



**HAL**  
open science

# Rapport de synthèse sur la simulation à haute résolution d'un cyclone tropical ayant impacté les Seychelles : Fantala (2016)

Joris Pianezze, Christelle Barthe, Soline Bielli

## ► To cite this version:

Joris Pianezze, Christelle Barthe, Soline Bielli. Rapport de synthèse sur la simulation à haute résolution d'un cyclone tropical ayant impacté les Seychelles : Fantala (2016). [Rapport de recherche] LACy. 2019. hal-03727729

**HAL Id: hal-03727729**

**<https://hal.science/hal-03727729>**

Submitted on 19 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.

# RENOVRISK-CYCLONES (C3)

ACTION 2

SOUS-ACTION 2.3

---

## Rapport de synthèse sur la simulation à haute résolution d'un cyclone tropical ayant impacté les Seychelles : Fantala (2016)

---

Joris PIANEZZE, Christelle BARTHE et Soline BIELLI

Laboratoire de l'Atmosphère et des Cyclones  
(UMR 8105 CNRS/Météo-France/Université de La Réunion)

Mars 2019



# Sommaire

<b>1</b>	<b>Contexte</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Cas d'étude : le cyclone tropical très intense Fantala (2016)</b>	<b>2</b>
2.1	Cycle de vie . . . . .	2
2.2	Impacts . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Configuration numérique</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Résultats</b>	<b>5</b>
4.1	Trajectoire - Intensité . . . . .	5
4.2	Vent, houle et précipitations sur les îles Farquhar . . . . .	6
4.2.1	Vent à 10 m . . . . .	6
4.2.2	Houle . . . . .	7
4.2.3	Précipitations cumulées . . . . .	7
<b>5</b>	<b>Mise à disposition des données</b>	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>Conclusion</b>	<b>9</b>

# 1 Contexte

Ce rapport présente les premiers résultats de la simulation couplée océan-vagues-atmosphère à haute résolution du cyclone tropical très intense Fantala qui a impacté les Seychelles (atoll des Farquhar) en 2016. Ces simulations ont été réalisées dans le cadre de l'Action 2 - Sous-action 2.3 "Simulations numériques" du programme ReNovRisk-Cyclones.

Après une présentation du cyclone tropical Fantala, le cadre numérique des simulations et les résultats sont détaillés. Le rapport se termine par une section présentant la mise à disposition des données et une conclusion.

## 2 Cas d'étude : le cyclone tropical très intense Fantala (2016)

Le cyclone tropical très intense Fantala (2016) est le cyclone le plus intense jamais observé dans le Sud-Ouest de l'Océan Indien (SOOI), avec un vent moyen sur 10 min de  $250 \text{ km.h}^{-1}$  et des rafales avoisinant les  $350 \text{ km.h}^{-1}$ . De plus, avec une durée de vie de 16 jours, Fantala est resté pendant 237 heures ( $\approx 10$  jours) au stade de cyclone tropical, et est, de ce fait, le deuxième système ayant eu la durée de vie cyclonique la plus importante depuis 42 ans d'archives. La première place étant occupée par le cyclone tropical très intense Alibera en 1989 avec 252 heures. A noter que Fantala est resté au stade de cyclone tropical intense pendant 117 heures.

Sa trajectoire particulièrement atypique (deux demi-tours) l'a conduit à affecter trois fois en quelques jours l'atoll des Farquhar (Seychelles) avant sa dissipation dans l'ouest du bassin (Figure 1).

### 2.1 Cycle de vie

Le 10 avril, une zone perturbée émerge au nord-est du bassin cyclonique du SOOI. Dans un premier temps, l'intensification de cette perturbation va être linéaire, gagnant un stade d'intensité toutes les 6 heures : le 11 avril à 06 UTC le système est classé perturbation tropicale, à 12 UTC, dépression tropicale, et il est baptisé Fantala à 18 UTC au stade de tempête tropicale modérée. La trajectoire générale est orientée vers l'ouest et le stade de forte tempête tropicale est atteint le 12 avril à 09 UTC. Fantala est classé cyclone tropical le 13 avril à 03 UTC. Puis, pendant 48 h son intensité va plafonner sous l'effet d'un cycle de remplacement du mur de l'œil qui se met en place durant la journée du 14. Une réorganisation est observée en début de journée du 15. Le stade de cyclone tropical intense est franchi à 06 UTC. L'œil est d'un petit diamètre, d'une vingtaine de kilomètres. Sous l'effet d'un cisaillement vertical de vent de nord-nord-ouest, l'intensité va de nouveau plafonner pendant 36 h avec un œil moins bien défini mais toujours avec une convection forte. L'intensité va ensuite s'emballer durant la journée du 17. Le stade de cyclone tropical très intense est atteint à 09 UTC avec un vent moyen sur 10 min estimé à  $250 \text{ km.h}^{-1}$ . A 18 UTC, l'intensité de Fantala atteint son apogée, avec des vents estimés à  $275 \text{ km.h}^{-1}$  ! Le très puissant cyclone Fantala poursuit sa route vers le nord-ouest jusqu'au 18 avril à 12 UTC. Fantala reste quasi stationnaire entre 12 et 18 UTC puis rebrousse chemin avec une nouvelle trajectoire orientée vers l'est-sud-est, guidée par deux flux directeurs : la dorsale proche-équatoriale de moyenne troposphère qui se renforce au nord-est, et un large thalweg des moyennes latitudes qui remonte depuis le sud-ouest. Fantala s'affaiblit suite à un nouveau cycle de remplacement du mur de l'œil et d'un épuisement du contenu énergétique de l'océan lié au premier passage du météore dans cette zone. Durant la journée du 19, Fantala a repris de la vitesse et l'amorce d'un œil plus large débute et se finalise en fin de journée. Le 20, Fantala

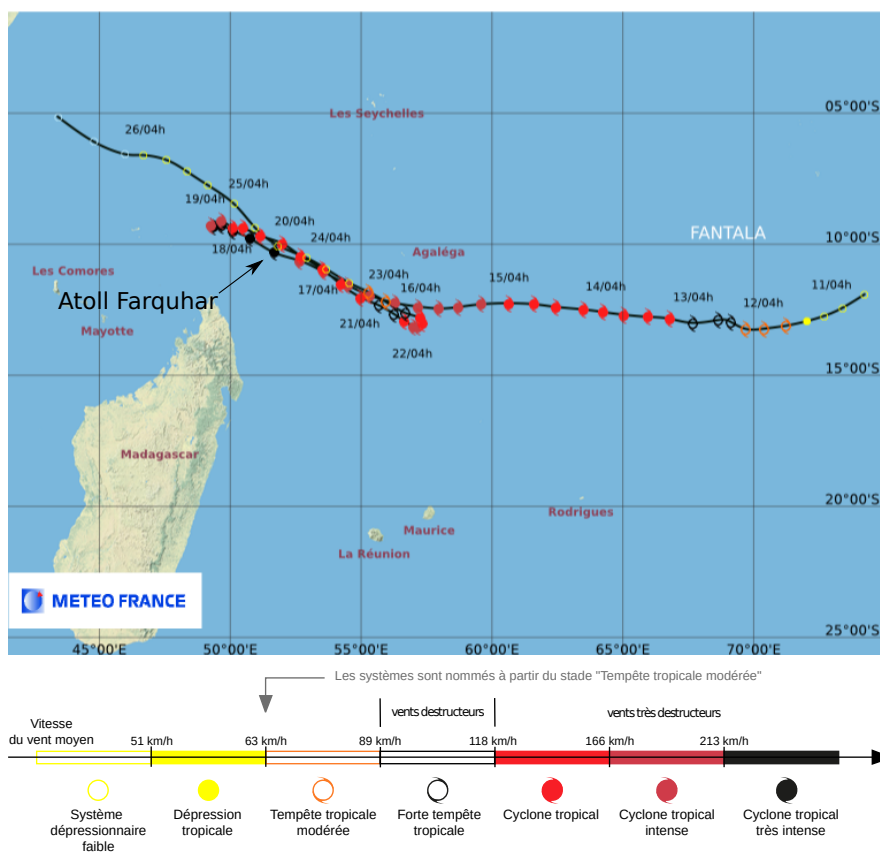


Figure 1: Trajectoire de Fantala. Chaque point correspond à la position analysée du système toutes les 6 heures. Source : Météo-France.

présente un œil régulier de 35 km de diamètre et ré-atteint une intensité estimée à  $180 \text{ km h}^{-1}$ . Puis le météore perd à nouveau en intensité : le 21 avril, l'œil a disparu sur les images satellites et l'intensité redescend à  $150 \text{ km.h}^{-1}$ . En fin de journée on assiste en quelques heures à une ré-intensification explosive due à une organisation nuageuse très restreinte. Ce sursaut sera éphémère car une intrusion d'air sec en moyenne troposphère s'enroule autour du système par le nord induisant de nouveau une diminution de l'intensité. Le 23 avril, Fantala rebrousse une fois de plus son chemin en direction du nord-ouest sous l'effet de la large dorsale subtropicale au sud du système en basse et moyenne troposphère qui génère sur le système un flux directeur d'est-sud-est. L'intensité décroît rapidement : de forte tempête tropicale le 23 avril à simple dépression tropicale 24 heures plus tard. L'air sec qui s'enroulait autour du système est maintenant en son cœur.

## 2.2 Impacts

Fantala s'est déchaîné sur l'atoll Farquhar. Le 17 avril, l'œil est passé directement sur cette île appartenant aux Seychelles au nord-est de Madagascar. Puis, le 19 avril, il est passé à 40 km au nord de l'île. La végétation a été rasée avec des rafales de vents supérieures à  $300 \text{ km.h}^{-1}$ . Sur les 50 bâtiments présents sur l'atoll Farquhar, 19 ont été détruits et 27 ont subi de sérieux dommages. Seuls quatre bâtiments, construits pour résister aux cyclones après Bondo, ont résisté aux rafales estimées à  $350 \text{ km.h}^{-1}$ .

En Tanzanie et au Kenya, les pluies liées aux résidus de Fantala ont provoqué des inondations qui ont coupé des routes, piégeant des centaines de résidents et faisant huit morts. Le débordement de la rivière Umba a isolé plusieurs villages : plus de 10 000 personnes se sont retrouvées sans abri après que leurs maisons aient été emportées. Les inondations ont également détruit plus de 20 000 ha de champs de cultures. Le port et plusieurs routes ont été fermés dans la ville de Mombasa, la deuxième plus grande ville du Kenya.

### 3 Configuration numérique

Une simulation couplée océan-vagues-atmosphère permettant de reproduire l'évolution du cyclone Fantala est réalisée. Le couplage entre les modèles d'océan, d'atmosphère et de vagues est décrit en détail dans [Voldoire et al. \(2017\)](#) et [Pianezze et al. \(2018\)](#), et est rappelé sur la Figure 2. La configuration des 3 modèles utilisés dans cette étude est résumée ci-dessous.

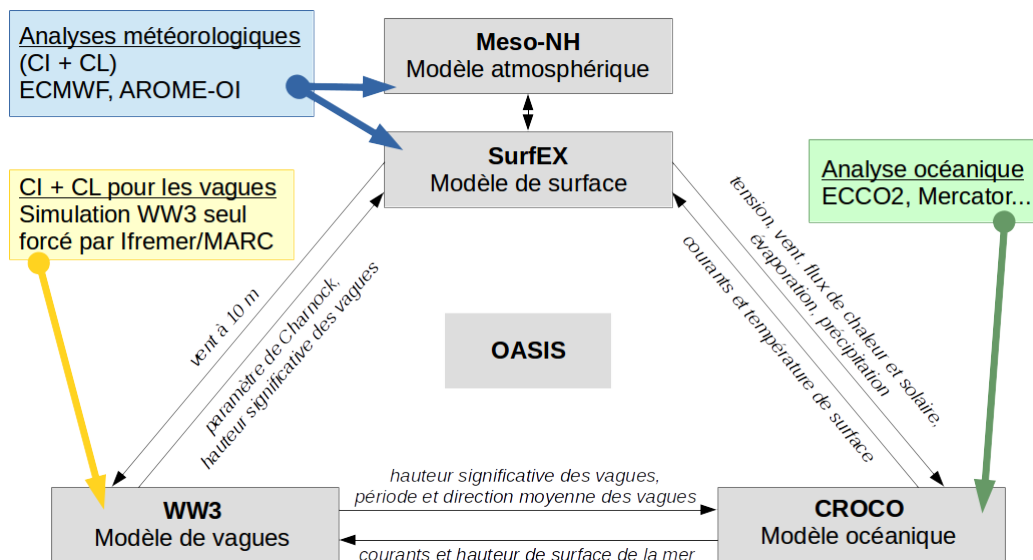


Figure 2: Schéma de principe du couplage océan-vagues-atmosphère. Les boîtes grises représentent les modèles atmosphérique, océanique, de vagues et le coupleur OASIS. Les boîtes colorées représentent les conditions initiales (CI) et aux limites (CL) pour les 3 modèles. Les échanges entre les différents modèles sont représentés par les flèches noires associées au texte en italique.

**Modèle atmosphérique Meso-NH et modèle de surface SurfEX** Meso-NH est un modèle atmosphérique communautaire français (<http://mesonh.aero.obs-mip.fr/>) ([Lac et al., 2018](#)). Il est utilisé ici dans sa version 5-4-1. Le domaine couvre une région de 2500 km × 1500 km avec une maille horizontale de 2 km. La grille verticale comprend 70 niveaux verticaux avec une résolution plus importante près du sol. Le pas de temps est de 5 s. La convection profonde est résolue alors que la convection peu profonde est paramétrée selon le schéma en flux de masse de [Bechtold et al. \(2001\)](#). La paramétrisation de la turbulence est basée sur une fermeture à l'ordre 1,5 ([Cuxart et al., 2000](#)) en faisant l'hypothèse de flux turbulents purement verticaux,

et en utilisant la longueur de mélange de Bougeault et Lacarrère (1989). La microphysique est paramétrée selon le schéma à 1 moment de Pinty et Jabouille (1998) qui prend en compte 5 types de particules (eau nuageuse, pluie, glace primaire, neige, graupel). Le schéma radiatif est celui utilisé au CEPMMT<sup>1</sup> (Gregory *et al.*, 2000).

Les interactions surface-atmosphère sont regroupées dans la plateforme SurfEX<sup>2</sup> (<https://www.umr-cnrm.fr/surfex/>) (Masson *et al.*, 2013; Voldoire *et al.*, 2017). Pour cette étude, le modèle de surface terrestre ISBA est utilisé (Noilhan et Planton, 1989). Différentes paramétrisations des flux à l’interface océan-atmosphère sont testées. Dans ce rapport, seuls les résultats de la simulation utilisant la paramétrisation WASP<sup>3</sup> seront présentés. Cette paramétrisation, développée au LOPS<sup>4</sup>, permet une meilleure prise en compte des vagues simulées.

La simulation débute le 14 avril 2016 à 00 UTC et se poursuit jusqu’au 26 janvier 2016 à 00 UTC. Meso-NH/SurfEX est initialisé et forcé aux limites latérales par les analyses du CEPMMT.

**Modèle de vagues WW3** (<http://polar.ncep.noaa.gov/waves/wavewatch/>). La grille couverte par WW3 est la même que celle de Meso-NH avec  $1275 \times 750$  points à une résolution de 2 km. Le pas de temps global est de 100 s. La discrétisation spectrale de WW3 est de 24 pour la direction et de 32 pour la fréquence. Afin de permettre la descente d’échelle depuis les analyses globales MARC<sup>5</sup> (<http://marc.ifremer.fr/>), une simulation de 7 jours avec le modèle de vagues seul est réalisée (du 7 avril 2016 à 00 UTC au 14 avril 2016 à 00 UTC).

**Modèle océanique CROCO** Le modèle CROCO<sup>6</sup> (<http://www.croco-ocean.org>) est un nouveau modèle construit à partir de ROMS-Agrif. Le domaine pour le modèle océanique est le même que pour les modèles d’atmosphère et de vagues. Il comprend  $1205 \times 724$  points à une résolution horizontale de 2 km. Le domaine comprend 32 niveaux verticaux avec une résolution accrue près de la surface. Le schéma temporel utilisé est un schéma ”time-splitting” avec des pas de temps barocline et barotrope de 100 s et 2 s, respectivement. Le modèle est initialisé et forcé aux limites latérales tous les jours avec les analyses globales au 1/12 de degré fournies par Mercator Océan.

## 4 Résultats

### 4.1 Trajectoire - Intensité

La figure 3(a) montre la trajectoire issue de la best-track (BT) du CMRS<sup>7</sup> La Réunion (noir) et celle issue de la modélisation couplée (rouge).

La simulation couplée reproduit correctement la trajectoire analysée par le CMRS (BT). La position des 3 demi-tours est bien reproduite, avec moins de 20 km d’écart entre simulation et analyse. L’écart entre la best-track et la simulation est maximum ( $\sim 70$  km) lors de la propagation du cyclone vers le sud-est (flèche grise (3)).

La pression minimale au niveau de la mer et le vent maximum soutenu à 10 mètres sont les deux marqueurs de l’intensité. Ils sont tracés sur les figures 3(b,c) à la fois pour l’analyse

---

<sup>1</sup>Centre Européen pour les Prévisions Météorologiques à Moyen Terme, ou ECMWF

<sup>2</sup>Surface EXternalisée

<sup>3</sup>Wave-Age Seaflux Parametrization

<sup>4</sup>Laboratoire d’Océanographie Physique et Spatiale

<sup>5</sup>Modélisation et Analyse pour la Recherche Côtière

<sup>6</sup>Coastal and Regional Ocean COmmunity model

<sup>7</sup>Centre Météorologique Régional Spécialisé

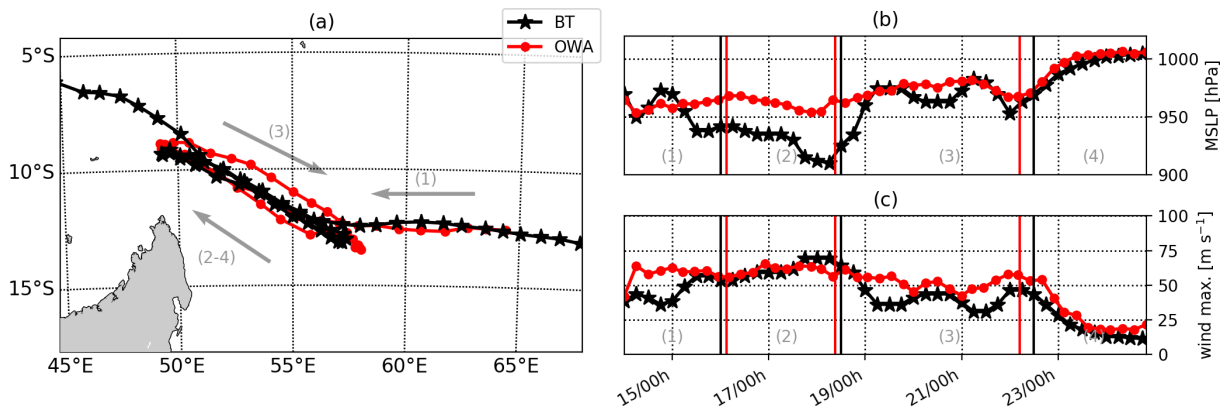


Figure 3: (a) Trajectoire de Fantala (ligne avec des étoiles ; les étoiles correspondent à une donnée toutes les 6 heures). (b) Évolution du minimum de pression au niveau de la mer (MSLP, hPa). (c) Évolution du maximum de vent soutenu ( $\text{m.s}^{-1}$ ). Les lignes noires et rouges correspondent respectivement aux données issues de la best-track et à la simulation couplée océan-vagues-atmosphère.

du CMRS La Réunion (courbe noire) et pour la simulation couplée (courbe rouge). Les traits verticaux noir et rouge représentent l’instant des différents demi-tours. Les 3 demi-tours simulés sont effectués avec un très bon *timing*, avec moins de 3 h d’écart par rapport à la best-track. Que ce soit au niveau de la pression ou du vent, l’évolution de l’intensité de Fantala est plutôt bien simulée comparée à la best-track du CMRS. Entre le 17 et le 19 avril 2016, on observe un creusement au niveau de la pression de la best-track qui n’est pas présent dans le vent à 10 m et c’est à cet instant que les différences entre simulation et analyse sont maximales pour la pression (40 hPa pour la MSLP) alors que pour le vent la simulation est très proche de l’analyse. Un examen de la relation vent/pression des analyses et des simulations est en cours afin de s’assurer que ces paramètres sont bien comparables en l’état.

Dans la suite du rapport, nous nous concentrons sur la journée du 17 avril 2016 pendant laquelle l’impact de Fantala sur l’atoll des Farquhar a été maximum.

## 4.2 Vent, houle et précipitations sur les îles Farquhar

### 4.2.1 Vent à 10 m

L’évolution temporelle du vent à 10 m lors du passage du cyclone Fantala au dessus des îles Farquhar est présentée sur la Figure 4.

Le 17 avril à 06 UTC, alors que Fantala est encore à l’est des îles Farquhar, les vents maximums ( $> 55 \text{ m.s}^{-1}$ ) sont localisés dans la moitié ouest du cyclone. Six heures plus tard, le cyclone modélisé atteint les Farquhar par le sud-est au stade de cyclone tropical intense. Il est beaucoup plus symétrique avec des vents maximums bien répartis autour de l’œil. Dans cette simulation comme dans la réalité (Figure 3a), l’atoll Farquhar prend de plein fouet le mur de l’œil du cyclone, avec des vents avoisinants les  $60 \text{ m.s}^{-1}$  ( $216 \text{ km.h}^{-1}$ ). A 18 UTC, alors que Fantala aborde son demi-tour, l’atoll des Farquhar, et notamment les îles du nord, est toujours sous l’influence du système.



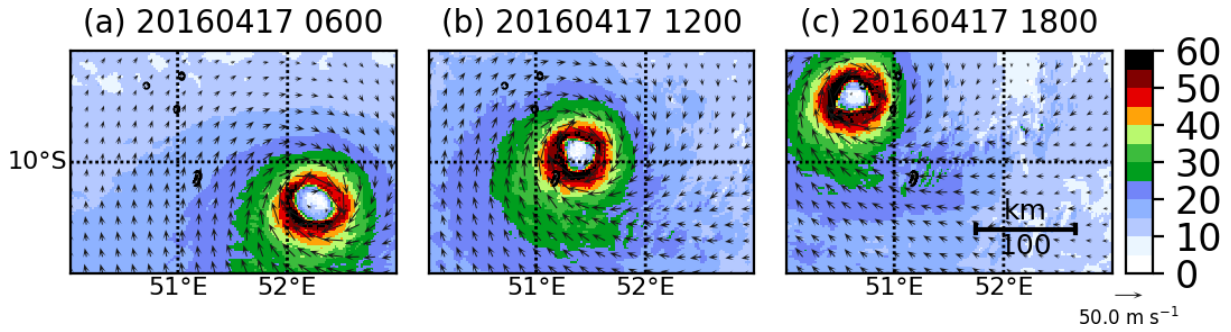


Figure 4: Évolution temporelle du vent à 10 m ( $\text{m.s}^{-1}$ ) lors du passage de Fantala au dessus des îles Farquhar (a) le 17 avril 2016 à 06 UTC, (b) le 17 avril 2016 à 12 UTC et (c) le 17 avril 2016 à 18 UTC.

Pour quantifier la vitesse des vents à 10 m ayant impacté l'atoll des Farquhar, l'évolution temporelle du vent à 10 m est extraite en 3 points situés autour de l'atoll et sur la trajectoire de Fantala : un point est situé en amont de l'atoll, au sud-est noté SE, un autre point est situé au centre de l'atoll noté C et un dernier point placé en aval de l'atoll, au nord-ouest, noté NW (Figure 5a). Sur l'île des Farquhar, le vent à 10 m augmente doucement entre 00 UTC et 10 UTC, et passe de  $12 \text{ m.s}^{-1}$  à  $25 \text{ m.s}^{-1}$ . A 10 UTC, alors que le mur de l'œil va atterrir sur l'île, le vent s'intensifie rapidement pour atteindre  $45 \text{ m.s}^{-1}$  une heure plus tard. De 11 à 12 UTC, le vent dépasse  $45 \text{ m.s}^{-1}$  ( $\sim 160 \text{ km.h}^{-1}$ ), puis diminue brutalement dès que le mur de l'œil s'éloigne de l'île. A 15 UTC, le vent est à nouveau de l'ordre de  $20 \text{ m.s}^{-1}$ , puis continue à diminuer doucement durant les heures suivantes. En amont et en aval de l'île des Farquhar, l'évolution du vent à 10 m est très similaire, mais légèrement décalée dans le temps en raison du déplacement vers l'ouest-nord-ouest du système.

#### 4.2.2 Houle

L'évolution temporelle de la hauteur significative des vagues ( $H_s$ ) lors du passage du cyclone Fantala au dessus des îles Farquhar est présentée sur la Figure 6.

Au passage du cyclone sur les îles Farquhar, l'extension spatiale du champ de vagues diminue d'un tiers sous l'effet de la dissipation de l'énergie des vagues par les îles. A 12 UTC, lorsque le mur de l'œil atterrit sur l'atoll Farquhar, la hauteur significative des vagues avoisine les 10 m, ce qui peut entraîner des vagues ayant des hauteurs crêtes à creux de plus de 13 m ! Malheureusement, aucune bouée n'est disponible dans la zone pour mesurer la hauteur des vagues.

L'évolution de la hauteur significative des vagues en amont et en aval de l'île (Figure 5b) présente clairement l'effet de l'île sur la dissipation de l'énergie des vagues et donc de la hauteur significative : la hauteur significative diminue d'environ 25% passant de 11 m à environ 8 m. Durant plus de 3 h, la hauteur significative des vagues atteignant la côte est de l'île dépasse 5 m.

#### 4.2.3 Précipitations cumulées

La passage du cyclone sur les îles Farquhar est aussi visible sur le cumul de précipitations simulées (Figure 7).

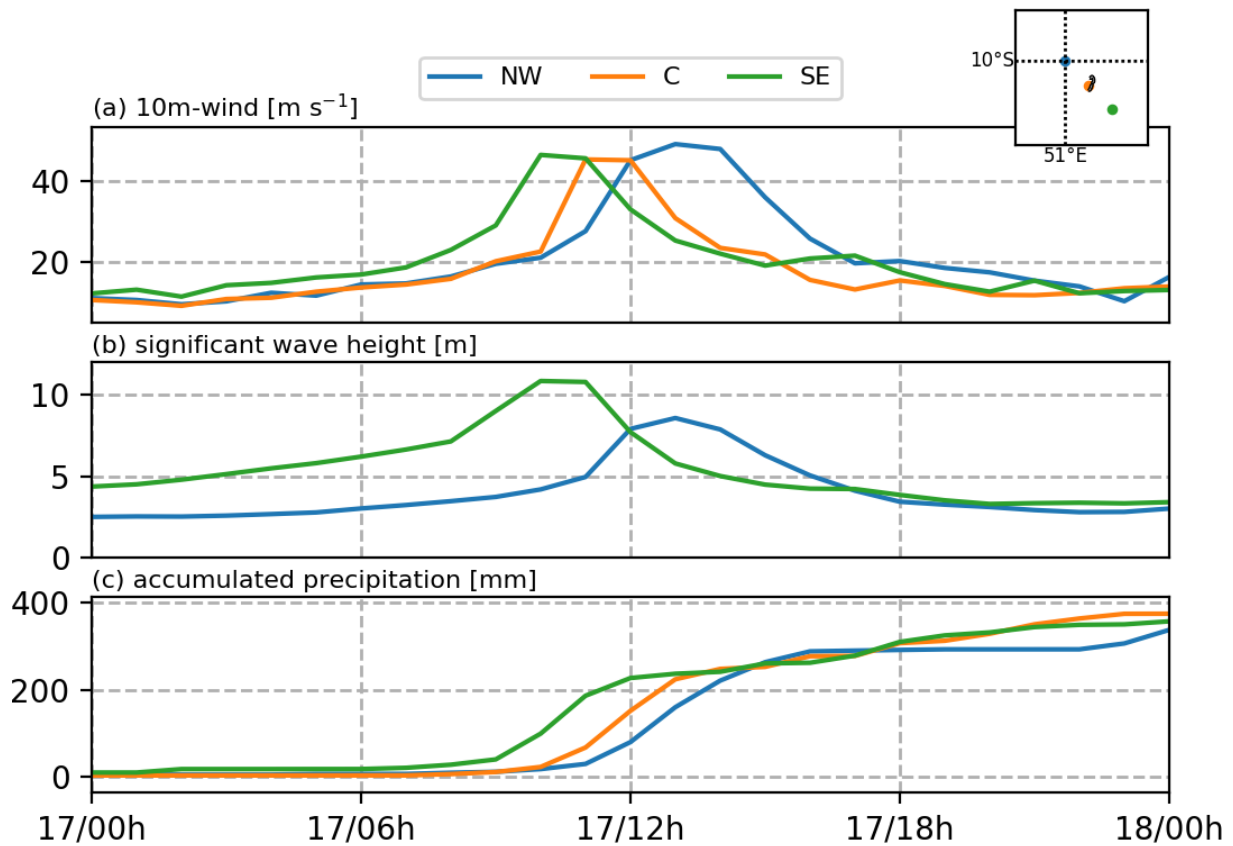


Figure 5: Évolution temporelle du vent à 10 m ( $\text{m.s}^{-1}$ ) (a), de la hauteur significative des vagues (m) (b) et de la pluie cumulée (mm) (c) au niveau de 3 points autour de l’atoll Faruqhar. Le point 'C' est positionné sur l’atoll des Faruqhar, d’où l’absence de donnée de hauteur significative pour ce point. Les évolutions temporelles sont tracées à partir de champs horaires.

Le maximum de précipitation se situe dans le quadrant avant gauche du cyclone. Le passage du cyclone sur les îles Faruqhar (Figure 7c) engendre des précipitations cumulées atteignant plus de 350 mm, ce qui correspond à près de 2 fois les précipitations moyennes cumulées sur les Seychelles en avril ( $\approx 185$  mm). A noter que les fortes pluies modélisées sont localisées dans le mur de l’œil du cyclone, et plus particulièrement dans la partie sud avec des maxima dépassant 350 mm contre 250 mm dans la partie nord du mur de l’œil.

L’évolution temporelle des précipitations cumulées au niveau des 3 points répartis le long de la trajectoire du cyclone (Figure 5c) montre qu’en 2 h la pluie cumulée atteint 200 mm, et ce, quelle que soit la position du point. 12 heures après le passage du cyclone, les pluies perdurent jusqu’à atteindre des cumuls de pluie d’environ 400 mm localement lors de ce premier passage de Fantala sur l’atoll.

## 5 Mise à disposition des données

Les données sont accessibles et téléchargeables sur le site <http://www.renovrisk.re/> au format netcdf. Sont disponibles les données issues de la simulation présentée dans ce document avec une sortie toutes les heures pour la journée du 17 avril 2016, c’est-à-dire au moment où Fantala

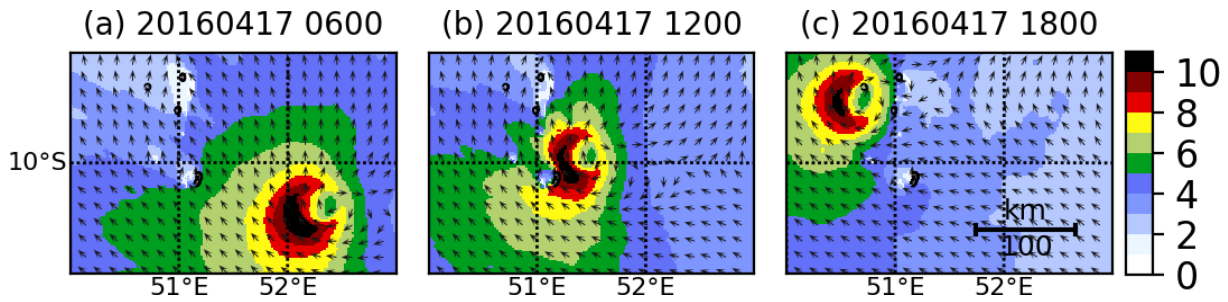


Figure 6: Évolution temporelle de la hauteur significative des vagues (m) lors du passage de Fantala au dessus des îles Farquhar (a) le 17 avril 2016 à 06 UTC, (b) le 17 avril 2016 à 12 UTC et (c) le 17 avril 2016 à 18 UTC.

est à son maximum d'intensité sur les îles Farquhar. Les champs sont à 2 km de résolution.

- pluie cumulée depuis le début de la simulation : SEYCHELLES\_pcpcumul\_2km.nc
- vent à 10 m (vent zonal et vent méridien) : SEYCHELLES\_v10m\_2km.nc
- hauteur significative des vagues : SEYCHELLES\_houle\_2km.nc

## 6 Conclusion

Les premiers résultats issus de la simulation couplée océan-vagues-atmosphère Fantala sont présentés dans ce rapport. Ils montrent que la simulation reproduit l'évolution du cyclone tropical Fantala analysée par le CMRS, que ce soit sa trajectoire avec les 3 demi-tours, ou son intensité au travers de la pression minimale au niveau de la mer ou du vent à 10 m. Avec un vent à 10 m moyen autour de  $60 \text{ m.s}^{-1}$ , une hauteur significative des vagues autour de 10 m et des cumuls de pluie de plus de 350 mm, les îles Farquhar ont subi le plus gros cyclone jamais observé depuis plus de 40 ans d'archives.

L'analyse détaillée des différentes simulations réalisées fait l'objet d'une étude approfondie dans le cadre d'un contrat ReNovRisk-C3. Un focus est fait sur l'impact des flux air/mer et le rôle des embruns sur le comportement du cyclone: trajectoire, intensité, cycles de remplacement du mur de l'œil...

## Remerciements

Merci à Philippe Caroff pour son rapport détaillé sur Fantala. Merci aussi à Marie-Noëlle Bouin pour le partage de sa paramétrisation des flux turbulents WASP, utilisée dans cette simulation. Les simulations ont été réalisées sur le supercalculateur Beaufix de Météo-France à Toulouse.

## References

- Bechtold P, Bazile E, Guichard F, Mascart P, Richard E. 2001. A mass-flux convection scheme for regional and global models. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.* **127**: 869–886.
- Bougeault P, Lacarrère P. 1989. Parameterization of orography-induced turbulence in a meso-beta scale model. *Monthly Weather Review* **117**: 1872–1890.

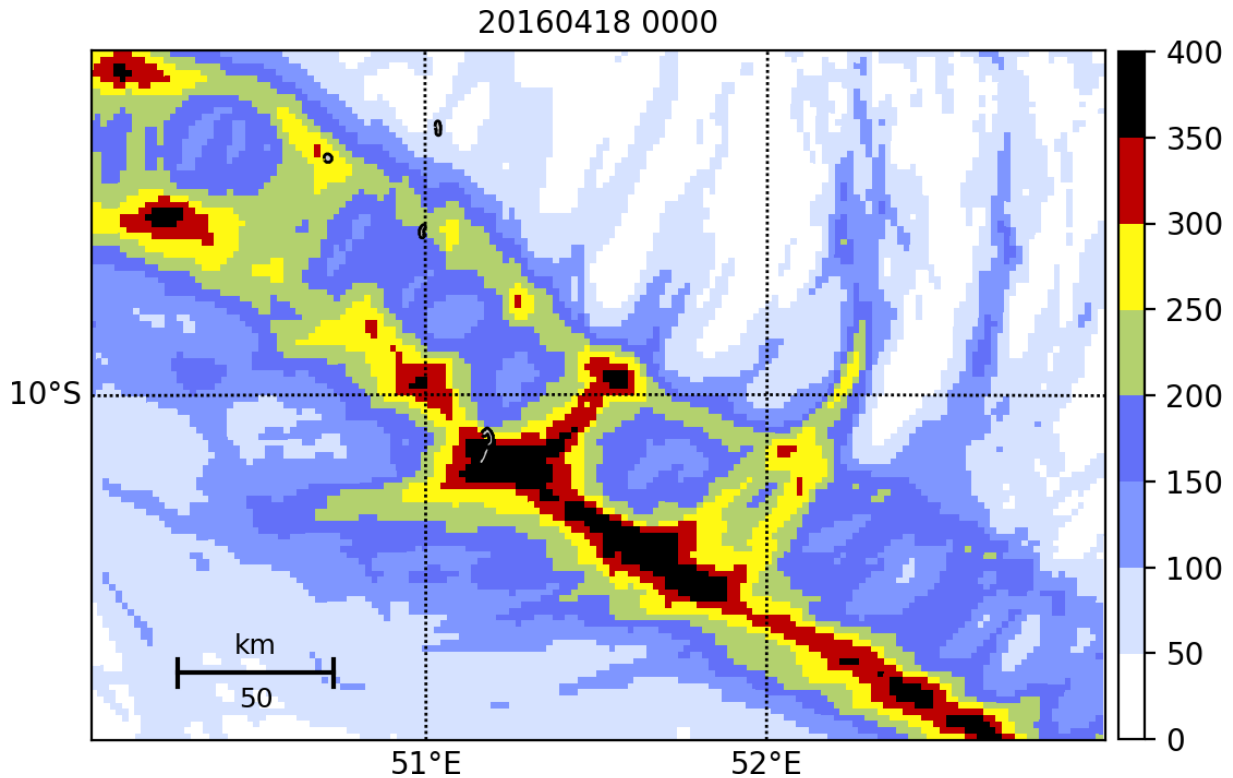


Figure 7: Précipitations cumulées (mm) après le passage de Fantala au dessus des îles Farquhar le 18 avril 2016 à 00 UTC.

Cuxart J, Bougeault P, Redelsperger JL. 2000. A turbulence scheme allowing for mesoscale and large-eddy simulations. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.* **126**(562): 1–30.

Gregory D, Morcrette JJ, Jakob C, Beljaars AM, Stockdale T. 2000. Revision of convection, radiation and cloud schemes in the ECMWF model. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.* **126**: 1685–1710.

Lac C, Chaboureaud JP, Masson V, Pinty JP, Tulet P, Escobar J, Leriche M, Barthe C, Aouizerats B, Augros C, Aumond P, Auguste F, Bechtold P, Berthet S, Bielli S, Bosseur F, Caumont O, Cohard JM, Colin J, Couvreur F, Cuxart J, Delautier G, Dauhut T, Ducrocq V, Filippi JB, Gazen D, Geoffroy O, Gheusi F, Honnert R, Lafore JP, Lebeaupin Brossier C, Libois Q, Lunet T, Mari C, Maric T, Mascart P, Mogé M, Molinié G, Nuissier O, Pantillon F, Peyrillé P, Pergaud J, Perraud E, Pianezze J, Redelsperger JL, Ricard D, Richard E, Riette S, Rodier Q, Schoetter R, Seyfried L, Stein J, Suhre K, Taufour M, Thouron O, Turner S, Verrelle A, Vié B, Visentin F, Vionnet V, Wautelet P. 2018. Overview of the meso-nh model version 5.4 and its applications. *Geoscientific Model Development* **11**(5): 1929–1969, doi: 10.5194/gmd-11-1929-2018, URL <https://www.geosci-model-dev.net/11/1929/2018/>.

Masson V, Le Moigne P, Martin E, Faroux S, Alias A, Alkama R, Belamari S, Barbu A, Boone A, Bouyssel F, Brousseau P, Brun E, Calvet JC, Carrer D, Decharme B, Delire C, Donier S, Essouini K, Gibelin AL, Giordani H, Habets F, Jidane M, Kerdraon G, Kourzeneva E, Lafaysse M, Lafont S, Lebeaupin Brossier C, Lemsu A, Mahfouf JF, Marguinaud P, Mokhtari M, Morin S, Pigeon G, Salgado R, Seity Y, Taillefer F, Tanguy G, Tulet P, Vincendon B, Vionnet

- V, Voltaire A. 2013. The surfexv7.2 land and ocean surface platform for coupled or offline simulation of earth surface variables and fluxes. *Geoscientific Model Development* **6**(4): 929–960, doi:10.5194/gmd-6-929-2013, URL <https://www.geosci-model-dev.net/6/929/2013/>.
- Noilhan J, Planton S. 1989. A simple parameterization of land surface processes for meteorological models. *Monthly Weather Review* **117**(3): 536–549, doi:10.1175/1520-0493(1989)117<0536:ASPOLS>2.0.CO;2, URL [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1989\)117<0536:ASPOLS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1989)117<0536:ASPOLS>2.0.CO;2).
- Pianezze J, Barthe C, Bielli S, Tulet P, Jullien S, Cambon G, Bousquet O, Claeys M, Cordier E. 2018. A new coupled ocean-waves-atmosphere model designed for tropical storm studies: Example of tropical cyclone Bejisa (2013–2014) in the south-west Indian Ocean. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems* **10**(3): 801–825, doi:10.1002/2017MS001177.
- Pinty JP, Jabouille P. 1998. A mixed-phase cloud parameterization for use in mesoscale non hydrostatic model : simulations of a squall line and of orographic precipitations. Paper presented at Conference of Cloud Physics, Everett, WA, USA.
- Voltaire A, Decharme B, Pianezze J, Lebeaupin Brossier C, Sevault F, Seyfried L, Garnier V, Bielli S, Valcke S, Alias A, Accensi M, Arduin F, Bouin MN, Ducrocq V, Faroux S, Giordani H, Léger F, Marsaleix P, Rainaud R, Redelsperger JL, Richard E, Riette S. 2017. Surfex v8.0 interface with oasis3-mct to couple atmosphere with hydrology, ocean, waves and sea-ice models, from coastal to global scales. *Geoscientific Model Development* **10**(11): 4207–4227, doi:10.5194/gmd-10-4207-2017, URL <https://www.geosci-model-dev.net/10/4207/2017/>.