine des besoins. Le réseau qui leur est propre pèse un poids considérable dans l'évaluation général des échanges entre les infrastructures critiques de l'île.

En période de crise un tout nouveau schéma se dessine. La situation de déséquilibre provoque l'apparition de nouvelles connexions entre les infrastructures critiques. 78 liens de dépendances fonctionnels viennent différencier les deux situations. L'activation du COD (Centre Opérationnel Départemental) en préfecture vient placer cette entité en haut des installations les plus nécessaires vis-à-vis du bon fonctionnement des autres. Elle regroupe un grand nombre de ces nouveaux liens. La coordination des moyens qui incombent aux missions du COD, provoquent inévitablement une nécessité d'échanges avec d'autres installations en cas d'évènements majeurs. On retrouve au sein d'une telle cellule de crise l'intégralité des services jouant un rôle déterminant dans son organisation (Gendarmerie, ARS, SDIS, collectivité territoriale, association de sécurité civile, ...). Le centre hospitalier durant la traversée de cette crise est devenu la seconde installation à l'origine des besoins. Tout comme la préfecture, il est la source de l'apparition de nouveaux liens. Ce changement est principalement expliqué par rapport à l'activité exponentielle de l'hôpital dans l'accueil d'un grand nombre de personnes et dans la conduite de situations sanitaires. Ses principales dépendances se tournent vers les services de secours, de sécurité et de santé. Les forces de l'ordre et notamment la Gendarmerie deviennent par ailleurs les premiers services sursollicités en cas de crise. La sécurisation des lieux après Irma est devenue le premier désidérata de beaucoup d'installations. En parallèle, « Cuisine Centrale » reste une des installations les plus requises dans la traversée d'une situation de crise à Saint-Martin. L'approvisionnement alimentaire reste un point focal dans la destination des liens de dépendances fonctionnels pour l'intégralité des installations qu'elle approvisionne au quotidien.

Pour ce qui est de la dépendance fonctionnelle des infrastructures critiques aux besoins primaires (eau, électricités, carburants, communication), ces ressources sont représentées sur les cartes par l'origine de leur production, stockage, ou émission. C'est pourquoi l'usine d'eau potable, la centrale électrique, les cuves de stockage et le principal lieu de regroupement des antennes de l'île symbolisent ponctuellement les nombreuses installations techniques de ces ressources.

L'accès à ces ressources influence considérablement la fonctionnalité des autres installations (Kamissoko, 2013). A l'heure des Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC) il paraît difficile de gérer une situation de crise sans réseaux de télécommunications, ni électricité. L'adaptabilité de l'organisation interne des infrastructures critiques reste toutefois leur salut dans l'acceptation de ces enjeux à se trouver en zone à risque. C'est pourquoi, dans la comparaison des deux situations, une réorganisation des liens de dépendances fonctionnels en cas de crise est décelable.

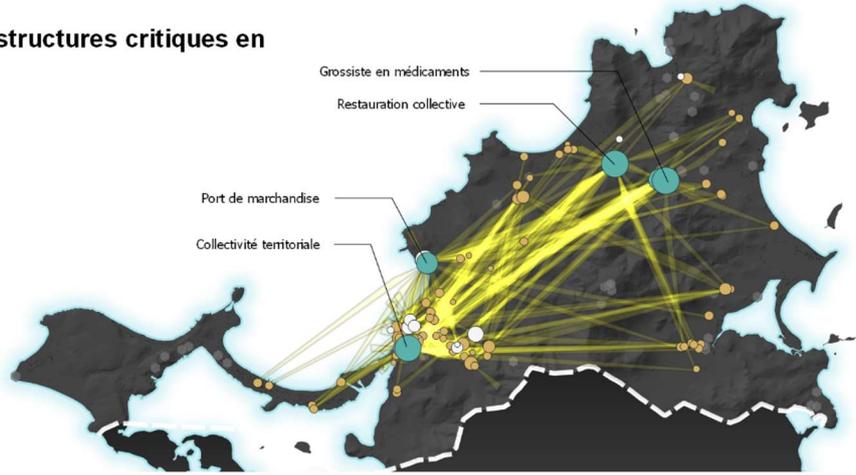
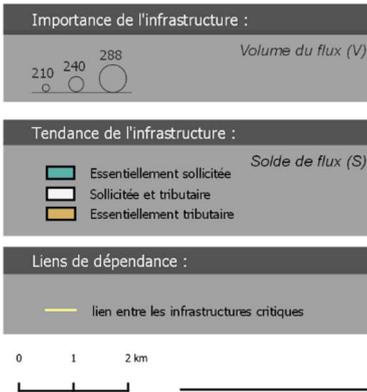
En temps normal, la centrale électrique est l'installation la plus sollicitée. Elle est en charge d'alimenter un bon nombre des infrastructures critiques de la partie française de l'île sans interruption. Elle interagit avec la quasi-totalité des entités. Les services de santé et de secours restent les principaux disetteux de leur alimentation en électricité. Dans des proportions inférieures, le besoin de communiquer et d'accès à l'eau potable interviennent. Contrairement à l'électricité, ces deux ressources n'incombent pas l'ensemble des installations dans leur fonctionnement. Dans ce classement, le carburant est l'énergie la moins sollicitée en temps normal. Il n'en va pas de même en période de crise.

Le rapport aux besoins primaires est différent en cas de déséquilibre de l'organisation fonctionnelle des infrastructures. Un réajustement des besoins est décelable dans l'analyse de la hiérarchie des besoins. La dépendance aux stocks d'hydrocarbures devient la plus prisee en cas de crise, quand à l'opposé celle de la centrale électrique redescend au second plan. Ceci s'explique par le fait que la majorité des installations réorientent leurs besoins en période de crise. Une migration des liens fonctionnels s'organise naturellement dans la mesure où la majorité des installations ont recours à des solutions alternatives afin de maintenir leurs missions et activités premières. L'historique des saisons cycloniques traversées rend prévoyantes la plupart des organisations internes. L'installation de groupes électrogènes dans la plupart des infrastructures illustre cette capacité d'adaptation, avec une dépendance fonctionnelle à l'électricité affirmée en temps normal, qui vient à se modifier en une dépendance au carburant en période de crise.

La provenance des demandes est essentiellement exprimée par les établissements de soins et les abris cycloniques. Le fonctionnement de ces bâtiments en période de crise est fondamentalement lié à l'alimentation de ceux-ci en électricité. Une discontinuité dans l'approvisionnement en énergie électrique de ces installations est inenvisageable. L'assurance d'en disposer est assurée par le basculement de ceux-ci à des solutions parallèles comme les groupes électrogènes. La disposition de valises et téléphones satellites minimise également la dépendance au réseau de télécommunication en cas d'interruption des antennes. Pour les infrastructures critiques, devenir davantage autonome est un enjeu majeur dans la continuité de leur activité.

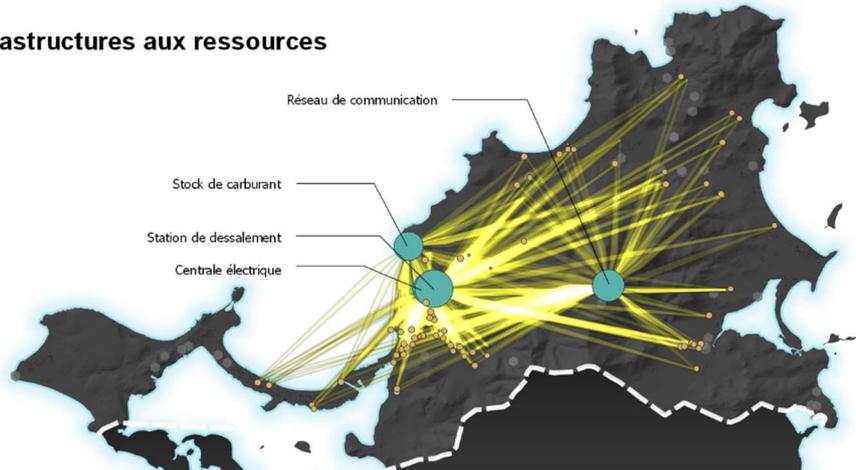
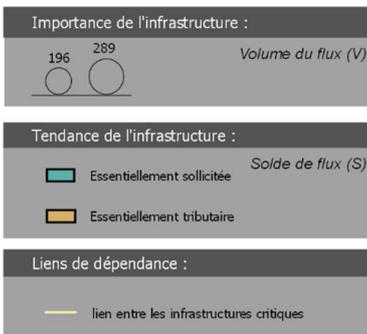
Organisation des liens de dépendances fonctionnelles en temps normal à Saint-Martin (Fr)

Dépendance fonctionnelle des infrastructures critiques en temps normal



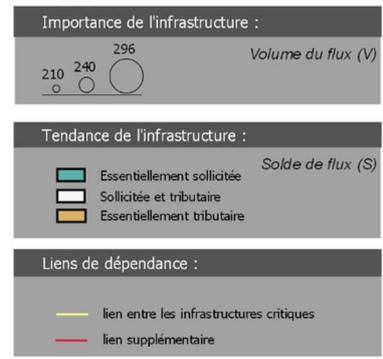
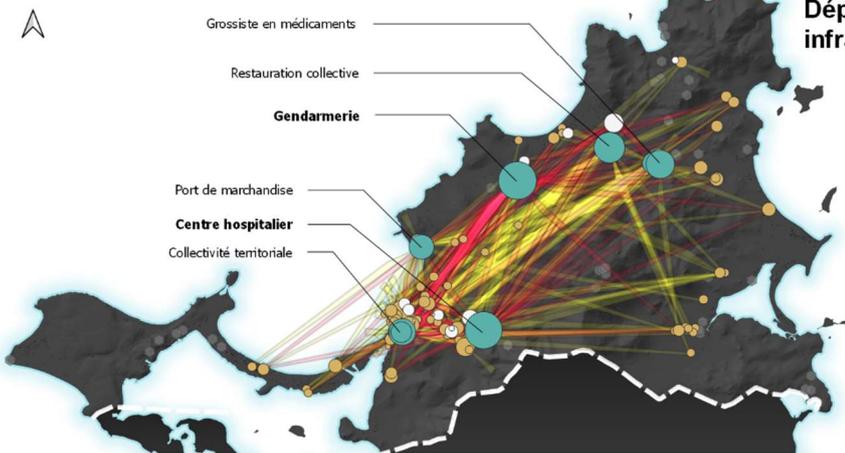
Sources : BD Topo / IGN, 2015 - RGE Alt / IGN, 2014 - Investigation terrain GREED mars/avril 2019
Réalisation : A.ARNOLD, 2019

Dépendance fonctionnelle des infrastructures aux ressources primaires en temps normal



Réorganisation des liens de dépendances fonctionnelles en période de crise, cas de la crise cyclonique Irma (2017)

Dépendance fonctionnelle des infrastructures critiques en période de crise



Dépendance fonctionnelle des infrastructures aux ressources primaires en période de crise

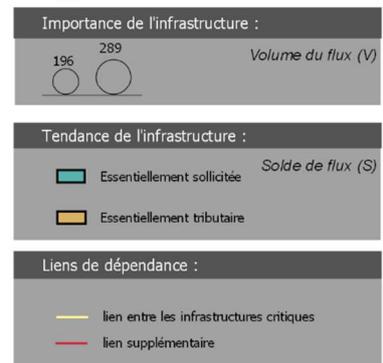
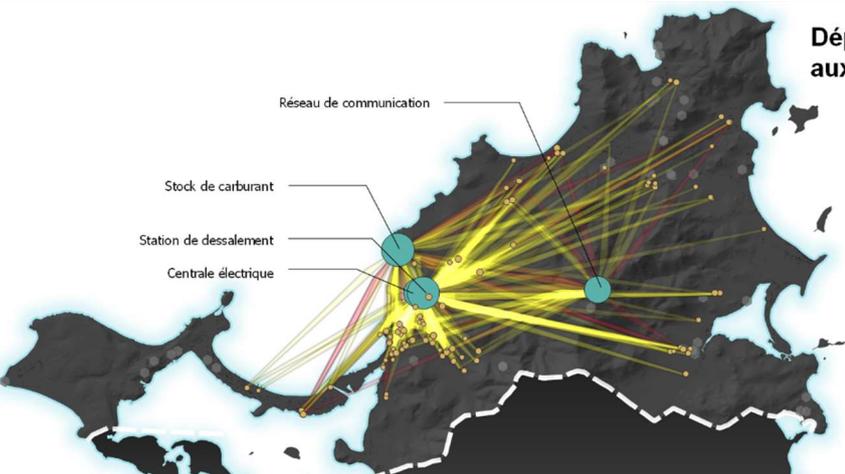


Figure 26 : Atlas cartographique des liens de dépendances fonctionnelles

2.5 Les défis de cartographier les chaînes d'impacts pour une compréhension des mécanismes de crise et de relèvement

2.5.1 La représentation des liens de dépendances fonctionnels

« L'ontologie » cartographique impose de répondre à des règles dans l'élaboration de cartes (Coucleclis, 2010 ; Dominguez, 2009). Elle vise à assurer la transmission d'un message auprès des utilisateurs. C'est pourquoi, représenter cartographiquement le croisement de valeurs quantitatives de flux (Fij) amène à s'interroger sur les figurés assurant le décodage¹⁰ des cartes par les utilisateurs. Breukelman & al. (2009), Bahoken (2012), et Graser *et al.* (2019) mettent en avant les défis liés à ces représentations, qui sont principalement dû à l'accumulation d'un grand nombre d'informations générées par les matrices O-D, dont la lisibilité s'altère en fonction de l'emprise spatiale. La densité d'enchevêtrement des flux à des échelles synoptiques viennent bien souvent brouiller la compréhension des productions cartographiques. Breukelman et al. (2009) traduisent cette confusion par ce qu'ils nomment **l'effet spaghetti**.

Dans le cadre de nos travaux sur les chaînes d'impacts territoriaux, la spatialisation des liens de dépendances fonctionnels entre les infrastructures critiques est soumise aux mêmes difficultés. Issue d'une matrice asymétrique O-D adaptée à notre orientation de recherche, les complications rencontrées appartiennent à cette méthodologie d'exploitation des données. Elles résultent de la configuration spatiale de notre terrain d'étude restreint et à la quantité d'informations spatialisées. Travaillant à l'échelle d'un espace insulaire, l'amoncellement des connexions entre les installations rend illisible l'interprétation des cartes.

C'est pourquoi, lors de nos travaux nous avons opté pour une représentation focale de ces valeurs avec une variation de la taille des symboles et de leur couleur suivant respectivement : l'importance du volume (V) et du solde (S) des infrastructures en leur point. En résumé, c'est le nombre de liens convergeant vers le même point et leur poids qui détermine la taille et la couleur du figuré des infrastructures critiques. La représentation spatiale des liens fonctionnels sous formes de lignes directes, a néanmoins été conservée pour représenter les échanges entre les lieux. Le mélange de ces deux choix de représentations accompagne les utilisateurs dans l'interprétation des cartes. De plus, la distinction entre les liens fonctionnels qui unissent les installations critiques entre elles et ceux qui se tournent vers les besoins primaires permet également de limiter la suraccumulation d'informations sur une seule et même carte.

¹⁰ Faisant référence au schéma de la communication

Ces choix sémiologiques restent cependant imparfaits. Bien qu'ils permettent au premier plan une rapide localisation des infrastructures critiques les plus importantes, que ce soit en temps normal ou en période de crise, des problèmes d'ordre visuel résident dans ce modèle de représentation cartographique. Le premier constat est la difficulté à discerner les infrastructures critiques au second plan à partir d'un volume (V) inférieur à environ 240. A cette échelle spatiale, il est difficile de différencier ces installations et les informations individuelles qui les joignent en matière de dépendances fonctionnelles. La proximité spatiale crée un regroupement de figurés engendrant une « nuée de points », comme pour le cas du secteur de Marigot. Reconnaître une installation sans indications nominatives devient impossible. De plus, au-delà des difficultés appartenant à la représentation du volume (V), une problématique demeure dans la représentation du solde des liens fonctionnels (S). En effet, il est issu de la différence entre les dépendances émises et reçues par les infrastructures, tout en prenant en considération le poids de celles-ci. Le solde (S) permet de reconnaître le caractère essentiellement tributaire ou demandeur d'une installation vis-à-vis des autres. La représentation choisie prend néanmoins en compte une catégorie regroupant les installations ne dégageant pas de tendance générale. Elle regroupe les installations sollicitées et parallèlement tributaires. En revanche, ce modèle attribue une représentation similaire de ces installations neutres à celles n'ayant aucuns liens fonctionnels.

L'état de l'art des représentations cartographiques abordant ce sujet permet de considérer les différentes possibilités sémiologiques existantes. Les matrices de flux sont souvent cartographiées par l'intermédiaire de flèches, dont la couleur et la largeur varie avec leur direction et leur importance (Bahoken F., 2014(a)). Dans ces sémiologies, les flux spatialisés ont tendance à contextualiser des informations à l'échelle d'un département ou d'un pays. Les travaux de Bahoken (2014 (b)) sur *le renouvellement de la géovisualisation sémiologie des cartes de flux*, tournés vers la « cartographie direct » (Pumain, Saint Julien, 1984), proposent une alternative de représentation cartographique sans opérer de sélection, ni de réduction des données. Elle consiste à nuancer l'opacité des flèches en fonction de leur importance, afin d'assurer leur distinction. Ramené aux liens de dépendances fonctionnels des infrastructures critiques de Saint-Martin, l'éparpillement spatial des installations et la quantité d'informations à exprimer rendent difficile ce type de représentation.

D'autres solutions sont explorables dans la représentation de telles données. L'une d'elles renvoie à regrouper les liens géographiquement proches de façon à limiter l'enchevêtrement et la superposition de ceux-ci (*fig. 27*). Cette technique de représentation appelée « edge bundling » est largement développée dans les documents traitant des représentations de mouvements de flux (Holten, 2009). Elle s'attèle à résumer l'ensemble des interactions adjacentes, en dévoilant les principales directions empruntées par les flux. Dans notre cas

d'étude, cette solution n'offre cependant pas la possibilité de suivre et d'identifier les liens fonctionnels qui animent les infrastructures critiques. Le regroupement des liens réduirait la capacité de l'utilisateur à appréhender les informations qu'ils dégagent. Pour cela, la solution explorable est le recours à la création de « web mapping ». Ces cartographies permettent de visualiser l'ensemble des données de manière sélective, en dynamisant des cartes statiques. Elles offrent aux utilisateurs la possibilité d'isoler une information et d'avoir un contrôle visuel de la carte (Côme *et al.* 2014). Si la cartographie statique n'offre pas encore de solution pour représenter ces échanges, il existe également la possibilité de travailler sur des modèles de représentation de l'espace par le biais d'une abstraction du réel. C'est ce qu'offrent les « dispositions circulaires améliorées » (Gasner *et al.*, 2006) avec une représentation simple et visuelle (*fig. 28*). Il renvoie à la visualisation des dépendances entre des entités par l'intermédiaire de regroupement hiérarchique. L'arborescence créée permet de mettre en évidence les liens de dépendances entre les entités (Hong *et al.*, 2013). Dans ce type d'approches non exhaustives l'objectif principal reste la mise en évidence des liens de dépendances fonctionnels qui unissent les installations, afin de comprendre le fonctionnement des chaînes d'impact territoriaux.

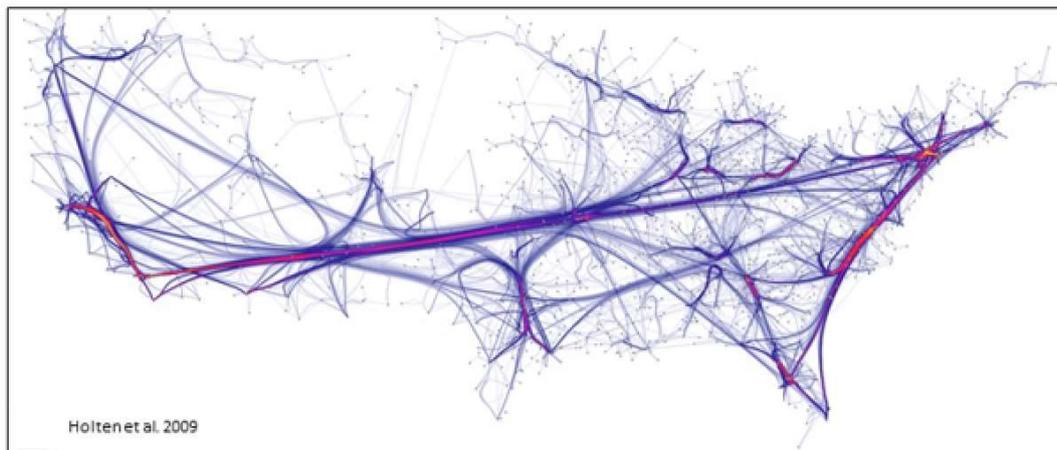


Figure 27 : représentation edge bundling (source : Holten, 2009))

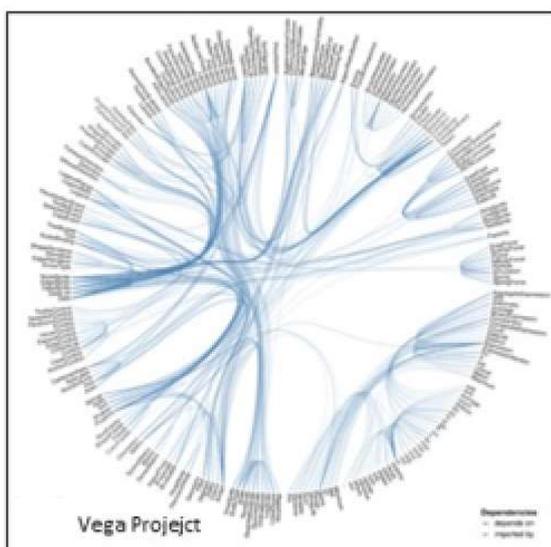


Figure 28 : "disposition circulaire améliorée" (source : Vega Project)

2.5.2 Chaines d'impacts territoriaux : remonter les liens de dépendances fonctionnels afin de comprendre l'interruption des infrastructures critiques

Les dégâts occasionnés par la force des vents, la pénétration de l'eau dans les terres, ou encore l'accumulation des précipitations ont impacté la quasi-totalité des infrastructures critiques de Saint-Martin. La plupart d'entre elles ont subi d'importants dommages rendant le maintien de leur activité impossible ou nécessitant un fonctionnement en mode dégradé. En considérant la situation d'un autre point de vue, l'ouragan a été un élément catalyseur dans la révélation des dépendances entre les infrastructures. A l'évidence, la crise cyclonique a permis d'estimer l'importance de leurs relations durant l'interruption de ces liens ou dans l'incertitude qu'ils soient maintenus. Facilitant ainsi l'appréciation du réseau de fonctionnement individuel de chaque infrastructure en temps normal et en période de crise. Les données présentées reposent sur des affirmations effectives car elles ont été vécues puis recueillies sur le terrain. Les critères d'évaluation choisis restent néanmoins dépendants de la sensibilité de l'évaluateur et de sa capacité à remettre en contexte les dégâts. La grille d'évaluation établie se fonde sur des estimations relatives, s'appuyant sur des témoignages.

Ce sont les interruptions de certaines installations qui ont permis de profiler les chaines d'impacts de ce territoire cyclonné. Par-dessus les problématiques visuelles détaillées auparavant, l'axe de réflexion de cet article reste la mise en évidence des liens de dépendances fonctionnels qui existent entre les infrastructures critiques. Ils représentent pour les installations aussi bien un facteur de relèvement rapide, qu'une source de complications s'ils viennent à être interrompus après un évènement majeur. Malgré l'ouverture que nous départons à la représentation visuelle de nos productions cartographiques, des éléments de réflexions sont d'ores et déjà identifiables dans l'analyse conjointe des cartes. La mise en confrontation des informations qui composent les entités cartographiques étudiées, permet de saisir les mécanismes de transmission des incidences entre les infrastructures.

En effet, la mise en confrontation des différentes cartes produites nous permet d'identifier les points de blocages intervenant en amont dans l'organisation des infrastructures. En ouvrant notre analyse à une vision globale du fonctionnement des installations, il est possible de discerner l'ensemble des rouages de leur mécanisme, ainsi que leurs points de vulnérabilités. C'est pourquoi, le niveau de dysfonctionnement d'une infrastructure importante peut mettre en péril plusieurs autres. L'interruption d'une installation, fonctionnellement liée à d'autres, engendre des conséquences en cascade. L'une des meilleures illustrations de ce principe est le cas des pharmacies du Nord de l'île. Leur fonctionnement dépend totalement du seul grossiste en médicaments de la partie française. Or, pour différentes raisons ce bâtiment a été totalement détruit et vidé de ses stocks. En analysant les dégâts de l'ouragan

sur les infrastructures, ce bâtiment en question a été complètement interrompu près de 300 jours. Désapprovisionnées, les pharmacies ont en conséquence été plus ou moins longtemps interrompues, jusqu'à établir une réorganisation temporaire pour assurer un service de distribution.

Investiguer la reconstitution spatiale et temporelle des conséquences de l'ouragan sur les infrastructures critiques, avec une analyse des liens de dépendances fonctionnels, permet de comprendre le fonctionnement des chaînes d'impacts du territoire. Cette analyse met en évidence l'imbrication qui existe entre les différentes observations faites sur le terrain. Les obstacles au bon fonctionnement des installations, voire leur interruption, font sens en observant tout la complexité de ce réseau de dépendances et des dégâts subis. Les perspectives de ce travail s'orientent vers le rapprochement de ces analyses jusqu'à une représentation commune. Au terme de ce travail, un moyen de figuration devra permettre de mettre en relation : dégâts, temps d'interruption, et liens de dépendances fonctionnels. Ce choix apporte une nouvelle capacité d'observation de la complexité du sujet avec une visualisation simple et éloquente pour les acteurs. Des décisions stratégiques pourront en être issues. De plus, le caractère répliquable de la méthodologie développée permet d'orchestrer de nouvelles analyses. Grâce à ces travaux, il est envisageable dans le temps de comparer ces représentations initiales à des situations provoquant de nouveaux changements, comme : la survenue d'un nouvel événement cyclonique ou encore l'avant/après d'un remodelage stratégique des réseaux de dépendances fonctionnelles.

2.5.3 Supports à la prise de décision opérationnel

A l'image du projet TIREX dans lequel s'inscrivent nos travaux de recherches, un processus de réflexion débouche sur les enseignements à tirer pour l'avenir. Le raisonnement mené dans cet article conditionne à ce que la reconstitution spatiale et temporelle des chaînes d'impacts territoriaux peut apporter au point de vue scientifique mais également opérationnel. Il s'agit de conserver une mémoire du risque et de fournir aux acteurs locaux des éléments de réflexion donnant matière à discussions au point de vue organisationnel et de mise en place de mesures de mitigations. Dans le cas des infrastructures critiques, cette intention offre la possibilité aux décideurs de dimensionner l'ampleur des dégâts d'Irma sur l'ensemble des installations et de se représenter l'envergure des liens fonctionnels qui les lient. Cette vue d'ensemble offre un regard sur la détermination des actions prioritaires de prévention et de prévision, ainsi que l'identification des installations stratégiques à préserver en cas de crise.

Dans un premier temps, la reconstitution des dégâts de l'ouragan fige un état des lieux initial de la situation des infrastructures critiques au lendemain de la catastrophe. Cet historique permet d'identifier les installations les plus vulnérables au risque cyclonique, car leur propension à subir des destructions se reflète dans le niveau de dommages physiques évalués. De manière prospective, cette évaluation indique les lieux les plus sensibles aux événements tels qu'Irma, et oriente les priorités d'actions pour minimiser le coût des réparations. L'effondrement des murs de la centrale d'eau potable de Saint-Martin sur les systèmes de pompes ou encore le fait que la préfecture ait été soufflée, exposent cette priorité de renforcement des capacités de certaines installations à se maintenir. Attendu que, le temps d'interruption est bien souvent en adéquation avec le niveau de dommages, il est d'autant plus intéressant de se pencher sur les capacités de résistance et de résilience des infrastructures critiques.

Afin de limiter l'endommagement des installations, leur potentiel dysfonctionnement et jusqu'à leur temps d'interruption, deux stratégies complémentaires ou dissociées se présentent : disposer de capacités de résilience et/ou résister (Dauphiné *et al.* 2007). La notion de résistance fait référence à des solutions technicistes et des moyens de protections lourds qui s'opposent aux aléas. C'est le cas à Saint-Martin avec la présence quasi-systématique de volets para-cycloniques en façades ou encore des 300 mètres de digues construit autour du port de Galisbay. Quant à la notion de résilience en géographie des risques, elle renvoie à la capacité d'adaptation des systèmes à traverser une perturbation. Elle peut concrètement se matérialiser sur le terrain par l'initiative d'un recul stratégique, ou autrement par l'amélioration de la transparence hydraulique et éolienne des bâtiments (Bonnisse, 2019). Ceci ne reste qu'une liste non exhaustive de principes. Dans le cas de Saint-Martin, la transparence hydraulique de la centrale électrique aux vagues de submersion marine est une question cruciale dans le maintien de l'activité électrique. Ce bâtiment industriel est positionné en bord de mer pour alimenter avec suffisamment de puissance la centrale de potabilisation d'eau. Une prise en compte de la pénétration de l'eau dans les terres doit par exemple conditionner l'aménagement de cette installation vitale (installations en étages, minimiser les obstacles pleins, ...). La résilience comprend essentiellement des mesures prises en amont des événements. La préparation est la clé d'un territoire résilient (Rapport sur la reconstruction durable des îles du Nord, Gustin 2017)

En termes de capacité d'adaptation il est nécessaire, au vu des liens de dépendances fonctionnels mis en évidence, d'assurer prioritairement le maintien en activité de certaines installations en cas de crise (Gendarmerie, hôpital, etc...). Les cartographies établies à propos des liens de dépendances fonctionnels sont des vecteurs de communication pour dresser une liste des installations nodales dans le fonctionnement du territoire. Qui plus est en période de

crise où ces infrastructures ont un rôle porteur dans l'ossature de la réhabilitation et de la reconstruction de l'île. Ce territoire est dépendant de ses infrastructures critiques, fonctionnant à flux tendus entre elles. Une désorganisation peut rapidement se propager au point de geler celui-ci, en attendant la venue d'éléments extérieurs pour redresser la situation (Sécurité Civile,, ONG, ...). Il est important que Saint-Martin soit en mesure de protéger ces infrastructures, ainsi que son potentiel d'anticipation des crises.

La planification préalable des crises, en cas de catastrophe naturelle, est un domaine accomplis au niveau national en matière de mise en place de documents et d'intégration (Revet, 2009). Ce sujet fait par ailleurs régulièrement écho dans le livre blanc de la défense et de la sécurité nationale. Les collectivités territoriales en sont principalement concernées dans la mesure où « elles détiennent des compétences critiques, notamment en matière de gestion de services publics locaux » (Livre Blanc (2013). La rédaction de Plan Continuité d'Activité (PCA) est l'un des outils voués à assurer ces finalités. Il est définie par la norme ISO 22301 (2012) comme étant : « processus de management holistique qui identifie les menaces potentielles pour une organisation, ainsi que les impacts que ces menaces, si elles se concrétisent, peuvent avoir sur les opérations liées à l'activité de l'organisation, et qui fournit un cadre pour construire la résilience de l'organisation, avec une capacité de réponse efficace préservant les intérêts de ses principales parties prenantes, sa réputation, sa marque et ses activités productrices de valeurs».

Afin d'assurer le maintien des installations, il faut envisager et anticiper l'interruption des principales ressources (humaines, structurelles, fonctionnelles...) en prévoyant d'en utiliser d'autres. C'est par exemple le cas du COD (Centre Opérationnel Départemental) de Saint-Martin complètement détruit, contraint de se déplacer dans les murs de la gendarmerie de Savanes. Il est nécessaire de limiter les pertes afin d'éviter toute interruptions temporaire ou définitive des activités, avec l'utilisation d'un niveau de ressources minime. Dans le cas de la rédaction du plan d'un PCA, les résultats proposés sont susceptibles de contribuer à la rédaction d'un tel document.

2.6 Conclusion

Les crises démontrent que les installations ayant préalablement entrepris la mise en place d'une organisation visant à garantir le maintien de leur activité sont plus résilientes face aux événements majeurs. En amont, il faut pour cela avoir identifié les risques, analysé la vulnérabilité des systèmes, ainsi qu'évaluer la gravité des potentiels impacts et leurs effets en cascades afin de mettre en place des mesures anticipatives.

Les destructions subies lors de la saison cyclonique de 2017 ont permis de mettre en exergue les conséquences d'un ouragan de catégorie 5 sur les infrastructures critiques de Saint-Martin. Leur niveau d'endommagement et d'interruption a facilité l'identification des liens de dépendances fonctionnels qui les lient. Sur un territoire insulaire il en ressort que l'approvisionnement collectif de denrées alimentaires est l'objet des principales convoitises, aussi bien en temps normal que de manière inchangée en période de crise. Faire face à ce type d'évènement provoque néanmoins la réorganisation de certains systèmes et de leurs besoins. Le démarrage des groupes électrogènes durant l'interruption des réseaux électriques de distribution a par exemple provoqué une réorientation des besoins vers les stocks de carburants. Mettre en évidence ce type de basculement prépare aux futures capacités d'adaptation des gestionnaires, comme la mise en place de réserves stratégiques.

La mise en carte de ces dépendances, souvent innée, permet de mettre en avant l'envergure de ces adaptations et changements. Une prise en considération des éléments extérieurs, permanents et temporaires, ayant participé à la crise est tout de même manquante à cette analyse. A ce rang de modélisation, elle permet d'identifier les installations stratégiques dans le relèvement de ce territoire de manière introspective. L'une des principales difficultés reste la représentation cartographique de l'ensemble de ces informations abstraites. L'analyse statistique des données apporte davantage de perspicuité dans l'interprétation des grandes tendances des liens de dépendances. Les solutions à ces difficultés reposent possiblement dans l'utilisation de cartes interactives limitant la géovisualisation des informations ou encore l'isolement de celles-ci grâce à certaines représentations graphiques.

Ramené à Saint-Martin, reconnaître les infrastructures critiques décisives dans une phase de relèvement représente la possibilité de capitaliser ces informations dans l'élaboration de documents opérationnels. Etant donné les particularités géographiques et gouvernementales que présente l'île, il est envisageable de concevoir une stratégie prévisionnelle à l'échelle du territoire. Le côté individualiste d'un PCA pourrait être limité dans la rédaction novatrice d'un Plan de Continuité Territoriale.

Conclusion générale

Inscrit dans le cadre du projet TIREX (Transfert des apprentissages de Retours d'Expériences scientifiques), le sujet de ces travaux entrepris au sein de l'UMR GRED, ont voulu contribuer à l'avancée des partages d'expériences, en s'intéressant à la modélisation des chaînes d'impacts territoriaux provoquée par l'ouragan Irma sur le territoire de Saint-Martin. L'analyse des infrastructures critiques par le biais de la reconstitution de leurs dommages et des liens de dépendances fonctionnelles qui les relie, nous a permis de caractériser les relations qu'elles entretiennent en temps normale et en période de crise. La décomposition de ces liens, à la fois dans leurs orientations et leur importance envers les installations, favorise la perception de ce vaste réseau. Ces travaux trouvent leur aboutissant dans l'établissement d'une méthodologie d'évaluation et de représentation de ces informations. Ils laissent également une perspective de poursuite, en se penchant davantage sur de nouvelles possibilités de représentation.

Une approche géographique de la perception des chaînes d'impacts d'un territoire

En prenant en considération l'exposition aux aléas de Saint-Martin, sa situation économique et sociale, ainsi que l'importance des infrastructures critiques de ce territoire isolé, discerner les conséquences de l'interruption de chaque installation contribuant au fonctionnement de l'île semble capital. Une approche géographique telle que l'analyse spatiale permet aujourd'hui de saisir cette opportunité. La représentation des chaînes d'impacts territoriaux comprend la détermination de l'origine des besoins de chaque infrastructure pour fonctionner et la représentation de ces interactions abstraites. La spatialisation des liens de dépendances fonctionnelles peut être une manière de considérer l'envergure des échanges et des liens de causes à effets dans l'interruption d'une installation, puisqu'elle représente l'interdépendance des entités qui la composent.

La méthode de collecte et de représentation des données est expérimentale mais néanmoins transposable d'un territoire à un autre. Une mise à l'épreuve sur d'autres terrains d'étude semble nécessaire. Une approche comparative entre différents espaces touchés par l'ouragan Irma ou par d'autres aléas, avec un point de vue culturel, géographique, économique, et politique différents, apporterait un regard croisé sur les résultats obtenus. Le cas de Saint-Martin nous a permis d'illustrer les problématiques associées au temps d'interruption des installations, ainsi que l'utilité de mettre en place des documents s'affairant à une réflexion sur les moyens à disposition pour assurer la continuité du fonctionnement des infrastructures critiques.

Identification du rayonnement de certaines infrastructures au quotidien et dans les phases de relèvement

Le déroulement de la reconstitution spatiale et temporelle des chaînes d'impacts territoriaux choisis, comprend plusieurs étapes. De l'estimation des conséquences de l'ouragan à la détermination des liens de dépendances fonctionnelles, nous avons pu constater que les gestionnaires des différentes installations sont soumis à des pressions inégales, suivant l'influence de leur organisation (ou réorganisation) dans le processus de relèvement post-crise. Les infrastructures couvrant les besoins vitaux tels que l'eau et l'électricité sont davantage sollicitées que les établissements secondaires ou aisément et rapidement remplaçables, à des propensions identiques. Les vecteurs d'acheminement des moyens (port et aéroport) contribuent pour cela très largement au caractère commutable des installations, en réceptionnant et en projetant du matériel en grande quantité.

C'est par l'intermédiaire des liens de dépendances fonctionnelles qu'il est possible de mettre en surbrillance les infrastructures critiques indispensables. Aussi bien au quotidien, que de manière charnière en période de crise. La convergence des besoins envers plusieurs points, identifie ceux-ci à différentes temporalités. Il est alors envisageable, à partir de ce constat de remonter les relations à risque en cas de dysfonctionnement et ainsi déterminer les chaînes d'impacts. Nous avons soupesé l'importance de chaque infrastructure critique en rendant lisible cette information cartographiquement. Les modélisations entreprises contribuent à l'appréciation des pièces élémentaires du puzzle dans l'organisation du territoire.

Apports pour les documents opérationnels dans l'assurance d'un relèvement optimisé

Des stratégies d'adaptation en amont des périodes post-catastrophes, peuvent être mises en place, dans l'objectif d'assurer la continuité des activités essentielles en cas de turbulences. Elles apportent une réponse notamment dans les situations où l'installation en question serait partiellement ou complètement interrompue. Porté par le courant de la poursuite de ces travaux, l'identification des infrastructures critiques les plus importantes donnerait la possibilité d'informer les décideurs sur l'ampleur des stratégies à établir. Le réflexe de cartographier des informations aussi conceptuelles, est susceptible d'optimiser la compréhension des échanges et de favoriser la prise en considération des chaînes d'impact dans la rédaction de ces plans. La représentation des liens de dépendances fonctionnelles représente par ailleurs la possibilité de mûrir une réflexion sur la durée maximale "admissible" de l'interruption des installations, avant d'entraîner des réactions en chaînes.

Perspectives

À travers ce stage, nous proposons une approche géographique de l'identification des chaînes d'impacts pour mettre en évidence les infrastructures critiques les plus importantes à préserver des aléas. Par ce travail, nous encourageons la mise en place de stratégies visant à maximaliser la résilience du territoire en songeant et en anticipant les moyens capables d'assurer la continuité des activités les plus importantes. Les résultats présentés restent néanmoins à l'aube de leur développement. Il semble nécessaire de poursuivre, aussi bien la réflexion méthodologique, que les choix de représentation des données afin qu'ils soient lisibles de tous. L'identité insulaire de Saint-Martin a néanmoins permis de travailler à taille humaine et de développer dans le cadre d'un stage tourné vers la recherche, un sujet innovant et encore inexploité par les organismes opérationnels de crise.

Pour conclure, la clé de toute gestion de crise se trouve dans nos capacités à évaluer les risques mais également à prendre en considération les pires scénarios catastrophe, en anticipant l'effondrement des besoins nécessaires à la résolution de celle-ci.

Bibliographie

André J-C., Royer J-F., Chauvin F. (2008) – *Géophysique externe, climat et environnement, Les cyclones tropicaux et le changement climatique* – in Geoscience 340, pp. 575-583.

Autorité de régulation des communications électroniques et des postes (2018) – *L'ARCEP et les marchés régulés* – rapport d'activité Tome I, 136 p.

Bahoken F. (2012) – *Contribution du raisonnement logique à la cartographie des flux* – in : Acte de a conférence internationale de la géomatique et analyse spatiale, Université de Liège, pp.13-29

Bahoken F. (2014 (a)) – *Eléments pour une représentation (carto)graphique des matrices de flux* – in : Mappemonde n°115, 16 p.

Bahoken F. (2014 (b)) – *Pour le renouvellement de la sémiologie de la carte de flux* – in : CFC n°222, pp. 109-121.

Bahoken F. (2016) – *Contribution à la cartographie d'une matrice de flux* – Thèse pour obtenir le grade de docteur, Université Paris Diderot (Paris 7), 519 p.

Bailey, T., & Gatrell, A. (1995) - *Interactive Spatial Data Analysis* – ed : ESSEX Longman, 413 p.

BAVOUX J-J., CHAPELON L., (2014) – *Dictionnaire d'Analyse Spatiale* – ed : Armand Colin, 608 p.

Bonnisse C. (2019) – *L'intensité environnementale atténuée, l'île de Saint-Barthélemy, vers la résilience des quartiers* – Mémoire de projet ESA, Paris. 107 p.

Breukelman J., Brink G., De Jong T., Floor H., (2009) - *Selecting Flow Data* - Manual Flowmap software v.3.2, Faculty of Geographical Sciences, Utrecht University, the Netherlands, pp. 42-44.

Bunge W. (1966) – *Theoretical geography* – in : Lund studies in geography, serie C : general and mathematical geography, n°1, pp. 561-572.

Chambre territoriale des comptes Saint-Martin (2017) – *rapport d'observations définitives et sa réponse* – document technique, 99 p.

Côme E., K.EIMahrssi M. , Oukhellou L. (2014) – *Cartographie interactive des matrices Origines / Destinations* – in : Hermes Science Publication, pp. 1-8.

Comfort L. (2002) - *Rethinking Security: Organizational Fragility in Extreme Events* – in : Public Administration Review, n°62, pp. 98-107.

Couclelis (2010) - *Ontologies of geographic information* – in : international journal of geographical information science, vol. 24, pp. 1785-1809.

CUE (Conseil de l'Union Européenne) (2008) - *DIRECTIVE 2008/114/CE DU CONSEIL du 8 décembre 2008 concernant le recensement et la désignation des infrastructures critiques européennes ainsi que l'évaluation de la nécessité d'améliorer leur protection* – in : Journal officiel de l'Union européenne, 8 p.

Dauphine A. & Provitolo D. (2007) - *La résilience : un concept pour la gestion des risques*- in : *Annales de Géographie*, 654, 2, pp. 115-125.

Dominguès C., Corby O., Soualah-Alila (2012) – *Raisonnement sur une ontologie cartographique pour concevoir des légendes de cartes* - 12e conférence internationale francophone sur l'extraction et la gestion des connaissances, Bordeaux, pp. 309-314.

Duvat V., (2008) – *Le système du risque à Saint-Martin (Petites Antilles françaises)* – in : *Développement durable et territoires*, Dossier 11.

FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY (2018) – *Mitigation assessment team report, Hurricane Irma in Florida, Building performance observations, recommendations, and technical guidance* – ref : FEMA P-2023 / December 2018, 181 p.

FEDERATION FRANCAISE DE L'ASSURANCE (2018) - *Ouragan Irma : les assureurs accompagnent la reconstruction des territoires* – Communiqué de presse, 1p.

Galland J-P. (2010) – *Critique de la notion d'infrastructure critique* – in : *Métropolis* n°81 pp. 6-18.

Grangeat Amelie (2016) - *Vulnérabilité, résilience et effets cascade entre réseaux techniques: apports de la modélisation systémique et spatiale pour la planification et la gestion de crise au profit des opérateurs de réseau et de la sécurité civile* – Thèse en vue de l'obtention du grade de docteur, université de Lyon, 268 p.

Graser A., Schmidt J., Roth F., Brandle N., (2019) - *Untangling origin-destination flows in geographic information systems* – in : *information visualization*, vol. 18, pp. 153-172.

GUSTIN P. (2017) – *Repenser les Iles du Nord pour une reconstruction durable, rapport du préfet, délégué interministériel à la reconstruction des îles de Saint Barthélemy et de Saint-Martin* – Délégation Interministérielle à la reconstruction des îles de Saint-Barthélemy et Saint-Martin, 34 p.

Holten D. (2009) - *Hierarchical edge bundles: visualization of adjacency relations in hierarchical data* – in : *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, vol. 12, no. 5, 8 p.

Homeland Security (2013) - *Executive Order 13636: Improving Critical Infrastructure Cybersecurity* – in : *Incentives Study Analytic Report*, 69 p.

Hong Z., Panpan X., Xiaoru Y., & Huamin Q. (2013) – *Edge Bundling in Information Visualization* – in : *tsinghua science and technology*, vol. 18, n° 2, pp.145-156.

Houlden V., Porto de Albuquerque J., Weich S., Jarvis S. (2019) - *A spatial analysis of proximate greenspace and mental wellbeing in London* – ed : *Applied Geography*, vol. 109, pp. 12-25.

Inspection Générale des services judiciaires (2018) - *Evaluation des dispositifs de prévention de la délinquance dans les départements de la guadeloupe, de la guyane et de la martinique, ainsi que dans la collectivité d'outre-mer de saint-martin* – Rapport de la mission permanente d'évaluation de la politique de prévention de la délinquance, 90p.

Institut National d'Etudes Démographiques (2015) – *Les tendances démographiques e migratoires dans les régions ultrapériphériques : quel impact sur leur cohésion économique, sociale et territoriale ?* – Rapport de synthèse, 252 p.

Kamissoko D. (2013) – *aide à la décision pour l'analyse de la vulnérabilité des réseaux d'infrastructure face à une crise de catastrophe naturelle* – Thèse en vue de l'obtention du grade de docteur, Université de Toulouse, 197 p.

La Porte T. (2006) - *Organizational Strategies for Complex System Resilience, Reliability, and Adaptation* – in : *Organizational Strategies for Complex System Resilience, Reliability, and Adaptation*, pp. 134-154.

Lefebvre B. (2010) – *Etude des interdépendances géographiques entre réseaux de support à la vie* – Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de maîtrise des sciences appliquées, Université de Montréal, 119 p.

LEONE F. (2002) – *Implications territoriales et socio-économiques des menaces naturelles en Martinique (Antilles françaises) : françaises une approche spatiale assistée par SIG* – in : *Annales de Géographie*, 111e Année, No. 627/628, APPROCHES GÉOGRAPHIQUES DES RISQUES «NATURELS», pp. 549-573

Leone F. (2006) - *Des cartes pour gérer le risque volcanique à la Martinique, Antilles françaises* – in : *R. i. géomatique*, pp. 341-358.

LEONE F., MESCHINET DE RICHEMOND N., VINET F., (2010) – *Aléa naturels et gestion des risques* – ed : puf, licence géographie, 288.

Lhomme S. (2012) - *Les réseaux techniques comme vecteur de propagation des risques en milieu urbain - Une contribution théorique et pratique à l'analyse de la résilience urbaine.* Géographie - Université Paris-Diderot - Paris VII, 376 p.

Magnan A., Duvat V., Garnier E., (2012) - *Reconstituer les « trajectoires de vulnérabilité » pour penser différemment l'adaptation au changement climatique* – in : *Natures Sciences Sociétés* n°20, pp. 82-91.

Meschinet de Richemond N., Reghezza M., (2010) - *La gestion du risque en France : contre ou avec le territoire ?* – in : *Annales de géographie*, No. 673(3), pp. 248-267.

Météo France (2017) – *Passage de l'ouragan exceptionnel Irma sur les îles Françaises des Antilles les 5 et 6 septembre 2017* – Communiqué de Presse de la direction interrégionale Antilles-Guyane, 6p.

Morel C. (2018) – *Protéger nos infrastructures vitales pour assurer notre résilience : les câbles sous-marins, entre invisibilité et vulnérabilité* – in : *Presses de sciences Po* n°30, pp. 419-426.

Muller C. (2014) – *The Carrington Solar Flares of 1859 : consequences on Life* – in : *Orig Life Evol Biosph* 44, pp. 185-195.

NATIONAL HURRICANE CENTER (2018) – *Tropical cyclone report, Hurricane Irma* – ref : AL112017, 111 p.

Nicolas T., Pagney Bénito-Espinal F., Lagahé E., Gobinddass M., (2018) - *Les catastrophes cycloniques de septembre 2017 dans la Caraïbe insulaire au prisme de la pauvreté et des fragilités sociétales* - in : *EchoGéo* 46.

November V., (2006) - *Le risque comme objet géographique* – in : *Cahiers de géographie du Québec*, No. 50(141), pp. 289-296.

O'Rourke T.D., Jeon S., Toprak S., Cubrinovski M., Jung J-K. (2012) - *Underground Lifeline System Performance during the Canterbury Earthquake Sequence* – 15 WCEE, LISBOA 2012, 24 p.

Observatoire National de la Délinquances et des Réponses Pénales (2018) - *L'arme à feu est le moyen le plus utilisé pour commettre un meurtre en Guadeloupe et à Saint-Martin* – Repères n°35, 32 p.

O'SULLIVAN D., J. UNWIN D., (2010) - *Geographic Information Analysis, Second Edition* – 432 p.

Pellet R. (2009) – *Système expert de modélisation des effets domino entre réseaux de support à la vie* – Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de maîtrise des sciences appliquées, Université de Montréal, 109 p.

Pigeon P. (2010) – *Catastrophes dites naturelles, risques et développement durable : Utilisations géographiques de la courbe de Farmer* – in : vol. 10 n°1 VertigO, Ethique et Environnement à l'aube du 21ème siècle : la crise écologique implique-t-elle une nouvelle éthique environnementale ?, 13 p.

Pumain D., Saint-Julien T., & Sanders I. (1984) - *Vers une modélisation de la dynamique intra-urbaine* – in : L'espace géographique, vol. 13 n°2, pp. 125-135.

Revet S. (2009) – *Vivre dans un monde plus sûr, catastrophes naturelles et sécurité globale* – in : Culture et conflit, 75, pp. 33-51

Roux F., Viltard N., (1997) – *les cyclones tropicaux* – in : la météorologie 8^{ème} série, n°18, pp. 9-33.

Sasaki S., Suzuki H., Igarashi K., Tambatamba B., Mulenga P. (2008) - *Spatial Analysis of Risk Factor of Cholera Outbreak for 2003–2004 in a Peri-urban Area of Lusaka, Zambia* – in : T. A. Hygiene, pp. 414-421.

Therrien M-C. (2010) – *Stratégie de résilience et infrastructures essentielles* – in : Téléscope, vol. 16 n°2, pp. 154-171.

Tobler W. (1987) – *Experiments in migration mapping by computer* – in : the american cartographer, vol. 14, issue 2, pp. 155-163

Torricelli G.P. (1997) – *Navetteurs en Suisse et en Italie du Nord : Images des flux et de leurs changements* – in : Mappes Monde vol. 4, pp. 9-13.

Tricart J. (1992) – *Catastrophes techniques amplifiant des catastrophes naturelles* – in : Annales de Géographie, t. 101, n°568, pp. 663-668.

Veyret Y. & Laganier R. (2013) – *Atlas des risques en France. Prévenir les catastrophes naturelles et technologiques (Atlas/Monde)* – ed : autrement, 96 p.

Warusfel B. (2010) – *La protection des réseaux numériques en tant qu'infrastructures vitales* – in : Club des directeurs de sécurité des entreprises, pp. 31-39.

Webographie

Colombier M (2018) – *Pourquoi l'ouragan Irma a dévasté l'île de Saint-Martin il y a un an ?* – intervention dans un reportage de radio France Internationale
(<https://www.youtube.com/watch?v=02Zi-fmkssY>)

Plateforme pédagogique du Pr. Grasland
<http://grasland.script.univ-paris-diderot.fr/>*

Archives ouvertes du ministère des outre-mer
<http://archive.wikiwix.com/cache/?url=http%3A%2F%2Fwww.outre-mer.gouv.fr%2Fsaint-barthelemy>

Site de la Banque Mondiale
<https://donnees.banquemondiale.org/pays/saint-martin-fr?view=chart>

Présentation de Météo France "Les données climatologiques disponibles pour analyser l'activité cyclonique" Soubeyroux *et al.*
https://cse.ipsl.fr/files/journee_cyclones/Cyclones_6fev2018_Soubeyroux.pdf

Présentation de la DIECCTE de Guadeloupe
http://quadeloupe.dieccte.gouv.fr/sites/quadeloupe.dieccte.gouv.fr/IMG/pdf/defm_saint-martin_3e_trim_2018-2.pdf

Liste des figures

Figure 1: Carte de la saison cyclonique de 2017 (Source : NOAA).....	8
Figure 2 : Histogramme illustrant le rapprochement d'Irma vers Saint-Martin en considérant sa catégorie (réalisation A.ARNOULD à partir des bulletins du NHC)	9
Figure 3 : Cartographie des dommages provoqués par Irma (2017), selon les données COPERNICUS	10
Figure 4 : Carte de localisation des îles de Saint-Martin et de Saint-Barthélemy dans la Caraïbe	22
Figure 5 : Carte des aéroports desservants Saint-Barthélemy, Saint-Martin et Sint-Maarten	25
Figure 6 : trajectoires cycloniques des ouragans enregistrés supérieurs à la catégorie 3 (SS) entre 1969 et 2009	30
Figure 7 : Pyramide des âges de la population (source : INSEE, 2015).....	34
Figure 8 : Répartition de l'emploi à Saint-Martin en 2015 (Source : INSEE)	36
Figure 9 : Evolution de la demande d'emploi à Saint-Martin (source : Pôle-Emploi)	36
Figure 10 : Panneau de chantier suite à l'ouragan.....	36

Figure 11 : répartition de l'emploi à Saint-Barthélemy en 2015 (source : INSEE)	37
Figure 12 : évolution de l'ouragan Irma entre le 30 août et le 12 septembre 2017	46
Figure 13 : mise en forme cartographique des données de hauteurs d'eau relevées par le CEREMA.....	46
Figure 14 : Structure d'un cyclone (source Météo France)	47
Figure 15 : position de la centrale électrique sur le littoral (source : A.ARNOULD 2019)	53
.....	53
Figure 16 : Unité de dessalement détruite (source : RMC découverte).....	53
Figure 17 : Préfecture de Marigot (source : A.ARNOULD, 2019).....	53
Figure 18 : Centre d'Intervention et de Secours de Savannes (source : Agnes Etchegoyen, 2017)	53
Figure 19 : Destruction du haut vent du service des urgences à Concordia (source : Agnes Etchegoyen, 2017)	53
Figure 20 : Chronogramme	58
Figure 21 : nature et localisation des infrastructures critiques de la partie française de Saint-Martin d'après la classification, GRED (2018)	62
Figure 22 : schéma simplifié du détournement des cartes de flux à l'étude des liens de dépendances fonctionnels	67
Figure 23 : extrait d'une matrice O-D appliquée au cas de la partie française de Saint-Martin, GRED (2019).....	69
Figure 24 : Cartographie des impacts de l'ouragan Irma sur les infrastructures critiques de Saint-Martin GRED (2019).....	70
Figure 25 : temps moyen d'interruption des activités en jours par niveau de dommage physique.....	71
Figure 26 : Atlas cartographique des liens de dépendances fonctionnelles	75
Figure 27 : représentation edge bundling (source : Holten, 2009))	78
Figure 28 : "disposition circulaire améliorée" (source : Vega Project)	78
Tableau 1 : ouragans de catégorie 5 ayant impacté les Antilles	28
Tableau 2: grille d'évaluation des infrastructures critiques, GRED (2019)	66

Annexes 01

Analyse du réveil économique

Mission TIREX – mars/avril 2019

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)



Résumé :

Mission de huit semaines sur les îles de Saint Martin & Saint Barthélemy effectuée dans le cadre d'un stage de M2 GCRN 2018/2019. Parmi les travaux demandés : une investigation terrain et représentation cartographique du réveil économique, en prenant en considération le caractère social de la catastrophe.

Contexte

L'un des enjeux principal du projet TIREX est de conserver une mémoire du risque et des évènements passés au cours de la gestion de la crise cyclonique IRMA (2017) sur le territoire de Saint-Martin et de Saint-Barthélemy.

Ce rapport intervient après une quatrième mission de l'UMR GRED sur le terrain. Celle-ci s'est déroulée du 4 mars au 22 avril 2019, les objectifs de celle-ci concernaient principalement la poursuite de travaux déjà entrepris dans le cadre de cette ANR, mais également le lancement de nouvelles perspectives d'études. Les différentes actions entreprises sur le terrain par l'équipe de recherche couvraient :

- l'acquisition de nouvelles données (images drone, ...)
- le recueil de témoignages de personnes ciblées
- la poursuite d'entretiens sur le plan de l'enquête sociale du projet
- l'investigation de terrains d'études
- la poursuite du suivi de la reconstruction
- la visite d'infrastructures critiques
- la restitution dans les bâtiments de la collectivité territoriale des premiers résultats intermédiaires du projet

De plus, au titre de l'accomplissement d'un stage de M2 GCRN (promotion 2017/2019) au cours de cette mission, une démarche de présentation du cadre d'étude sur place et d'accompagnement dans les premières analyses a été effectuée par l'équipe GRED. L'équipe de recherche était composée de : Frédéric LEONE ; Monique GHERARDI, Thomas CANDELA ; Stéphanie DEFOSSEZ ; Tony REY et Anthony ARNOULD.

Faisant le sujet principal de ce rapport de mission, une des thématiques traitées lors de ce stage portait sur l'analyse du réveil économique des îles de Saint-Martin et de Saint-Barthélemy. Cette tâche impliquait d'interroger les commerçants au travers d'entretiens semi directifs sur la date de réouverture de leur affaire et des difficultés rencontrées à cette dernière. L'objectif de cette démarche était d'alimenter une base de données spatiale au vu de l'exploiter cartographiquement.

Cet écrit est la résultante d'une première interprétation des données obtenues sur le terrain à propos du réveil économique des secteurs d'étude localisés à Saint-Martin et Saint-Barthélemy. L'analyse des données est organisée de façon à comparer les différents terrains d'investigations.

Introduction scientifique

La résilience économique : c'est quoi ?

La résilience est un concept transdisciplinaire. Dans la géographie, elle peut être perçue comme la capacité des systèmes (sociaux, spatiaux, économiques, etc.) à se maintenir, voire à intégrer la perturbation à sa situation post-catastrophe (Djament-Tran et al., 2012). Le relèvement de l'économie territoriale dépend essentiellement des capacités de réouverture des secteurs d'activités les plus fructueux. À la suite d'une perturbation majeure, la résilience commerciale est un levier pour le redressement financier et l'attractivité d'un espace (Desse, 2014). Le secteur touristique est par ailleurs bien souvent l'un des enjeux les plus vulnérables face aux aléas naturels (Tejan & Safaa, 2018). En effet, si la reprise du tourisme représente une composante importante dans le relèvement d'un territoire, elle reste cependant l'une des plus longues et difficiles tâches de son rétablissement.

Le concept de résilience d'un territoire dans la gestion des risques inclut son relèvement économique. En l'absence de plan défini, mesurer le redressement d'un territoire par des indicateurs, relève de la construction de paramètres empiriques. De nombreuses études traitent par ailleurs de la résilience des territoires sous le prisme assurantiel (Nussbaum, 2013). Le choix de ces travaux s'est orienté vers une représentation spatiale et temporelle de la réouverture des activités commerçantes. Cet indicateur représente une approche novatrice et issue de données recueillies sur le terrain.

Dans le cas de l'île de Saint-Martin, les actions de pillage ont parfois été aussi destructrices que les conséquences de l'ouragan. Ces délits ont été jusqu'à détruire des activités commerçantes épargnées ou ralentir leur réouverture. A l'image des événements survenus en Nouvelle-Orléans lors du passage de l'ouragan Katrina en 2005 (Mancebo, 2006), Irma rappelle également qu'au-delà d'un impact physique il existe également une dimension sociale des catastrophes. Malgré l'activation de la vigilance météorologique grise comportant une interdiction temporaire de sortir après le passage de l'ouragan, les personnes démunies sont descendus dans les rues. Certains magasins alimentaires, éventrés par la force des vents, ont été pris d'assauts par les populations pour récupérer de quoi manger. Il reste cependant difficile de distinguer les pillages et les actions légitime pour survivre. La limite entre les deux est bien souvent floue.

C'est pourquoi, dans le cadre de ce travail nous recherchons à spatialiser la reprise de l'activité économique en s'attachant à prendre en considération une partie du caractère social de la catastrophe au travers des pillages.

Méthodologie

Afin de représenter cartographiquement le réveil économique des îles de Saint-Martin et de Saint-Barthélemy, une approche terrain a été élaborée. Elle consiste à interroger sur place les responsables d'activités économiques (magasin, boutique, garages automobile, restaurants, hôtels ...) sur les circonstances de la réouverture de leur affaire après Irma et les dommages auxquels ils ont dû faire face. Nous avons ciblés l'ensemble des activités commerçantes car elles représentent des sources de revenus considérables pour l'économie locale. Ces territoires insulaires fonctionnent majoritairement grâce au tourisme. Nos enquêtes se sont principalement concentrées sur les villes de Grand-Case, Marigot, Phillipsburg et Gustavia car elles représentent les bassins économiques de ces îles.

Une grille d'analyse sous forme d'entretien semi-directif a été établie au cours d'une précédente mission de terrain de l'ANR TIREX. A la date de rédaction de ce rapport, trois missions de terrains avaient participées à l'alimentation de cette base de données. Parmi les 371 activités interrogées en mai 2019, les critères suivant ont été recherchés afin d'analyser le réveil économique de ces îles du Nord :

- le genre d'activités : *correspondant à une estimation sur place de la nature de celle-ci*
- le secteur d'activité correspondant à la classification naf (nomenclature des activités française) de l'insee
- le nom de l'activité : *afin d'identifier individuellement chaque activité*
- la date de réouverture : *correspondant à la date de réintégration des employés*
- la date de reprise : *correspondant à la date de réouverture au public*
- les dommages : *faisait référence à une rapide description des dommages subis*
- la situation au lendemain de la catastrophe : *si l'activité a été pillée ou non*
- le temps de réouverture : *en jours*
- les freins à cette réouverture : *les facteurs de ralentissements de la réouverture (ex : remboursement de l'assurance)*
- l'origine des dégâts : *exemples : déprédation, infiltration d'eau*
- localisation x ; y
- l'incertitude : *correspondant au pourcentage d'incertitude estimé dans la date précise de la réouverture de l'activité*

Au titre de ce rapport, l'intégralité des éléments de réponses n'a cependant pas été exploité. L'exploration cartographique et statistique de certains critères, comme l'incertitude ou les dommages reste à faire-valoir. Ce rapport se concentre principalement sur le temps de réouverture des activités et les phénomènes de pillages.

Terrains d'investigation

Secteurs d'enquêtes de l'île de Saint-Martin et Saint-Barthélemy, dans les Antilles du Nord

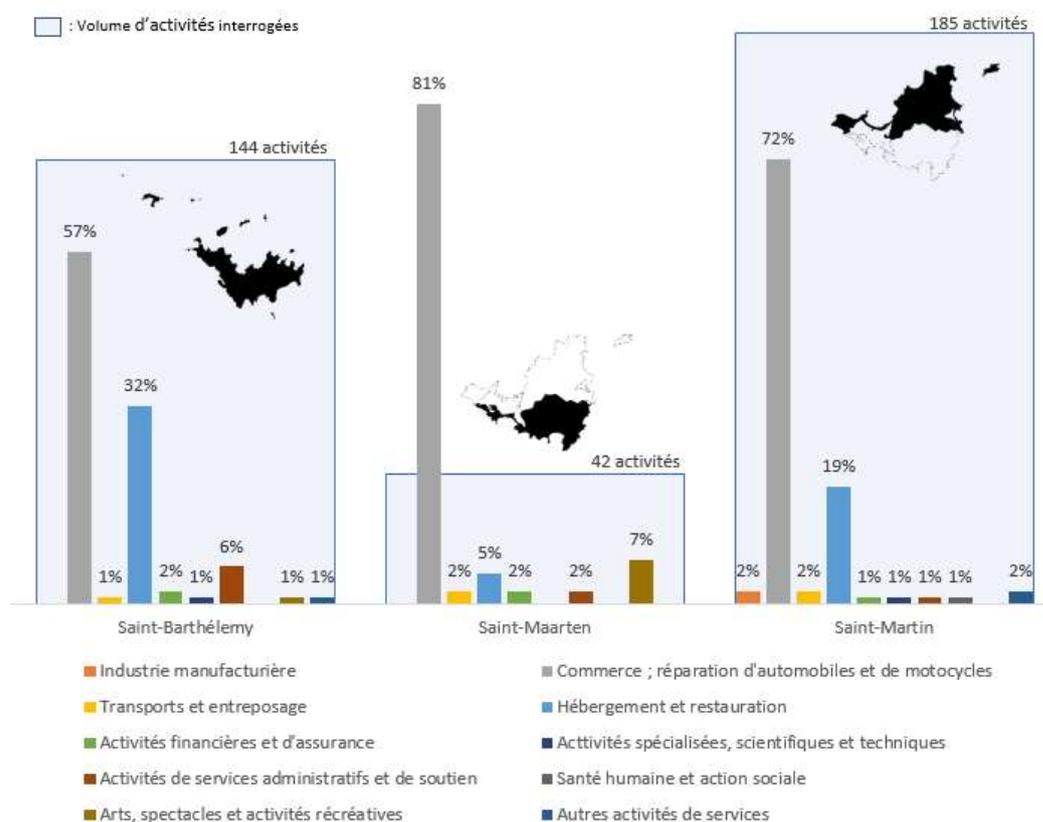


Répartition des activités interrogées

Afin de représenter le nombre d'entités interrogées et les secteurs d'activités dans lesquels ils interviennent, nous proposons une classification de celles-ci selon la Nomenclature d'Activités française (NAF). Cette classification permet de ranger les activités interrogées dans un cadre déjà établi et reconnu. La finalité de cette démarche est essentiellement statistique et son utilisation favorise les comparaisons. Une meilleure comparabilité des secteurs géographiques interrogés est ainsi favorisée.

En analysant les différents volumes d'activités interrogées, la partie française de l'île Saint-Martin et Saint-Barthélemy sont davantage représentées parmi la totalité des échantillons d'étude confondus. Les commerces, suivis des hébergements et établissements de restauration sont les principaux sujets de cette analyse du réveil économique. Ceci s'explique par le fait que les principales activités des îles sont tournées vers le tourisme.

Au vu des prochaines analyses il est important de considérer cette répartition géographique et sectorielle des activités interrogées car la remise en contexte permet bien souvent de comprendre les résultats des différents traitements et représentations.

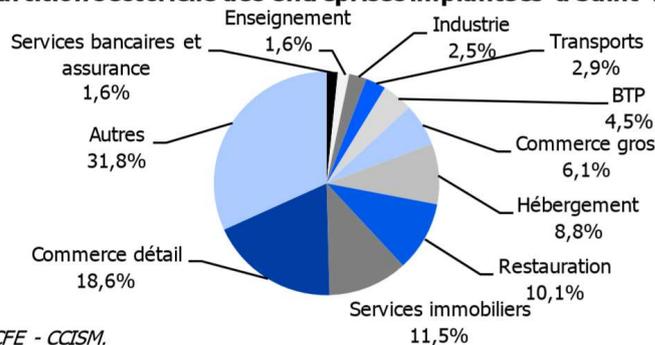


Classification adaptée de la NAF (Nomenclature d'Activités Française), INSEE ed. 2019

Les îles du Nord et l'importance du tourisme pour celles-ci

Bien que les échantillons des activités interrogés ne soient pas exhaustifs sur les trois secteurs d'étude, la surreprésentation des activités commerciales [G] ainsi que les lieux d'hébergement et de restauration [I] est représentative de la majorité des activités rencontrées sur le terrain. Ces deux secteurs d'activités classés selon NAF sont les principaux outils de l'économie locale des îles du Nord. Selon les rapports de l'institut d'émission des départements d'Outre-Mer (2018), et la Banque Mondiale (IBRD – IDA) pour ce qui est de la partie hollandaise, l'économie de ces territoires est fortement tertiaisée et essentiellement tournée vers le tourisme. En ce qui concerne la partie française de Saint-Martin, le passage de l'ouragan Irma a laissé derrière lui un tissu économique encore plus érodé qu'auparavant avec un taux de chômage importants (1/3 de la population active selon l'INSEE).

Répartition sectorielle des entreprises implantées à Saint-Martin en 2016

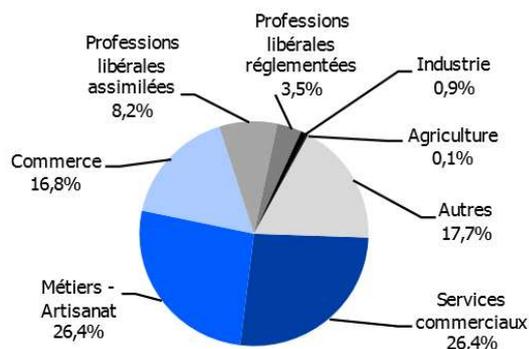


Source : CFE - CCISM.

A titre comparatif, le secteur du tourisme à Sint-Maarten a également beaucoup souffert des dégâts de l'ouragan et notamment ceux occasionnés à l'aéroport de Princess Juliana. Le taux de chômage de ce territoire est passé de 6,2% en 2017 à 9,9% en 2018, selon la banque mondiale. Sur l'ensemble de l'île de Saint-Martin, les dommages occasionnés aux logements et aux équipements de voyageurs ont considérablement réduit l'attractivité de cette destination touristique, engendrant une augmentation du taux de chômage.

Quant à Saint-Barth, l'île présente une économie similaire mais basée sur le tourisme résidentiel haut de gamme avec un taux de chômage particulièrement bas, et ce, malgré le passage de l'ouragan. Une part importante concerne également le BTP.

Répartition par collège d'activité des entreprises de Saint-Barthélemy en 2017



Source : Chambre Économique Multiprofessionnelle.

SAINT-MARTIN (FR)

Chiffre clés :

- **304 entités dénommées "magasins" dans la base de données OSM (OpenStreetMaps)**

- **185 activités économiques interrogées par la mission TIREX**
 - Parmi cet échantillon d'analyse :**
 - **133 activités reconnues en tant que « commerces [...] » par la classification NAF**
 - **une variation de 1 à 506 jours de fermeture**
 - **60 jours de fermeture étant la réponse la plus récurrente**
 - **121 jours de fermeture en moyenne**
 - **52 activités pillées, soit 28% des interrogées**



Réveil économique de Saint-Martin (Fr)

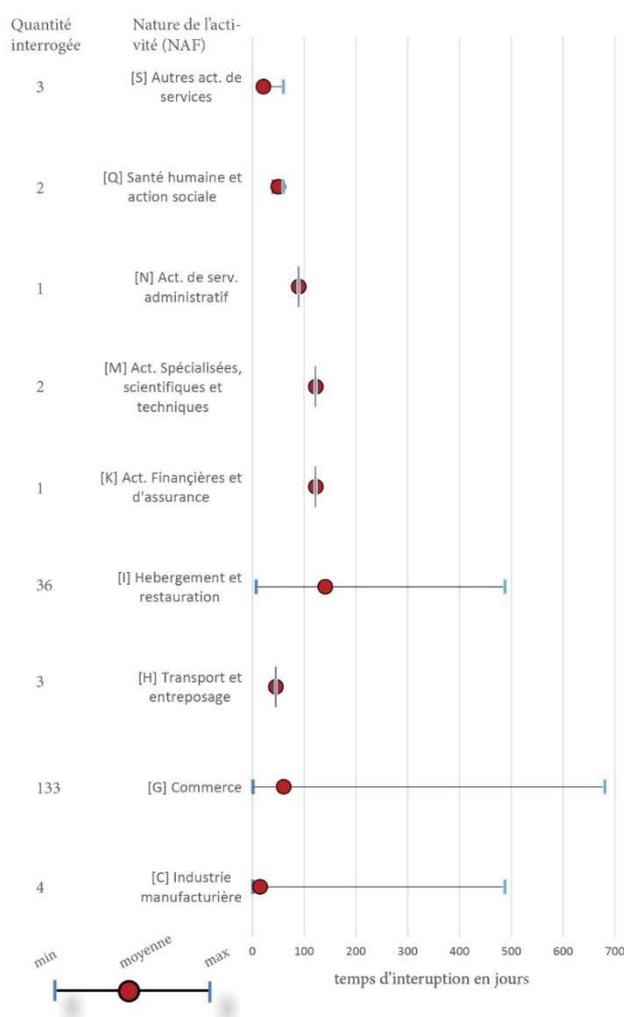
Le secteur Nord de l'île présentait encore beaucoup de dégâts à a date de cette quatrième mission sur le terrain. Les activités commerçantes reprenaient cependant de la vigueur, et ce, malgré une activité touristique encore bien timide selon les témoignages.

Au prorata du nombre d'activités interrogées par secteur, uniquement les catégories [I] et [G] de la NAF sont suffisamment représentés pour en interpréter des tendances. Elles correspondent aux activités d'hébergement et de restauration ainsi que les commerces.

Pour ce qui est de l'ensemble de partie française, les 36 lieux d'hébergement ou de restauration interrogés ont en moyenne mis jusqu'à 143 jours pour se rétablir. Cependant une minorité d'entre eux ont tout de même rouvert après plus d'un an de fermeture. On observe auprès des commerces ce même écart. Le temps de fermeture est en moyenne fixé à 70 jours, mais des extrêmes sont montés jusqu'à un peu moins de deux ans.

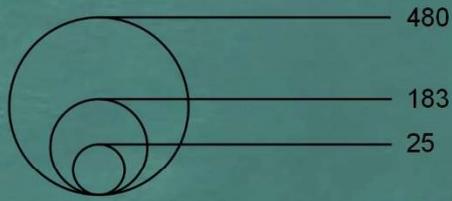
La plupart des activités ayant mis beaucoup de temps à rouvrir se situent à Grand-Case. La moyenne générale (toutes activités confondues) est de 203 jours de fermeture dans ce secteur d'étude. Malgré le fait qu'elles aient été relativement épargnées par les pillages, les activités économiques de ce secteur ont subis de lourds dégâts. Les destructions ont essentiellement été occasionnées par la proximité de la principale rue touristique de Grand-Case avec le littoral.

Marigot, en revanche, a davantage souffert de la frénésie des pillages avec un tiers des activités interrogés victimes de ces faits. La moyenne générale du temps de fermeture des activités est cependant inférieure à la tendance de la partie française, avec une moyenne de 88 jours (contre 121 sur l'ensemble de la partie française). Concernant les dynamiques spatiales de ces pillages, deux zones on principalement été ciblées : les galeries Howell-Center, et la rue Charles de Gaulle qui concentre une majorité de boutique d'articles de valeur.



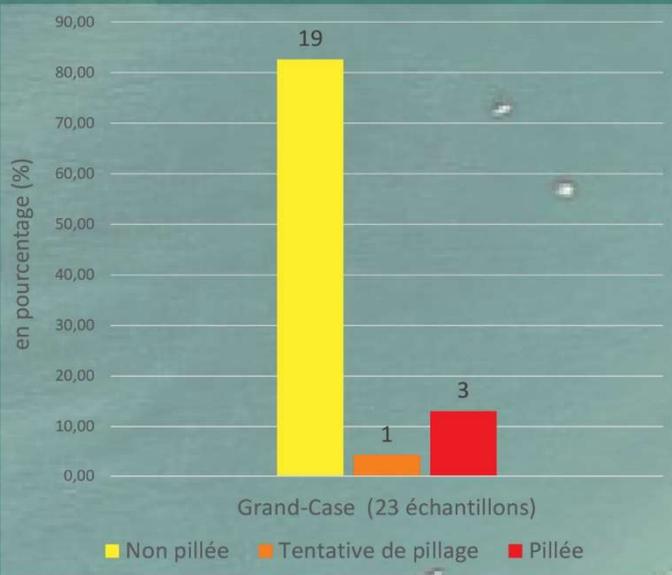
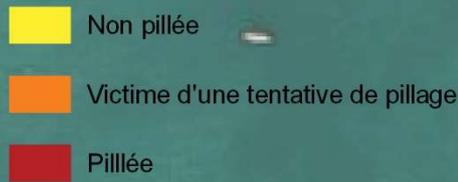
Grand-Case

Temps de réouverture des activités commerçantes :



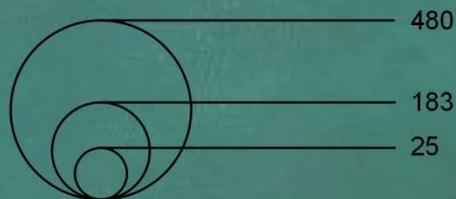
203 jours de fermeture en moyenne

Situation dans les jours suivants la catastrophe :



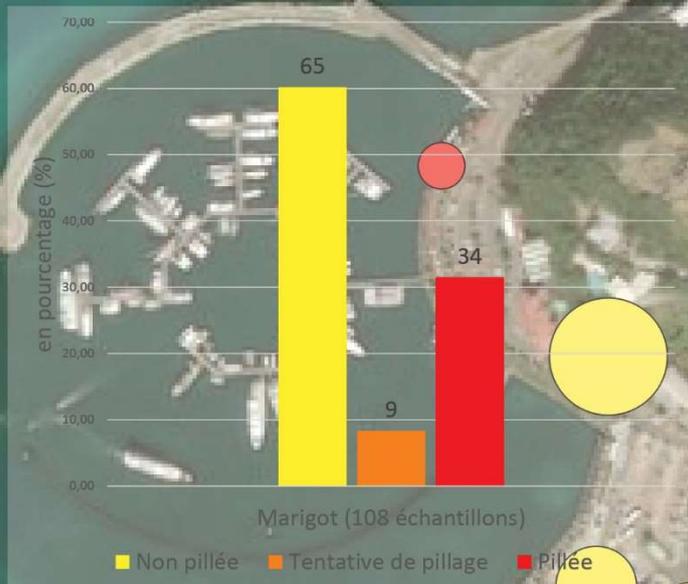
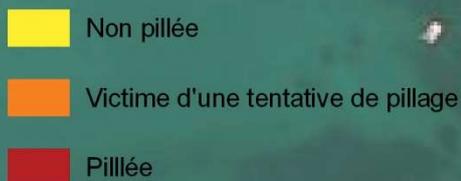
Marigot

Temps de réouverture des activités commerciales :



88 jours de
fermeture en moyenne

Situation dans les jours suivants la catastrophe :



SINT-MAARTEN (HL)

Chiffre clés :

- **512 entités dénommées "magasins" dans la base de données OSM (OpenStreetMaps)**

- **42 activités économiques interrogées par la mission TIREX**
 - Parmi cet échantillon d'analyse :**
 - **34 activités reconnues en tant que « commerces [...] » par la classification NAF**
 - **une variation de 5 à 488 jours de fermeture**
 - **60 jours de fermeture étant la réponse la plus récurrente**
 - **119 jours de fermeture en moyenne**
 - **14 activités pillées, soit 33% des interrogées**



Réveil économique de Sint-Maarten (HL)

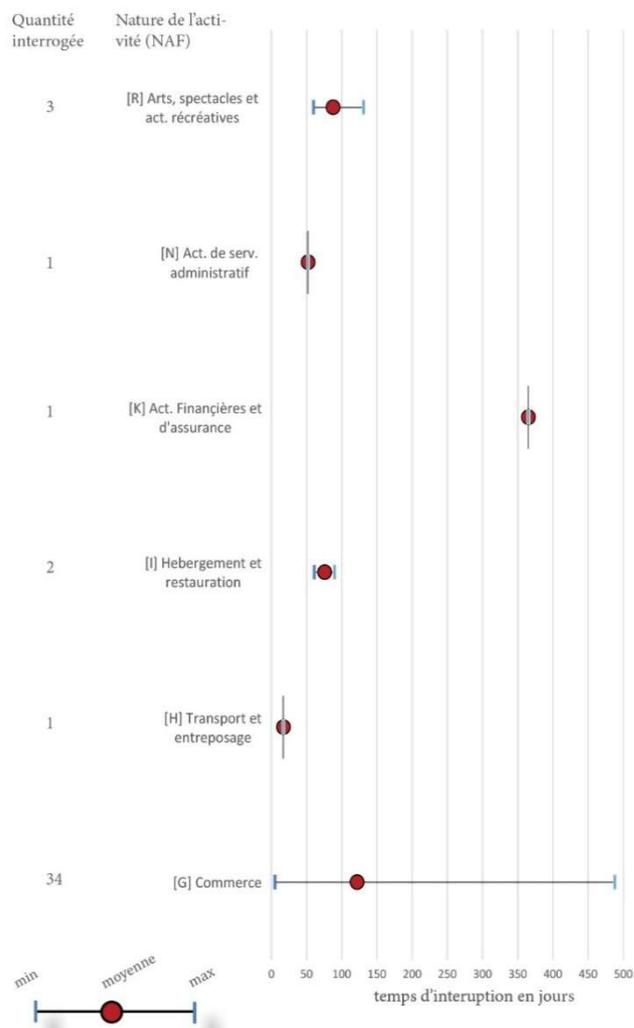
D'après les témoignages recueillis, sur la partie française, mais également sur la partie néerlandaise, la clameur publique partage le fait que le gouvernement Hollandais aurait mieux gérer la crise et la lutte contre les pillages après l'ouragan. Cependant les activités économiques interrogées de ce côté de l'île laissent entrevoir des résultats différents.

Les entités interrogées concernent presque exclusivement les rues commerçantes de Phillipsburg, où un taux de pillage (tentatives comprises) avoisine les 50%. Il faut néanmoins remettre en contexte qu'un échantillon de seulement 35 activités alimente cette réflexion.

La rue parallèle au front de mer concentre beaucoup de commerces dont une majorité de boutiques de vêtements de luxe et de bijouteries. Ces activités ont été les principales cibles des pillages en bande organisée. Il faut ajouter à ça un facteur d'endommagement important avec la proximité des boutiques au trait de côte. La moyenne générale du temps de fermeture de l'ensemble des activités interrogés du côté Hollandais (qui se résume principalement à Phillipsburg) est de 120 jours.

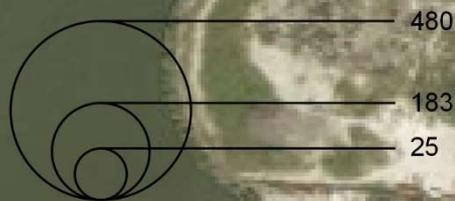
Le temps maximum de fermeture exprimé par un commerçant est significativement inférieur par rapport au côté français et il n'y pas de différence concernant le temps de fermeture le plus récurrent qui est de 2 mois.

En explorant le centre-ville touristique de Phillipsburg, il règne néanmoins un climat de sécurité influencé par le modèle américain. Depuis l'ouragan Irma chaque bijouterie dispose d'un agent de sécurité armé à ses portes.



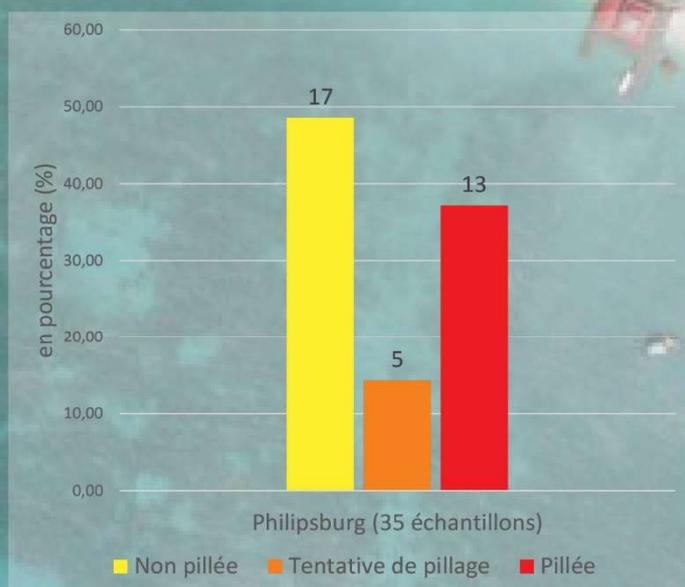
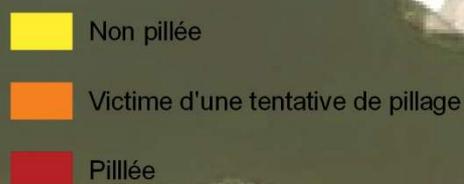
Philipsburg

Temps de réouverture des activités commerciales :



120 jours de
fermeture en moyenne

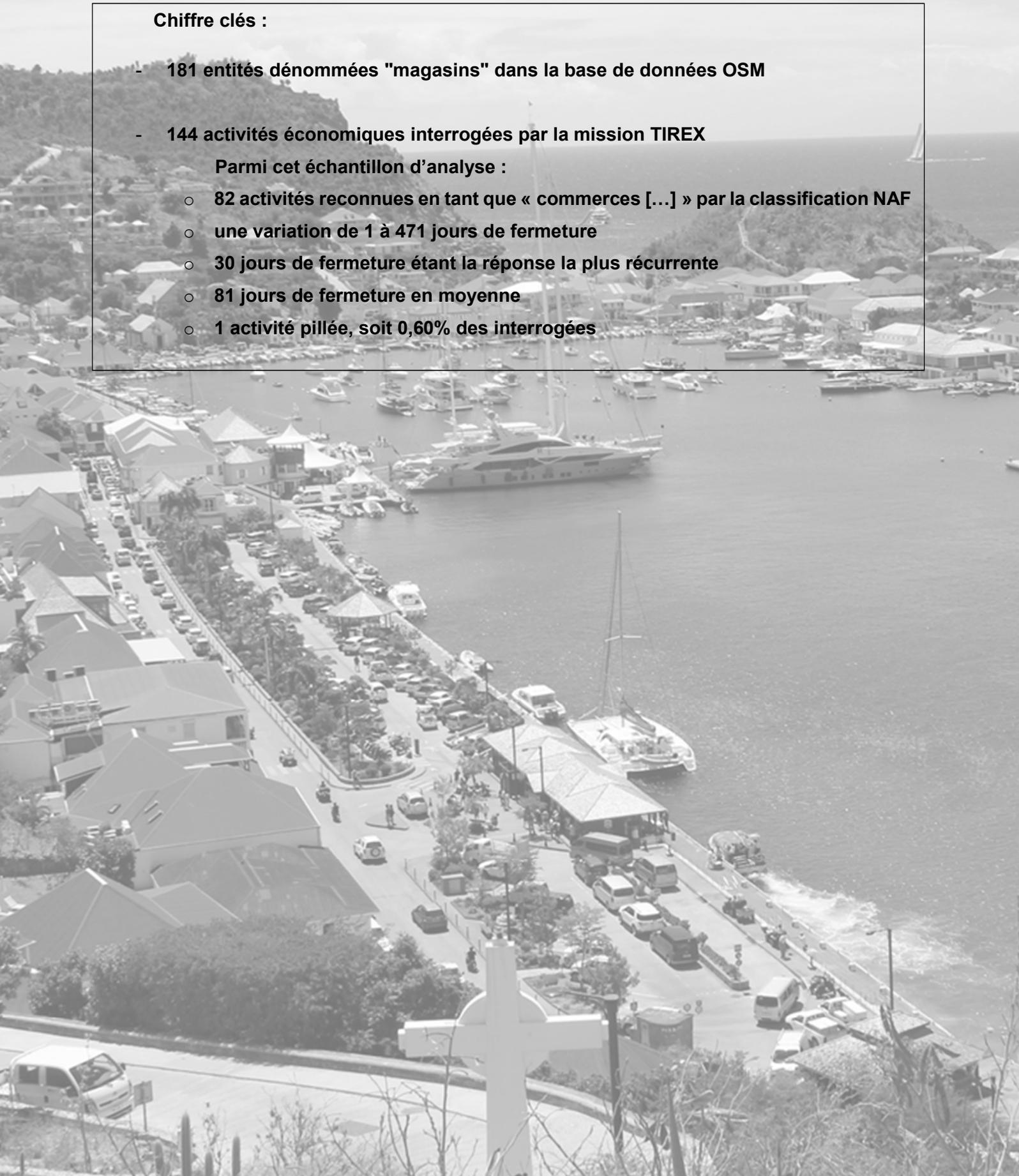
Situation dans les jours suivants la catastrophe :



SAINT-BARTHELEMY

Chiffre clés :

- 181 entités dénommées "magasins" dans la base de données OSM
- 144 activités économiques interrogées par la mission TIREX
 - Parmi cet échantillon d'analyse :
 - 82 activités reconnues en tant que « commerces [...] » par la classification NAF
 - une variation de 1 à 471 jours de fermeture
 - 30 jours de fermeture étant la réponse la plus récurrente
 - 81 jours de fermeture en moyenne
 - 1 activité pillée, soit 0,60% des interrogées



Réveil économique de Saint-Barthélemy

Saint-Barthélemy présente une économie et une situation sociale dissemblable de l'île de Saint-Martin. Son taux de criminalité est relativement faible et la principale source de revenu de l'île s'oriente principalement vers l'accueil d'un tourisme huppé et la construction de villa. Ce qui confère au territoire de Saint-Barthélemy un confort de vie et une tranquillité publique.

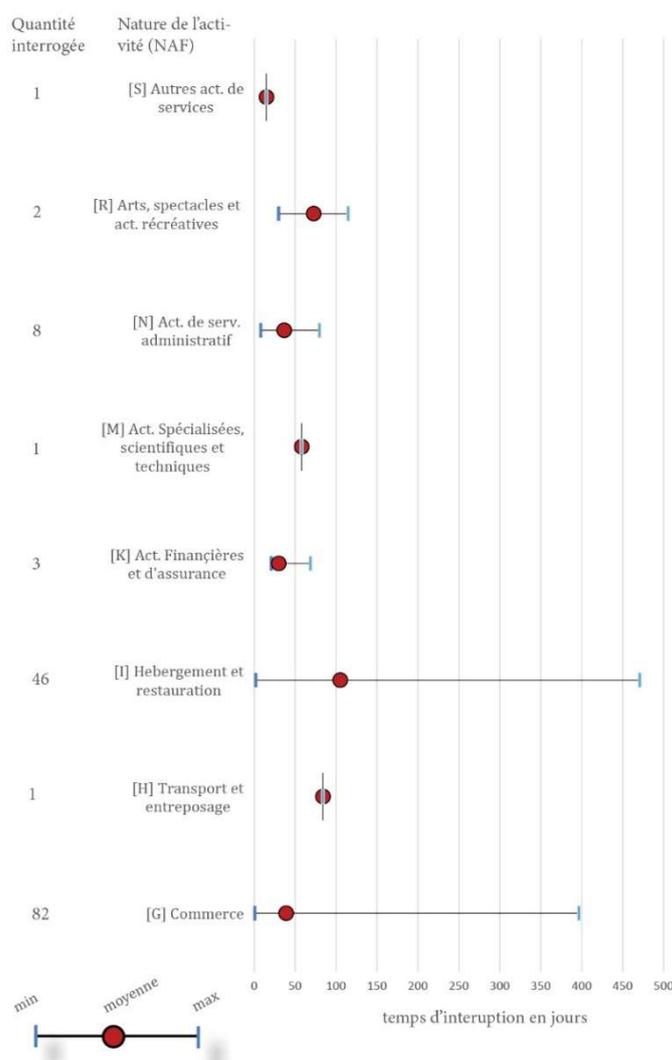
A l'image de cette économie tournée vers le tourisme, le port de Gustavia, où la majorité des activités économiques de ce terrain d'étude ont été interrogées, concentre principalement des commerçants et des restaurants gastronomiques.

Sur l'ensemble de l'île, la moyenne du temps de fermeture des activités économique est nettement inférieure aux deux précédents espaces d'investigation présentés. Les commerçants ont en moyenne rouvert en 81 jours.

Sur l'ensemble de l'île, un seul pillage d'opportunité dans une boutique de luxe, éventré par le déferlement des vagues, a été recensé. Cette boutique est située à Gustavia.

Malgré la montée des eaux dans ce port, une synergie rapide autour de la réouverture des activités économiques est appréciée dans les résultats de cette enquête de terrain. La réponse la plus récurrente dans le décompte des jours de fermeture est seulement fixée à 30 jours.

Bien qu'il soit difficile statistiquement de tisser un lien entre la stabilité économique et sécuritaire de Saint-Barthélemy, et la réactivité de l'ensemble des commerces à leur réouverture, il n'en demeure pas moins une explication rationnelle dans les capacités de résilience de celles-ci.

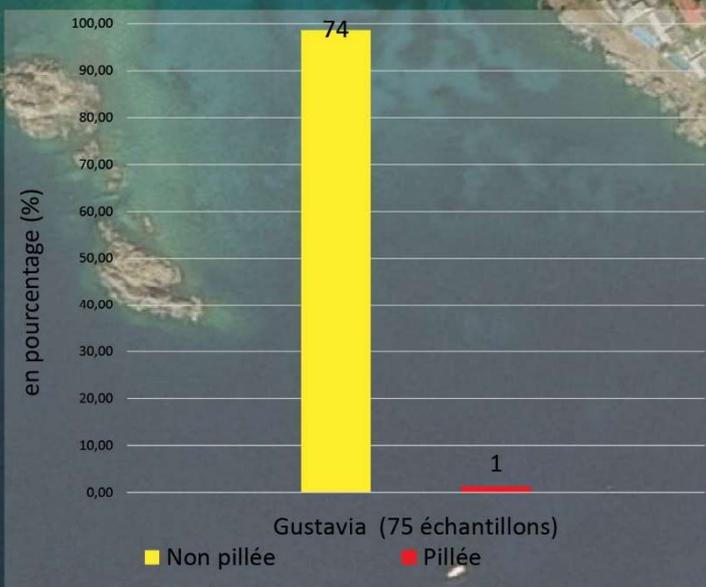


Gustavia

Temps de réouverture des activités commerciales :



Situation dans les jours suivants la catastrophe :



L'orientation des principales convoitises des pillages

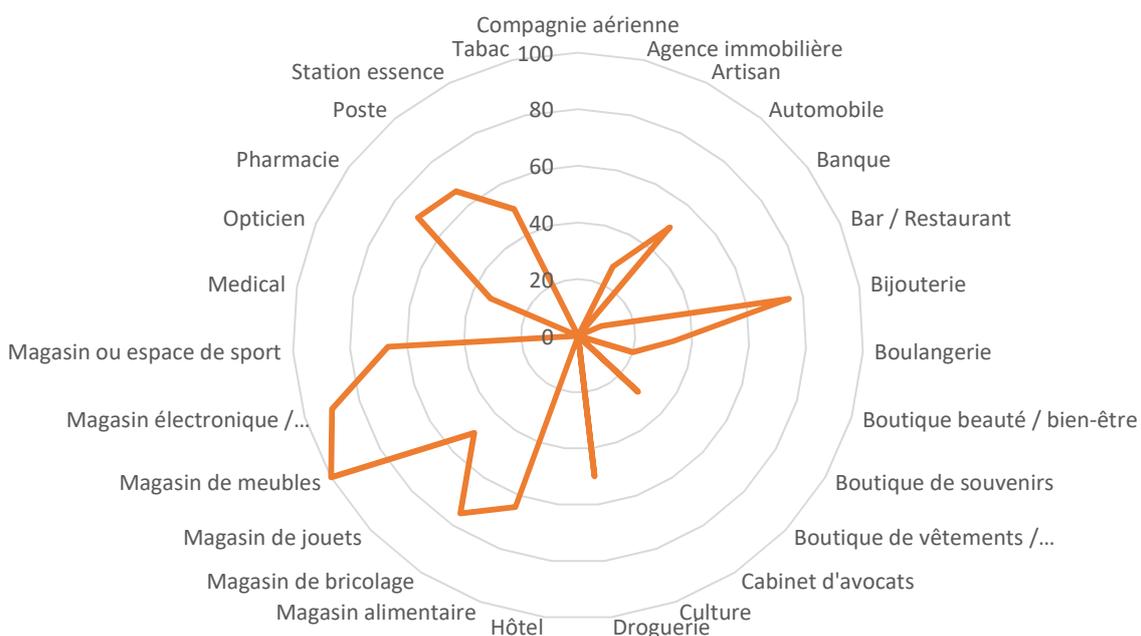
A partir des échantillons d'entretiens qui concernent l'île de Saint-Martin (soit 227 entités), il a été possible de créer un radar d'identification de la nature des activités visées par les pillages. Saint-Barthélemy a été exclu, étant donnée l'absence de comportement délictueux sur ce territoire.

La figure ci-dessous représente les principales l'orientation des pillages, et le pourcentage d'activités interrogées pillés dans la catégorie concernées. Près de 80% des bijouteries interrogées (et non de l'île) ont par exemple été pillées. Dans la création de cette figure, les tentatives de pillages ont été considérées comme des actions aboutis car elles représentent tout de même une détermination des convoitises, dont l'intervention d'un élément extérieur a avorté le vol.

Deux dynamiques distinctes sont identifiables dans l'interprétation de ce graphe :

- Les pillages qui dû à l'affolement des populations dans la peur de manquer de nourriture ou de produits pharmaceutiques, s'apparentant à des pillages de "nécessité" (Magasin alimentaire ; droguerie ; pharmacie)
- Les pillages opportunistes ou préméditées, qui concernent des activités contenant des biens de valeurs (bijouteries, magasins de bricolage, concession automobile,...).

Les activités épargnées disposaient bien souvent d'une structure ou de moyens de dissuasion adaptés. Les pillages d'opportunités sont restés les plus représentatifs de cette frénésie.



Conclusion

La résilience économique d'un territoire représente la capacité d'un système de se relever plus ou moins rapidement d'une situation de déséquilibre financier. Pour cela, les principales ressources de l'économie locale sont les premiers piliers à redresser. Elles sont le vivier productif d'un territoire. Dans le cas de Saint-Martin et de Saint-Barthélemy, il est bien évident que toutes les installations tournant autour du tourisme sont des enjeux importants dans l'absorption du choc provoqué par l'ouragan Irma. La date de réouverture aux publics des affaires commerçantes est une première étape vers la capacité d'adaptation des activités économique pour ne pas s'effondrer et disparaître.

La mise en en carte du temps de réouverture des activités et des pillages a permis dans un premier temps de discerner les premières dissimilitudes qui subsistent dans le relèvement des territoires, partageant pourtant un même gouvernement ou un même espace, ou encore une même nationalité. Dans les faits, Grand-Case ne s'est par exemple pas relevé de la même façon que Marigot ainsi que Phillipsburg, et encore moins que Gustavia. Chaque terrain d'étude n'est pas partis sur le même pied d'égalité et présente des dynamiques spatiales, que la représentation cartographique a permis de mettre en lumière.

Bien qu'elle soit encore à développer, les explications supposées à l'origine de ses dynamiques sont certainement liées à l'environnement social et économique dans lequel évoluent les milieux interrogés. Etant donné le taux de criminalité présent sur l'île de Saint-Martin, on peut s'interroger sur le caractère inéluctable de cette frénésie autour des pillages de complaisances juste après le passage de l'ouragan. A contrario, Saint-Barthélemy, de réputation à présenter un caractère tranquille et aisé, n'a souffert d'aucunes difficultés à se redresser rapidement, en dépit d'une exposition à l'aléa similaire à celle de Saint-Martin.

Afin d'analyser les variables liées entre elles, l'élaboration d'une analyse en composantes principales (ACP) permettrait de déterminer les variables les plus prédominantes dans la capacité de réouverture d'une activité, entre le fait d'avoir été pillé ou non, le taux de destruction, et sa position géographique. Néanmoins Le caractère fastidieux de la démarche d'acquisition des informations n'a pas permis de disposer d'une liste exhaustive des activités économique et de leur situation détaillée au lendemain d'Irma. Au vu de présenter une règle qui cadre les capacités de résilience économique d'un territoire, le lancement d'une nouvelle démarche de collectes des données ou la recherche d'une nouvelle méthode d'acquisition est à murir.

Bibliographie

- Barsky, L., Manuel, T., & Joseph, T. (2006). *Disaster Realities in the Aftermath of Hurricane Katrina: Revisiting the Looting*.
- Nussbaum, R. (2013). La résilience des sociétés vue au travers du prisme des assurances : une comparaison internationale. 4 à 47. (n. Annales des Mines - Responsabilité et environnement, Éd.)
- Tejan, M. A., & Safaa, L. (2018). Crises, apprentissage et résilience : analyse rétrospective de l'activité touristique au Maroc de 1991 à 2016. Zoom sur la destination Marrakech. *Études Caribéennes*
- Djament-Tran G, Lhomme S, avec la collaboration de Reghezza-Zitt M. et de Rufat S., 2012, « Penser la résilience urbaine » in Djament-Tran G., Reghezza-Zitt M., *Résilience urbaines, la ville face aux catastrophes*, Le Manuscrit.
- Desse, R. (2014). Quelle résilience pour les espaces commerciaux? Le cas français. *Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT)*, n.º 6 (dezembro). Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território, p. 45-69
- François Mancebo. Katrina et la Nouvelle-Orléans: Entre risque "naturel" et aménagement par l'absurde. *Cybergeog: Revue européenne de géographie / European journal of geography*, UMR 8504 Géographie-cités, 2006, 14 p.

Annexes 02

Synthèse de la première réunion de restitution du Projet ANR TIREX, Marigot, le mars 19 mars 2019

Frédéric Léone,

coordinateur du projet TIREX, est professeur de classe exceptionnelle au département de géographie de l'université Paul Valéry - Montpellier 3 (UPVM3) et directeur adjoint de l'Unité Mixte de Recherche GRED (UPVM/IRD)

Le projet ANR TIREX (Transfert des apprentissages et des retours d'expériences) est issu de la réunification d'un consortium de scientifiques de métropoles et des Antilles, de spécialistes, ainsi que d'organismes tels que Météo France et le CCR, autour d'une volonté commune de tirer des leçons de la saison cyclonique de 2017. Il intervient à la suite d'un environnement d'occasions favorables au développement d'une nouvelle méthodologie de partage d'expériences.

L'occasion en a été donnée par la restitution des recherches effectuées sur le terrain et des premiers résultats, dans le cadre d'une proposition à la collectivité de Saint-Martin, avec la présence de l'équipe de recherches sur place. Tenu et manager respectivement par Madame Charlotte TERRAC, (Service gestion des risques de la collectivité de Saint-Martin) et le Professeur des universités Frédéric LEONE cette collaboration institutionnelle et scientifique est le résultat d'une véritable volonté de transmettre ensemble les apprentissages d'une catastrophe de référence telle que Irma aux acteurs œuvrant pour la prévision et la prévention des risques majeurs, mais également aux populations.

Le titre du projet "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 dans les Petites Antilles du Nord au cours de la saison cyclonique 2017", ossature les objectifs de l'équipe de recherche autour de quatre grandes thématiques, à des échelles spatiales et temporelles variables :

1. Tâche #01 : Trajectoires de vulnérabilités territoriales de 1950 à 2017
2. Tâche #02 : Impacts et résilience des environnements côtiers

3. Tâche #03 : Gestion de crise et suivi de la reconstruction

4. Tâche #04 : Consolidation des outils de transfert des apprentissages du RETEX

8 communications ont été présentées à cette réunion qui comptait 36 participants, représentant 12 personnalités étatiques, territoriales ou privées, telles que la Préfecture de Saint-Barthélemy et Saint-Martin, la Collectivité territoriale de Saint-Martin, ou encore les directeurs des infrastructures portuaires et de la société de distribution des eaux. L'intégralité des présentations a été tenue par les membres de l'équipe TIREX.

Bien que cette réunion eût pour objectif de présenter les résultats et les conclusions intermédiaires déjà décelables dans l'avancée de ce projet, l'accent a été mis par les organisateurs sur la volonté d'échanger avec l'auditoire. C'est pourquoi une phase de questions-réponses venait systématiquement conclure la fin des trois grands titres de présentations de cette matinée avant de terminer sur un temps d'expressions libres.

Afin de mettre en avant les grandes idées échangées à l'occasion de ce cette réunion de présentation des résultats intermédiaires du projet ANR TIREX, la restitution suivante suivra sa chronologie et son organisation. Elle s'articule selon les grandes temporalités de cette matinée d'échanges :

- 1) Ouverture de la séance
- 2) Le relèvement des populations par l'intermédiaire d'une interrogation sociale
- 3) L'impact physique de l'ouragan sur le bâti et l'environnement
- 4) La reconstitution des phénomènes cycloniques
- 5) Conclusion

L'ouverture de la séance

À l'ouverture de séance Charlotte TERRAC (Collectivité territoriale de Saint-Martin), introduit la teneur de ce rassemblement en appuyant sur la volonté de la collectivité de transmettre l'échange des travaux en cours et l'amélioration de la culture du risque, au travers de l'accueil du projet TIREX. En effets, les collaborateurs locaux de la gestion de crise, présents dans l'auditoire, représentent le pivot de la gestion d'un événement majeur. Qu'elle soit d'origine cyclonique ou de toute autres nature, la gestion d'une crise dépend du niveau de planification et des capacités d'adaptation apprises par les l'expérience du passé. C'est dans ce sillon que s'est construit l'ambition de ce projet TIREX et de ses composantes, à savoir mettre en lumière grâce à un retour d'expérience (RETEX) complet, les apprentissages que l'ouragan Irma a fait émerger. La collectivité de Saint-Martin s'est montrée plus que favorable à cette initiative scientifique et représente pour la communauté saint-martinoise l'opportunité d'intégrer une nouvelle éthique préventive.

Les présentations suivantes concrétisent le commencement d'un transfert d'apprentissage de la part du consortium scientifique.

Le relèvement des populations par l'intermédiaire d'une interrogation sociale

Dès la première présentation, **Stéphanie DEFOSSEZ** (UMR GRED, Montpellier) a rappelé l'intérêt d'une démarche *down top* en se rendant sur le terrain pour acquérir les informations alimentant la recherche qu'elle mène en binôme avec **Monique GHERARDI** (UMR GRED, Montpellier). Portant sur *la préparation et la capacité d'anticipation des populations*, l'intérêt de cette démarche depuis le bas est de travailler autrement que sous le prisme institutionnel et de mettre l'accent sur les comportements et ressentis individuels. C'est sur la base d'un entretien semi-directif et d'un échantillon de personnes interrogées constant que l'analyse est menée au fil des missions sur le terrain. *"Nous nous intéressons aux implications individuelles dans la gestion de crise dans différentes temporalités, avec l'orientation des entretiens autour de trois*

grandes idées : avant, pendant, et après Irma. Les données brutes présentées mettent en avant une première multitude d'observations. Tout d'abord une similarité de réponses dans les phases "avant" et "pendant". Les réponses viennent à diverger davantage dans la phase post événement" présente Stéphanie DEFOSSEZ.

Ces travaux font remonter une très bonne connaissance du risque cyclonique sur le territoire, aussi bien dans les phases de préparation que de vigilance. Le facteur ayant pu altérer cette préparation est la synergie rapide de l'ouragan Irma. Le confinement au domicile a cependant fait l'humilité due au manque de confiance envers les abris cycloniques. Après la crise, la gestion individuelle interne a été entravée par des gestions collectives. Un élan de solidarité est malgré tout venu parallèlement grossir à celui des rumeurs et de l'insécurité. En travaillant au plus près des populations, les enquêtes ont également permis de desceller les bouleversements intervenus dans la vie des populations à la suite de l'ouragan, à en croire le nombre de récits faisant mention à des déménagements, des divorces, des changements professionnels et de bonne santé.

Les populations font parti intégrants de la gestion de crise et dans la diminution de la vulnérabilité collective et ce malgré le fait que l'ouragan ait été sous-estimé. C'est dans ce même contexte que se poursuit la présentation de **Delphine GRANCHER** (LGP) ayant également mené sur le terrain des entretiens et des groupes de parole avec les populations, afin d'appréhender : 1) le rôle des adolescents en situation postcatastrophe 2) les conséquences d'irma sur le sport à Saint-Martin 3) la solidarité privée et associative 4) l'eau à Saint-Martin. Orientés vers les comportements, l'adaptabilité et les capacités résilienciaires, les entretiens font remonter les besoins premiers de la population après le cyclone ainsi que les actions entreprises pour y accéder. Le rôle des adolescents est par exemple bien souvent écarté des capacités de relèvement d'un quartier. Ils sont plutôt perçus comme les victimes premières d'un événement catastrophique. Les entretiens menés font cependant remonter qu'il y avait une véritable volonté de la part de ces jeunes de redresser la situation *post* Irma. Ils n'ont pas été passifs aux premiers rétablissements de l'île, en travaillant dans un

climat de sécurité, bien souvent dans la sphère familiale ou du voisinage. Les biens faits du sport et des associations de soutien sont également soulevés comme étant des éléments catalyseurs de la phase de redressement du territoire. Les freins et les réussites des acteurs y sont également analysés.

Enfin, le dernier angle abordé dans cette seconde présentation est l'eau potable à Saint-Martin. N'ayant tardé à manquer après l'endommagement de la centrale de déstalinisation, l'interruption de celle-ci a fait émerger différentes stratégies individuelles et collectives face à l'urgence d'accéder à cette ressource. C'est pourquoi la gestion de celle-ci en situation d'urgence est analysée. Ce travail ambitionne aussi bien de mettre en avant l'évolution des équipements individuels, qu'interroger la nouvelle gouvernance de l'ex-générale des eaux à la suite de cet événement climatique.

La capacité à s'adapter est par ailleurs le principal élément mis en avant par **Madly ÉTILE** (LC2S, Antilles) dans ses travaux sur "*l'organisation des populations*". Cette troisième présentation a porté un point d'intérêt à développer : 1) l'organisation au sein des quartiers, 2) l'héritage des expériences mûries et passées 3) la vision positive de la catastrophe apportée par la religion. Chacun de ses aspects a été étayé par le récit de témoignages sur le terrain au cours d'interviews. Il a été ainsi levé le sentiment d'isolement des personnes âgées dans le fait d'être bien souvent livrées à elle-même au cours, mais également après, cet événement catastrophique. Dans la traversée de cette crise, les savoirs-faires ancestraux et traditionnels ont été mis en avant comme solutions aux problématiques rencontrées. L'autosuffisance alimentaire ou médicale, dans un contexte de distribution carencée, est parfois expliquée par le recours des sinistrés à une culture vivrière ou encore au savoir pharmacopées.

La question de la sécurité et de la visibilité des forces de l'ordre a également été introduite au travers d'un questionnement sur le regard des populations envers les dispositifs institutionnels. Les données brutes de cette étude remontent un sentiment d'insécurité malgré un contexte de sécurisation par les forces armées. L'invisibilité de l'État face aux pillages est également une réponse récurrente et l'adaptation de l'aide au contexte est par ailleurs

analysée, dans la mesure où celle-ci aurait difficilement suscité des échanges. Il faut rappeler que tout ceci intervient dans un contexte de déchirement familial, entre les évacuations et les ruptures de trajectoires de vie. De manière relative, les familles ont parfois été séparées entre un mois et un an.

Ces présentations sont conclues sur l'intérêt de mener une telle approche en décidant de centrer les populations au sein du système d'enquête. Ceci permet de saisir la complexité des situations individuelles et collectives, au travers d'observations fines des problématiques. Si l'un des attraits d'un retour d'expérience comprend l'action de (re)penser les imbrications entre individus, communautés et dispositifs de prévention et de gestion des risques, ces travaux sur la résilience sociale sont des approches scientifiques éloquentes.

Question :

- Charlotte TERRAC demande une précision à Stéphanie DEFOSSEZ sur le suivi des entretiens menés sur place auprès de la population.
- La réponse formulée affirme que ce sont toujours les mêmes personnes qui sont interrogées au cours des entretiens menés ponctuellement sur le terrain. L'intérêt est de pouvoir observer à échelle individuelle l'évolution des comportements et raisonnements au cours du temps.
- Madame Hanson, Directrice des affaires sociales, relève le fait que cette prise en compte du caractère social de la catastrophe est importante. Elle souligne le stress post-traumatique engendré par IRMA, et fait remarquer que très peu de RETEX prennent en compte cet aspect.

L'impact physique de l'ouragan sur le l'environnement et le bâti

Les dépôts sédimentaires tels que les plages représentent des systèmes dynamiques marqués par la fluctuation des niches de sédiments et leurs cycles saisonniers. La survenue d'évènement hydroclimatique, bien souvent mêlée à l'année à la pression lente des activités

anthropiques, provoque des dérèglements dans ces transferts naturels. En réponse à ces altérations les profils de plage changent et subissant des évolutions morphodynamiques. C'est pourquoi l'ambition de l'une des tâches de ce projet pousse à s'interroger sur le réajustement post-cyclonique des plages microtidale de Saint-Martin, sur une première période de deux ans.

Les travaux de **Virginie DUVAT** (LIENSs, La Rochelle) et **Natacha VOLTO** (LIENSs, La Rochelle) sur "*L'impact et résilience des environnements côtiers*" concerne l'impact des cyclones sur les éco-morphosystèmes et leur fonction de protection, ainsi que le réajustement post-cyclonique des systèmes côtiers. Au travers d'observations, de mesures sur le terrain, d'analyses diachroniques et d'analyses photogrammétriques, les conséquences des ouragans Irma et José sont étudiés sur près de trente-trois sites d'études à Saint-Martin.

L'impact de ces cyclones sur les systèmes côtiers et leurs réponses sont passés au peigne fin à différentes échelles temporelles. Ce volet d'étude comporte une observation de l'évolution de la position de la ligne de stabilité au moyen d'analyses diachroniques d'images hautes résolutions *ante - post* Irma et José, ainsi que le réajustement post cyclones du pied de plage de certains sites d'études à des pas temps de 6 mois à 1 an d'intervalle. Virginie DUVAT précise que l'acquisition de données par drone et DGPS rendent la précision des images photogrammétriques utilisées de l'ordre du centimètre. Quant aux premiers résultats exprimés, ils font remonter une tendance vers une érosion côtière importante. Un recul de la ligne de stabilité sur l'ensemble des sites est observé, moyennant entre -2 mètres et -68 mètres avec des valeurs maximales de recul de -166 mètres. Les plages à l'Est de l'île de Saint-Martin sont majoritairement concernées par cette problématique.

En ce qui concerne les services rendus par les écosystèmes, le récif corallien et la végétation côtière ont rendu un service de protection et de captage des sédiments. Au terme de la reconstruction. Il est cependant rappelé que peu d'enjeux humains étaient efficacement protégés de l'attaque des vagues. La reconstruction d'une ceinture végétale reste pertinente au vu des transferts de sédiments observé sur le terrain, allant de l'avant côte vers la côte. La poursuite

de ces travaux sur l'île de Saint-Barthélemy, Anguilla, Tortola, Anegada offrira à l'avenir une analyse comparative complète.

Tony REY (UMR GRED, Montpellier) est venu renforcer les conclusions de la précédente communication en abordant essentiellement les approches hydrogéomorphologiques de son travail sur le terrain. Participant à la tâche de reconstitution de l'hydrodynamique côtière et littorale ainsi qu'aux tâches d'analyses des impacts, de réajustement et de vulnérabilité de ces milieux, sa présentation rappelle préalablement que l'urbanisation contraint les transferts sédimentaires dus à la tendance à oublier le caractère mobile des plages.

Au vu de la remodelisation des zones de submersions provoquées par le système dépressionnaire et la force des vents de l'ouragan Irma, la méthodologie présentée se résume à la combinaison de recherches de causes et circonstances de la transformation du littorale au lendemain de la catastrophe. Les niveaux de surcote, la hauteur maximale des vagues, l'étendue des inondations, les changements côtiers, et les interactions avec les aménagements sont des éléments recherchés sur les différents terrains d'investigation choisis. À ce titre des observations et échanges sur place (localisation de laisse de mer, témoignages ...) sont venus compléter les procédés numériques d'appréciation de ces modifications (exemple : digitalisation du trait de côte au 1/600° à partir d'images drone et satellite).

Les résultats exposés dressent un inventaire des impacts environnementaux d'Irma sur le littoral, établi à partir d'un échantillon de treize terrains d'études repartis entre Saint-Martin et Saint-Barthélemy. La remodelisation d'une enveloppe des variations des niveaux d'eau et des hauteurs maximales des vagues sur un fond cartographique vient par ailleurs étayer cette présentation dans la compréhension de ces impacts, comme la localisation et la mobilité d'embâcles ou encore de blocs pesant jusqu'à une demi-tonne.

En ce qui concerne l'analyse des changements côtiers, les variations physiques du littoral sont liées aux taux d'occupation des sols. Il est en effet argumenté que l'ajustement naturel de la côte est dépendant de sa littoralisation qui contraint le rivage à se fixer. Ces phénomènes de bétonisation du littoral, encore trop souvent perçus comme des mesures de protection efficaces contre la pénétration de l'eau dans les

terres, n'en restent pas moins un élément favorable à l'affouillement et à l'érosion des espaces.

Au terme de ses conclusions préliminaires, Tony REY rappelle dans un premier temps de l'importance d'une approche à haute résolution dans la robustesse des données et le caractère homogène des techniques d'acquisition ou de saisie de celles-ci au vu d'être comparables. Puis clôture sa communication sur l'endommagement et les méfaits provoqués par l'urbanisation des côtes. Objectivement, si la densification du bâti sur le front de mer limite l'étendue de la submersion marine, les côtes urbanisées n'ont pas bénéficié du rôle protecteur de la végétation et de la récupération rapide de ces espaces apportés par les écosystèmes. Les ouvrages de protection ont vraisemblablement accru les dommages sur les espaces côtiers. Des effets de sites ont également été observés, comme l'amplification des hauteurs d'eau provoquée par la variation des vitesses d'écoulement, ou encore l'accentuation de l'érosion dans les dents creuses. La proximité des habitations avec le rivage a indéniablement amplifié les dommages sur le bâti.

Les impacts physiques sur le bâti et leur taux d'endommagement sont par ailleurs l'un des principaux sujets abordés par **Frédéric LEONE** (UMR GRED, Montpellier) dans sa présentation de la *Cartographie intégrée et multiscalaire d'un territoire cycloné*. Il s'agit d'une démarche d'analyse scientifique complète visant à remodeliser les conséquences de l'ouragan Irma avec une approche cartographique.

Les différentes études des dommages ont été conçues dans un premier temps à l'aide de cartes satellites produites par les services de gestion de crise, mais également au travers de l'établissement d'une typologie d'évaluation du dommage propre au projet. La représentation multiscalaire des conséquences du cyclone alimente une partie de la production cartographique de la thèse de **Thomas CANDELA** (UMR GRED, Montpellier) dont les cartes ont en partie rythmé cette présentation.

Pour ce faire, l'équipe de recherche exploite différentes sources de données produites à l'échelle de l'île de Saint-Martin par des organismes extérieurs (COPERNICUS, SERTIT, Image Pléiades du CNES, ...), et

produit également des images orthophotographiques avec une résolution optimale dans la création de diagnostics précis du dommage sur trois secteurs de l'île. Afin de recouper ces évaluations avec les données internationales, les quartiers de Grands-Case, Baie Orientale et Baie Nettle ont été examinés. L'utilisation d'un drone au sein de ces recherches a permis une exploitation d'images tridimensionnelle d'une résolution de 1,6 cm, dont la corrélation a permis une remise en perspective de ces zones d'études en 3D et la création de modèles numériques de terrain (MNT). L'objectif est de créer un suivi complet de la reconstruction de l'île de Saint-Martin, en partant d'un état initial des dommages sur le bâti, mais également d'estimer un taux d'incertitudes dans l'exploitation des données internationales. De la même façon, et en partant de l'idée qu'il existe des dynamiques spatiales dans les activités de la reconstruction, celles-ci sont également analysées et suivies avec une fréquence d'évaluation sur le terrain d'environ 6 mois.

Ainsi, ayant pour ambitions d'entretenir une mémoire du risque, cette volonté de spatialisation des informations amène l'équipe de recherches à s'interroger sur la représentativité et le transfert des données. C'est pourquoi une méthode de représentation multi-échelle, élaborée à l'occasion de ce projet, vient étayer l'élaboration de ces cartes. Notamment avec l'applicabilité des données sur l'ensemble de la partie française de l'île en ayant recours à l'utilisation de mailles pour calculer des moyennes d'endommagement par surface. Les données ponctuelles d'identification à l'échelle d'un bâtiment ne viennent prendre le relais qu'à partir d'un niveau de visualisation de l'information appréciable. Cette méthodologie accompagne la construction d'une carte interactive accessible au grand public, synthétisant l'ensemble des travaux du projet TIREX sur une plateforme internet. Celle-ci a été présentée à l'occasion de cet échange, en attendant une version achevée et diffusable.

D'autres sujets de recherches, aboutit ou en cours, viennent grossir la fin de cette présentation. Trois sujets sont évoqués. Le premier fait référence à une volonté d'introduire une démarche d'analyse autour des chaînes d'impacts et des dommages encaissés par les

infrastructures critiques, étant essentiels au relèvement du territoire. L'ambition de cette démarche est de représenter cartographiquement le poids des dépendances existantes entre les infrastructures ainsi que de comprendre leur interruption au travers des dommages subis et des freins à leur rétablissement.

Le second sujet abordé est la poursuite de l'analyse du réveil économique par l'intermédiaire d'une enquête de terrain sur le temps de réouverture des activités commerciales après le passage de l'ouragan. Une première campagne de questionnements avait été effectuée durant une précédente mission, donnant déjà lieu à l'observation de dynamiques divergentes entre Saint-Martin et Saint-Barthélemy. Notamment au sujet du caractère social de la catastrophe et des phénomènes de pillages, où les deux territoires présentaient des réponses différentes. Calquée sur les premières investigations, la poursuite de celle-ci est avancée.

Enfin, la représentation spatiale de la gestion des déchets post-Irma vient conclure cette présentation. Intervenant dans un milieu insulaire, ce travail abouti est issu d'une réflexion face à la nécessité et la complexité de gérer des amoncellements de débris après le passage de l'ouragan. L'utilisation du drone à ces fins, élève cette investigation en accédant à une analyse fine des amas de déchets. Il est en effet présenté le recours au télépilotage dans la production d'images 3D afin d'estimer le volume de déchets produits. Permettant ainsi d'estimer la production moyenne de déchet à 1,7 tonne par habitant.

En dernier lieu de ce grand titre, l'observation des impacts de l'ouragan sur l'environnement et le bâti apporte une expertise des conséquences et une conservation du souvenir des événements. Au regard du projet TIREX il est important d'alimenter une mémoire du risque. C'est pourquoi la vulgarisation scientifique est le mot d'ordre de cette première réunion de restitution des résultats préliminaires du projet. Au-delà de cette volonté de transmettre, la représentation des impacts permettra de quantifier et de délimiter les contrecoups d'un tel événement. Qu'ils soient aigus ou chroniques, leur mise en lumière alimentera une prise de conscience des personnes concernées sur le territoire. De plus, une fois achevés, ces travaux représenteront une base

solide dans le dimensionnement temporel de la reconstruction d'un territoire insulaire, en prenant en considération le caractère social qui est propre à Saint-Martin. Au travers de la reconstitution de la catastrophe, cette discipline d'approche permettra d'acquérir une connaissance explicite de la série d'événements qui entourent l'ouragan Irma, en utilisant un raisonnement inductif, des observations terrain, des méthodes scientifiques et leurs corrélations.

Questions :

- Elie Rason DEAL s'interroge sur le devenir des plages vu le caractère alarmant qui est dressé.
- Une réponse mutuelle est formulée entre Virginie DUVAT et Tony REY qui rappellent aux bons comportements à adopter vis-à-vis de l'urbanisation du littoral. La plage de Grand-Case qui tend à disparaître est citée pour exemple, tout comme celle de Marigot déjà entièrement érodée.
- Jean Henocq, de la collectivité de Saint-Martin, rebondit sur la précédente réponse en lançant une question sur la prise en compte de la bathymétrie dans l'analyse de l'évolution du trait de côte.
- Les données bathymétriques n'étant pas disponibles auprès de l'IGN, leur prise en compte est écartée de l'analyse. Il est précisé par Elie Rason, que l'IGN mène actuellement une campagne d'acquisition de cette donnée.

Reconstitution des phénomènes cycloniques

En collaboration avec Météo France et l'université des Antilles, un des objectifs du projet TIREX est de prendre en considération les effets du changement climatique à l'échelle régionale à l'horizon 2050. Cette projection des conséquences climatiques est l'aboutissant du projet C3AF.

Comme présenté par **Philippe PALAGNY** (Météo France, Antilles) le projet C3AF constitue la possibilité d'approfondir les

connaissances sur les évènements extrêmes en remodelisant les aléas cycloniques et de houles, à l'échelle de la Guadeloupe et des îles du Nord. Développé par le logiciel AROME à une résolution de 2,5km, une expérimentation à l'occasion du projet TIREX est menée pour affiner ce niveau de résolution à une échelle de 1,5km. Associés à ce projet, les prévisionnistes avaient auparavant une représentation des retours d'expériences davantage tournés vers le caractère météorologique. Au sein du dispositif de Météo France, une approche ensembliste est développée, incluant maintenant les sciences humaines. Ce qui est nouveau pour Météo France. Cette approche permet d'inclure une analyse du *feedback* des utilisateurs dans l'efficacité des cartes de prévision communiquées et d'approfondir une sémiologie cartographique parlante pour les décideurs.

Didier BERNARD (LARGE, université des Antilles) participant également avec son équipe à la reconstitution des conditions météorologiques et cycloniques, présente les résultats obtenus à partir du logiciel américain Weather Research and Forecasting (WRF ARW) sur la modélisation numérique atmosphérique à très haute résolution. Travaillant à l'échelle des Petites Antilles, ce logiciel est éprouvé au sein du laboratoire LARGE depuis 2010 est permet d'obtenir des modèles avec une résolution inférieure à 300m. Les rafales maximales et cumuls de pluie sur 18h à l'échelle du territoire de Saint-Martin ont ainsi été cartographiés.

Questions :

- Une question est levée sur la possible construction ou non d'une station météo à Saint-Martin
- Charlotte TERRAC affirme la réflexion sur la mise en place d'une station météo de moyenne altitude et évoque les réflexions en cours sur la mise en place d'un houlographe à Saint-Barthélemy.

Conclusion

Frédéric LEONE (UMR GRED, Montpellier) conclut sur le fait que ce projet a pour vocation de garder une mémoire du risque et de créer une anticipation de la reconstruction dans les documents opérationnels. La planification de cette dernière est un objectif dans les années à venir au titre de l'avancée des retours d'expérience dans le domaine des catastrophes naturelles. Pour conserver cette mémoire du risque, l'ouragan Irma est, de par son caractère extrême, l'occasion de fonder une culture autour des évènements hydroclimatiques. Bien que les populations caraïbéennes soient sensibles à ces aléas et possèdent des capacités résilientes intégrées, le projet TIREX engendre l'occasion de mettre en perspective ces pratiques. De plus l'anticipation de scénarios catastrophes représente de surcroît un atout dans les années à venir dans un contexte de changement climatique.