HAL
open science

Reconstitution des conditions météorologiques cycloniques

Philippe Palany, Ali Belmadani, Elise Chatefrou, Ghislain Faure, Didier Clément Bernard, Raphaël Cécé

To cite this version:

Philippe Palany, Ali Belmadani, Elise Chatefrou, Ghislain Faure, Didier Clément Bernard, et al.. Reconstitution des conditions météorologiques cycloniques. Les connaissances et apprentissages de territoires cyclonés (Petites Antilles, saison cyclonique 2017) : fiches de synthèse des principaux résultats du projet ANR TIREX à l'attention des décideurs, 2021. hal-03711946

HAL Id: hal-03711946

https://hal.science/hal-03711946v1

Submitted on 27 Jul 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Reconstitution des conditions météorologiques cycloniques

P. Palany, A. Bel Madani, E. Chatefrou, G. Faure, D. Bernard, R. Cécé

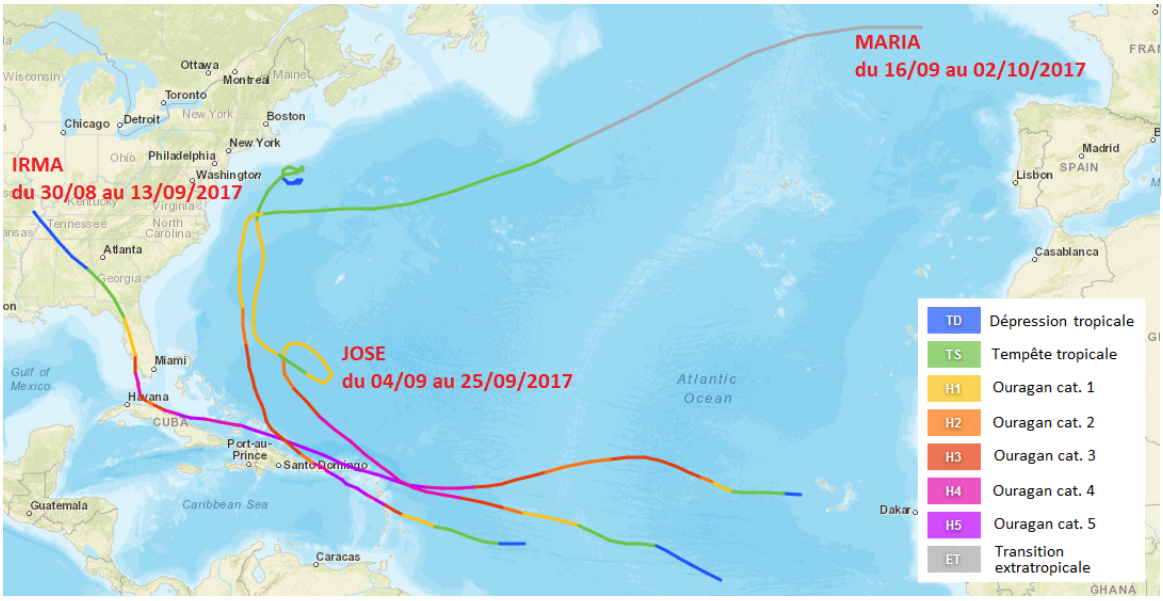
Objectifs et Méthodologie

L'objectif est de reconstituer les conditions météorologiques des évènements cycloniques de la saison 2017 dans les Antilles en les simulant par l'intermédiaire de modèles météorologiques numériques à haute résolution. Les observations météorologiques ayant arrêté de fonctionner sur les îles de Saint-Martin et de Saint-Barthélemy avant le passage de l'œil du cyclone Irma, le modèle opérationnel de Météo-France AROME 2.5km a été complété par des simulations de modèles à plus fine résolution : le modèle en mode recherche Arome 1.3km et le modèle WRF ARW (280m, 90m, 30m).

Le modèle WRF ARW a été préalablement validé avec les données d'observation des stations de Météo-France pour les rafales et les cumuls de pluie induits par l'ouragan Maria sur l'archipel de la Guadeloupe.

Dans un premier temps, les prévisions du modèle opérationnel AROME 2.5km seront comparés aux observations météorologiques de Guadeloupe et de Martinique puis aux simulations du modèle en mode recherche AROME 1.3km.

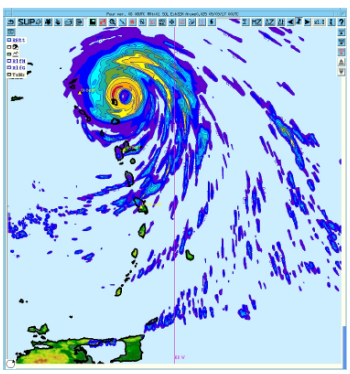
Dans un second temps, les résultats très haute résolution de WRF (280m, 90m, 30m) seront comparés aux dégâts observés et utilisés pour une meilleure compréhension des effets d'Irma sur les îles de Saint-Martin et de Saint-Barthélemy.

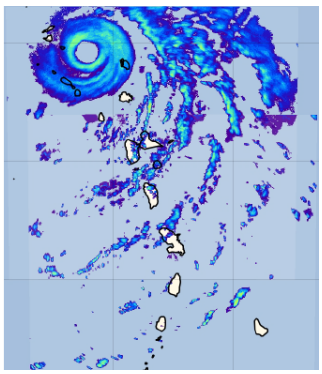


Trajectoires analysées des cyclones Irma, Jose et Maria, d'après l'outil de suivi des cyclones de la NOAA

Principaux Résultats

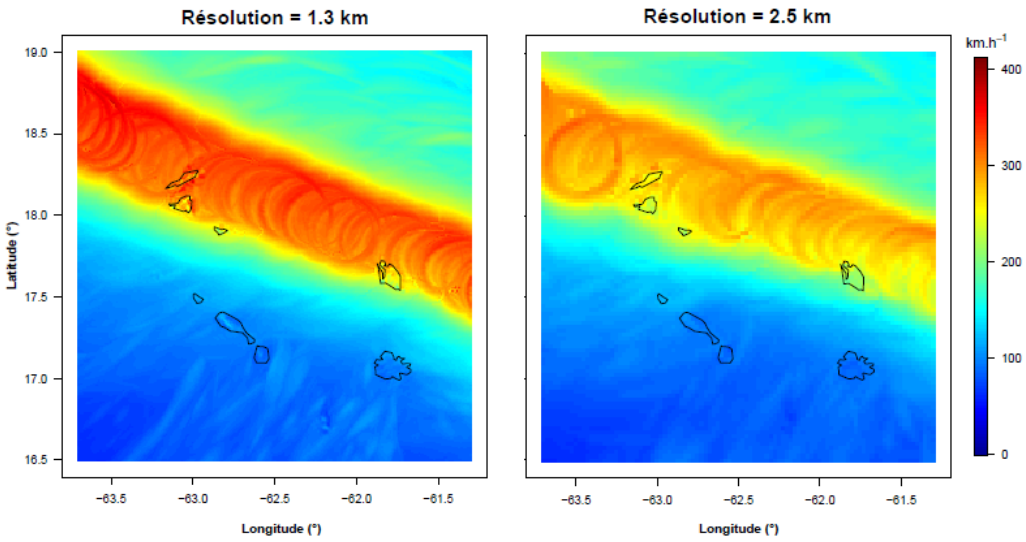
- ***AROME 2.5km*** modélise avec une grande précision les structures pluvieuses des cyclones (cf. figure à droite) avec de légères erreurs de position des centres des cyclones (cf. figure page suivante), principalement aux échéances supérieures à 30 heures.



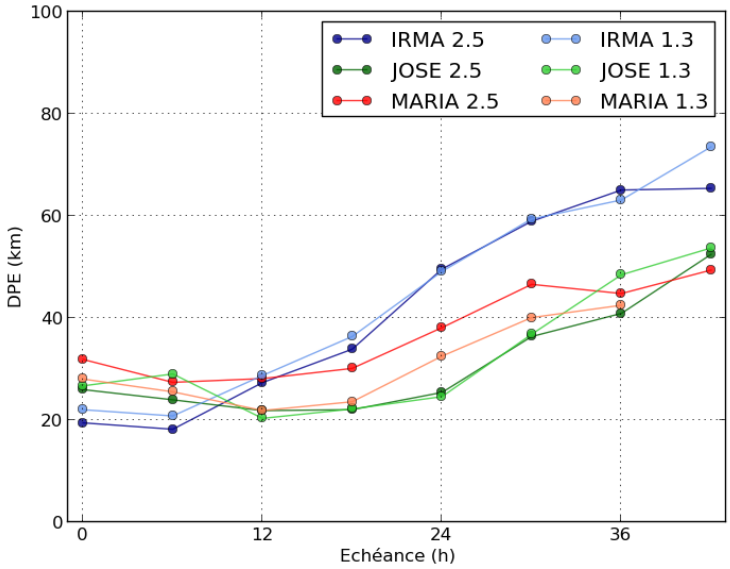


Structure pluvieuse de Irma le 06/09/2017 à 08h UTC : prévision H+32 AROME 2.5km (à gauche) et observations radar (à droite)

▶ ***AROME 1.3km*** **modélise également très bien la trajectoire (cf. figure à droite) et l'intensité des cyclones de 2017. Il représente les champs d'intérêt (vents et pluie) de manière plus réaliste que AROME 2.5km, en se rapprochant des valeurs extrêmes de vent moyen (295km/h relevés dans l'après-midi du 05 septembre) ou de rafales (321 km/h enregistrés par une station non officielle de Saint-Barthélemy) lors du passage de Irma (cf. figure ci-dessous).**



Maximum des rafales à 10m sur 24 heures au passage de Irma pour le réseau du 5/09/2017 à 18h UTC

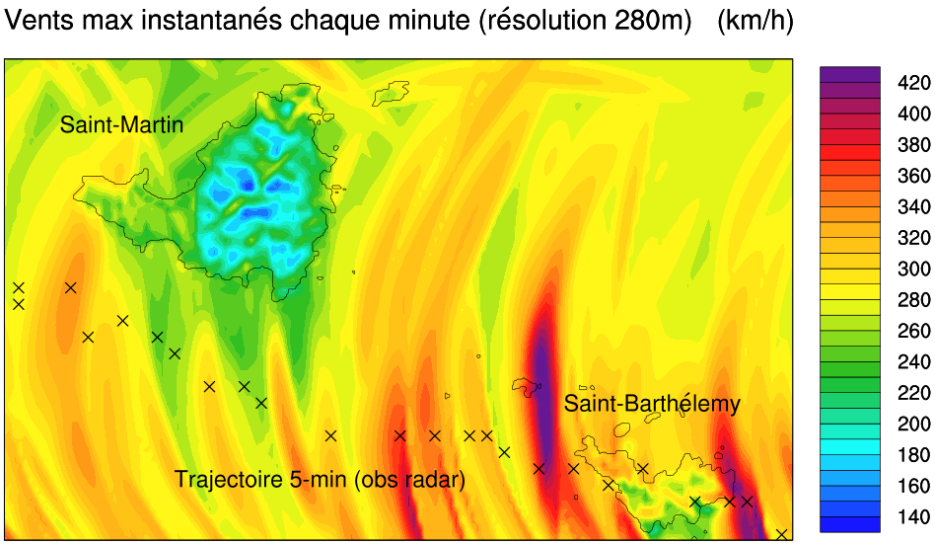


Moyenne des erreurs de position des centres des cyclones en fonction de l'échéance de prévision par AROME 2.5km et AROME 1.3km

Dans le cadre du projet TIREX, la résolution de 1,3km n'est toutefois pas suffisante pour une étude des impacts à l'échelle locale. On lui préférera WRF ARW.

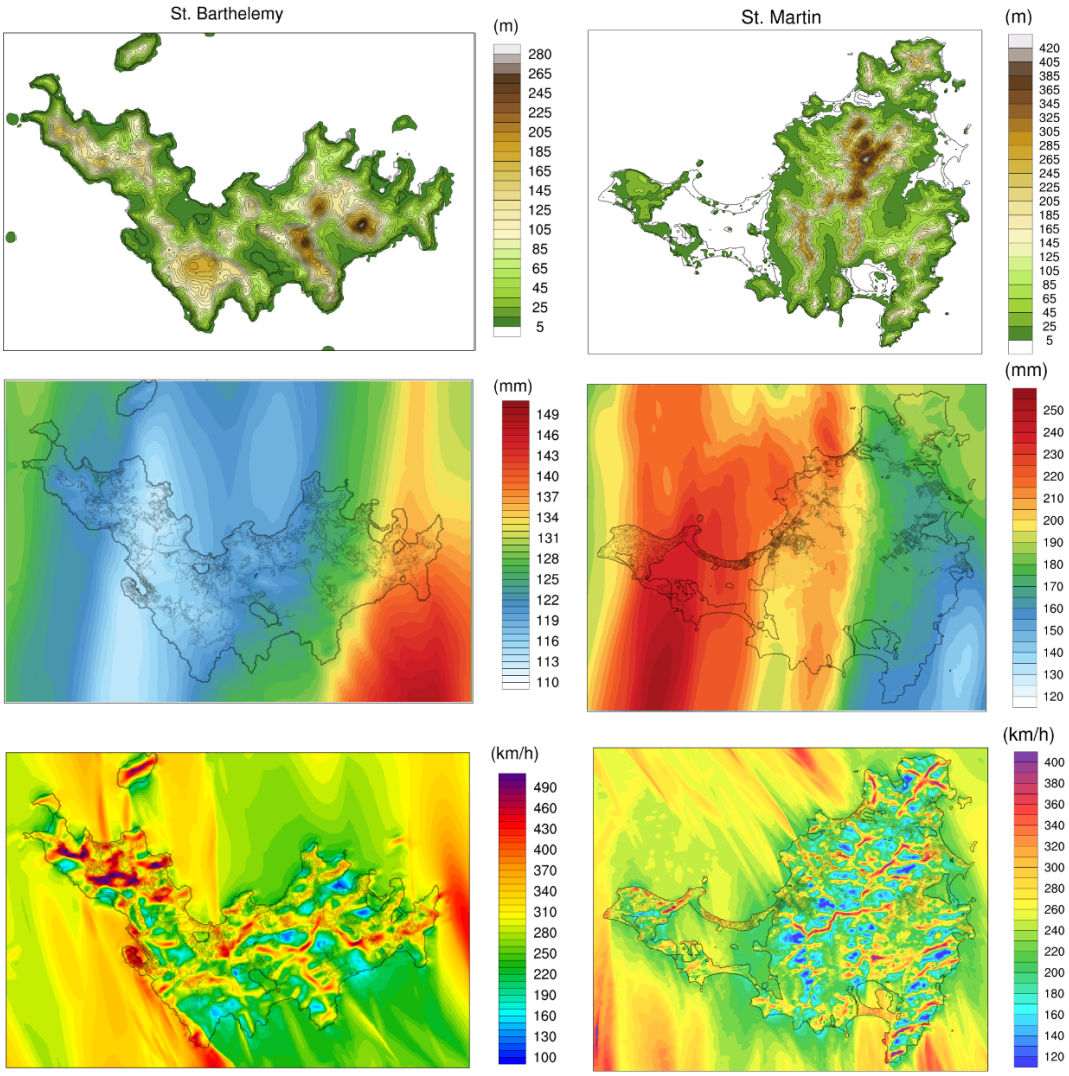
Ce modèle, validé par les observations météorologiques de Maria en Guadeloupe, permet par sa résolution de 280m de mieux représenter les violentes rafales du mur de l'œil du cyclone Irma. WRF a ainsi retrouvé des valeurs de pression et de vents très proches des valeurs observées : 924hPa de minimum de pression simulé contre 914hPa observé au cœur du cyclone, des valeurs maximales de vent soutenu de 80m/s comme estimées par le NHC, ainsi que des rafales instantanées simulées dépassant 110m/s quand les observations moyennées sur 3 secondes se situent entre 80 et 100m/s le 06/09/2017 à 11h locales.

Ces simulations ont également confirmé que l'île de Saint-Barthélemy, située sur la trajectoire du centre du cyclone d'après les observations radar, a été impactée par les plus violentes rafales d'Irma (cf. figure à droite). L'île de Saint-Martin a subi les effets du cadran Nord-Ouest de l'œil, moins actif.



Valeurs maximales de vents instantanées en km/h lors du passage du cyclone Irma (WRF 280m). Les croix noires représentent la trajectoire du cyclone d'après les données radar

Les ***simulations à 30 m de résolution du modèle WRF ARW*** ont quant à elles permis de représenter à la fois les petites structures turbulentes à l'origine des rafales extrêmes dans le mur de l'œil ainsi que les effets locaux de chacune des deux îles sur les vents et les pluies cycloniques (relief, occupation des sols) (Cécé et al. 2020). Cette étude à maille très fine a permis d'identifier les zones d'aléas cycloniques à l'échelle d'un quartier.

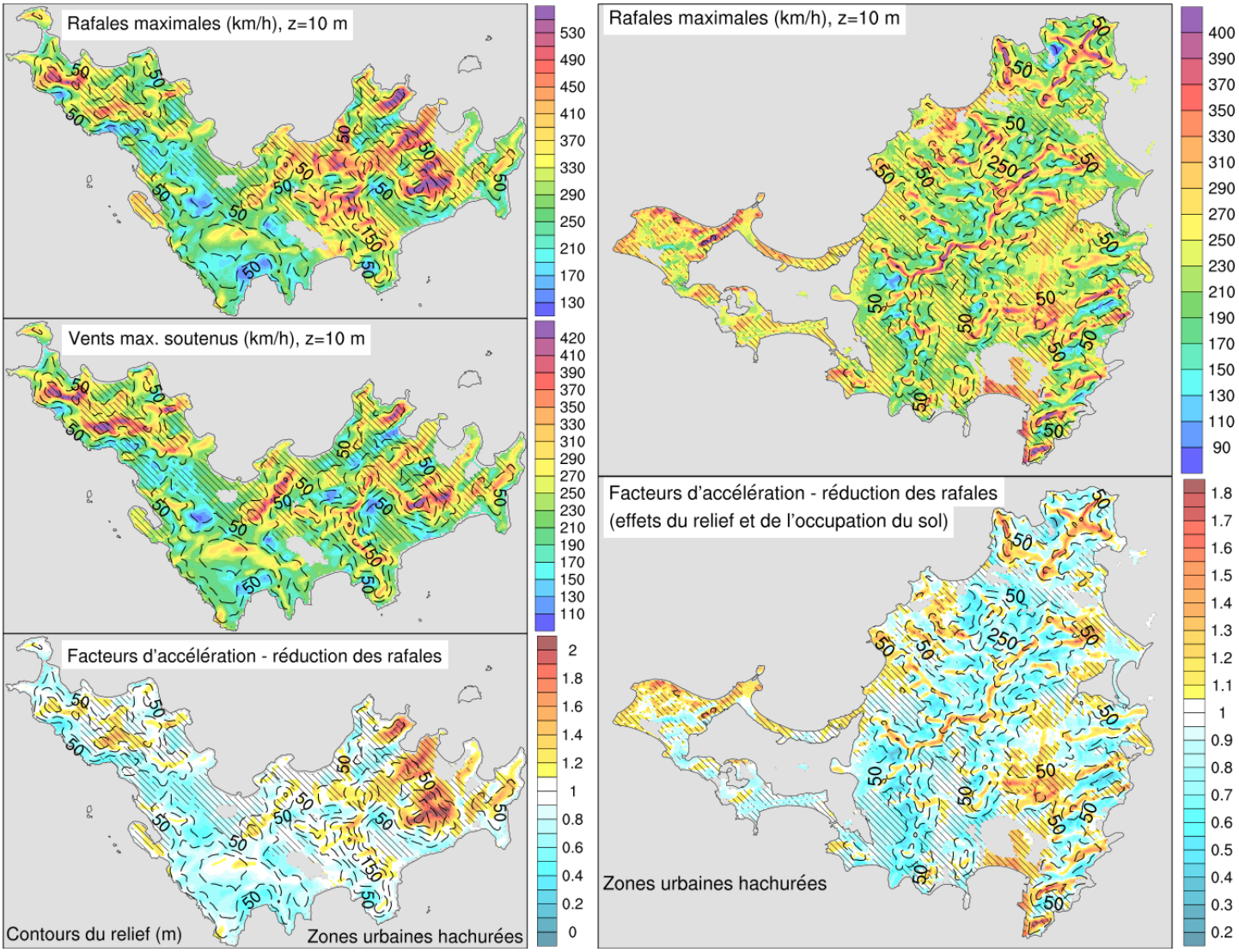


Simulations WRF à 30m de résolution : (a-b) topographie à 30m (m), (c-d) cumuls de pluie sur 12h (mm)

Alors que les ***cumuls de pluie simulés à 30m*** de résolution semblent très peu influencés par la topographie (figures 7 et 8), les rafales induites en mer (360-380 km/h) par Irma sont fortement perturbées par le relief des îles de Saint-Martin et de Saint-Barthélemy. En effet, les crêtes génèrent un resserrement des lignes de pression et d'importants mouvements ascendants à l'origine des valeurs instantanées supérieures à 460 km/h sur l'île de Saint-Barthélemy. Cette gamme de rafales correspond aux valeurs records mesurées dans les tornades les plus puissantes (512 km/h en 1999). Les effets de l'occupation des sols sur les champs cycloniques ont aussi été analysés.

Pour quantifier ces effets locaux (relief et occupation du sols) sur les rafales cycloniques, un facteur d'accélération – réduction des rafales a été calculé à 30 m de résolution sur les deux îles. Il repose sur les résultats de deux configurations de simulation : la première incluant le relief et l'occupation des sols des îles « REAL », la seconde incluant la suppression des îles et leur remplacement par un masque de mer « SEA ». Le facteur d'accélération – réduction des rafales correspond au rapport des valeurs REAL/SEA.

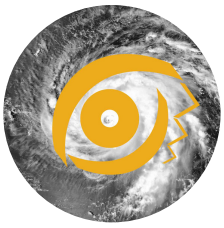
Tandis que sur les crêtes de montagne une rafale cyclonique marine peut-être accélérée d'un facteur 1,4, les zones de faible relief avec de la mangrove peuvent en revanche avoir un effet réducteur de moitié (facteur de 0,5).
L'analyse de ces facteurs d'accélération – réduction de rafales pourrait aider au développement de plan de prévention et d'aménagement avec des codes de construction mieux adaptés aux différentes zones d'exposition sur les deux îles.



Simulations WRF à 30m de résolution : rafales max. (km/h), vents max. soutenus 1 min (km/h), facteurs d'accélération – réduction des rafales : Saint Barthélemy (colonne gauche) et Saint-Martin (colonne droite) (Cécé et al. 2020)

Recommandation

+ La reconstitution des évènements avec des modèles à très haute résolution (AROME 1.3km, WRF 280m, WRF 30m) n'est possible qu'*a posteriori* : les coûts de calcul pour ces simulations ne permettent pas de les utiliser en temps réel.
Elles ne peuvent donc être utilisées en opérationnel lors d'un évènement cyclonique.
Cependant ces ***reconstitutions fines et réalistes peuvent aider à la prévention des risques*** (par exemple pour l'identification des zones d'accélération de vent et du facteur d'accélération associé).



Pour aller plus loin

Cécé, R., Bernard, D., Krien, Y., Leone, F., Candela, T., Péroche, M., Biabiany, E., Arnaud, G., Belmadani, A., Palany, P., and Zahibo, N.: A 30-m scale modeling of extreme gusts during Hurricane Irma (2017) landfall on very small mountainous islands in the Lesser Antilles, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., https://doi.org/10.5194/nhess-2020-241, accepted, 2020.

Duvat, V.; Pillet, V.; Volto, N.; Krien, Y.; Cécé, R.; Bernard, D. High human influence on beach response to tropical cyclones in small islands: Saint-Martin Island, Lesser Antilles. Geomorphology, 2019, 325, pp.70-91. (10.1016/j.geomorph.2018.09.029).

Faure, G.; Chambon, P.; Brousseau, P. Operational implementation of the AROME model in the Tropics: multiscale validation of rainfall forecasts ; Weather and Forecasting (submitted)

Jury, M.; Chiao, S.; Cécé, R. The Intensification of Hurricane Maria 2017 in the Antilles. Atmosphere, MDPI 2019, 10 (10), pp.590.

Krien, Y.; Arnaud, G.; Cécé, R.; Ruf, C.; Belmadani, A.; Khan, J.; Bernard, D.; Islam, A.; Durand, F.; Testut, L.; Palany, P.; Zahibo, N. Can We Improve Parametric Cyclonic Wind Fields Using Recent Satellite Remote Sensing Data? Remote Sens. 2018, 10, 1963.

Pillet V.; Duvat, V.; Krien, Y.; Cécé, R.; Arnaud, G.; Pignon-Mussaud, C. Assessing the impacts of shoreline hardening on beach response to hurricanes: Saint-Barthélemy, Lesser Antilles. Ocean and Coastal Management, 2019, 174, pp.71-91. ⟨10.1016/j.ocecoaman.2019.03.021⟩.

Rey, T.; Leone, F.; Candela, T.; Belmadani, A.; Palany, P.; Krien, Y.; Cécé, R.; Gherardi, M.; Péroche, M.; Zahibo, N. Coastal Processes and Influence on Damage to Urban Structures during Hurricane Irma (St-Martin & St-Barthélemy, French West Indies). J. Mar. Sci. Eng. 2019, 7, 215.