



INTERREG-V OCEAN INDIEN 2014-2020

Projet de Recherche

RENOVRISK-CYCLONES ET CHANGEMENT CLIMATIQUE

Axe-1 OT-1 OS-01a - Action I-3 TF



Livrable 10

Rapport de synthèse pour un cas de cyclone modélisé à haute résolution sur l'île Maurice

Joris PIANEZZE, Christelle BARTHE, Soline BIELLI et
Emmanuel CORDIER - UMR 8105 LACy

Septembre 2019

Ce livrable est associé à la sous-action 2.3 intitulée :

Simulations numériques à haute-résolution

Il consiste en un rapport présentant le résultat de simulations numériques de deux cyclones ayant affecté l'île Maurice, Bejisa (2014) et Berguitta (2018), modélisés via un système couplé océan-vagues-atmosphère à haute résolution.

Les données associées sont disponibles sur un serveur de l'université de La Réunion, accessible au lien suivant:

`ftp://renovrisk-gnss@tramontane.univ-reunion.fr:21`

mdp: f1X2tA356Byb64T6

Répertoire: Model-data

Sommaire

1	Contexte	2
2	Cas d'étude	2
2.1	Cyclone tropical intense Bejisa (2013-2014)	2
2.2	Cyclone tropical intense Berguitta (2018)	3
3	Configuration numérique	4
4	Résultats	6
4.1	Trajectoire - Intensité	6
4.1.1	Bejisa	6
4.1.2	Berguitta	7
4.2	Champs de houle aux abords de l'île Maurice	8
4.2.1	Bejisa	8
4.2.2	Berguitta	9
5	Mise à disposition des données	11
6	Conclusion	12

1 Contexte

Ce rapport présente des cas de houle associés aux cyclones tropicaux Bejisa (2013-2014) et Berguitta (2018), et modélisés via un système couplé océan-vagues-atmosphère à haute résolution. On se focalise ici sur les impacts de ces cyclones sur les côtes mauriciennes. Ces simulations ont été réalisées dans le cadre de l'Action 2 - Sous-action 2.3 "Simulations numériques" du programme ReNovRisk-C3.

Après une présentation des cyclones tropicaux Bejisa et Berguitta, 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

2.1 Cyclone tropical intense Bejisa (2013-2014)

Le cyclone tropical Bejisa (2013-2014) a déjà fait l'objet d'un rapport pour l'Action 2 - Sous-action 2.3 de ReNovRisk-C3. Il a été simulé avec le système couplé océan-vagues-atmosphère développé au LACy et validé avec les observations disponibles dans la région. En particulier, la hauteur significative des vagues modélisée était en bon accord avec les bouées disponibles autour de La Réunion et les produits satellite. La description de son cycle de vie est reprise ici.

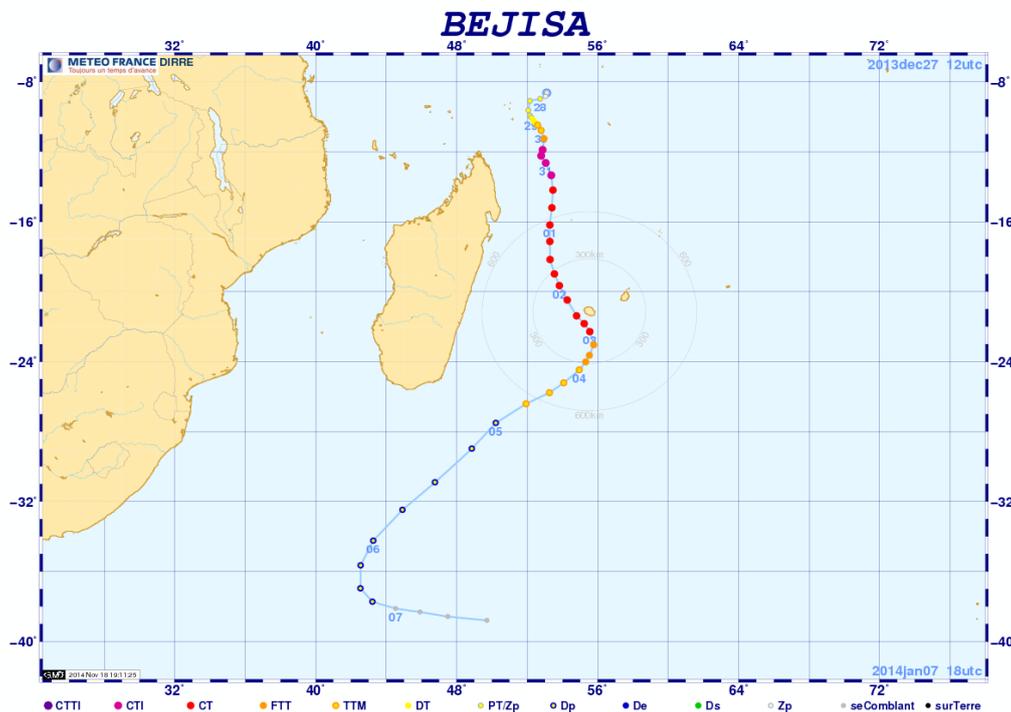


Figure 1: Trajectoire du cyclone tropical Bejisa. Chaque point correspond à la position analysée du système toutes les 6 heures. Source : Météo-France.

Bejisa a été le quatrième cyclone de la saison 2013-2014 dans le sud-ouest de l'océan Indien. Il a affecté les îles de La Réunion et de Maurice en janvier 2014 (Figure 1). Le 27 décembre

2013, une zone de basses pressions se développe au nord-est de Madagascar, au voisinage des îles Farquhar, ce qui est inhabituel comme région de cyclogenèse. La convection commence à s'organiser autour de cette zone de basses pressions. Une diminution dans le cisaillement vertical de vent et une divergence en altitude favorable permettent à ce système d'être classé comme Tempête Tropicale Modérée dans la nuit du 29 décembre. La disparition du cisaillement vertical de vent permet à la convection de s'intensifier. Le 29 décembre à 12 UTC, une phase d'intensification rapide débute et durera 24 heures. Cette phase d'intensification rapide est favorisée par la petite taille de l'œil du cyclone (diamètre de l'ordre de 10 km). Elle est caractérisée par une baisse de la pression minimale de 47 hPa en 24 h et une augmentation du vent à 10 m de $32,5 \text{ m.s}^{-1}$. Ainsi, le 30 décembre à 12 UTC, Bejisa est classé comme Cyclone Tropical Intense. Le 31 décembre, alors que le diamètre de l'œil atteint 25 km, le cisaillement vertical de vent commence à augmenter et une large bande externe s'enroule autour du cœur du système. Ce cycle de remplacement du mur de l'œil est complété durant la nuit. Le 1^{er} janvier, le cyclone est localisé à 500 km au nord-nord-ouest de La Réunion et se propage vers le sud à une vitesse de $5,5 \text{ m.s}^{-1}$. Au cours des 24 heures suivantes, Bejisa accélère sous l'influence d'une dorsale de moyenne altitude située à l'est. Alors que la dorsale s'affaiblit, la trajectoire de Bejisa s'incurve vers le sud-est. Le 2 janvier, une faiblesse persistante sur le quadrant nord-est du mur de l'œil apparaît sur les images radar. Ces mêmes images montrent une forte instabilité du mur de l'œil alors que Bejisa transite près de la côte ouest de La Réunion l'après-midi du 2 janvier. Au plus proche, le mur de l'œil de Bejisa est passé à une dizaine de kilomètres de l'île. Après son passage près de La Réunion, le mur de l'œil de Bejisa est détruit dans sa partie nord-nord-ouest en raison de forts vents de nord-ouest en altitude. A 170 km au sud de La Réunion, Bejisa est déclassé en Forte Tempête Tropicale et disparaît rapidement sous l'influence d'une cellule de hautes pressions subtropicale au sud du système.

2.2 Cyclone tropical intense Berguitta (2018)

Berguitta a atteint le stade de cyclone tropical intense, et a frôlé les côtes sud-est des îles Maurice et de La Réunion en janvier 2018. Sa trajectoire et son intensité sont visibles sur la Figure 2.

Si les premiers signes de Berguitta sont apparus dès le 9 janvier 2018, il n'a été classé comme Perturbation Tropicale que le 12 janvier 2018 alors qu'il se trouvait au nord de l'île Rodrigues. Le 13 janvier, il s'intensifie et atteint successivement les stades de Dépression Tropicale et de Tempête Tropicale Modérée alors qu'il se situe à 250 km au nord-est de Rodrigues. En raison de la présence d'une région de hautes pressions au sud-ouest des Mascareignes, Berguitta décélère et reste stationnaire au nord de Rodrigues pendant 48 heures induisant un refroidissement des eaux sous-jacentes. Cependant, des conditions favorables en altitude conduisent à l'intensification du système et à son classement comme Forte Tempête Tropicale, avec des vents dépassant 185 km.h^{-1} . Sur les 24 heures suivantes, il s'intensifie rapidement et atteint le stade de Cyclone Tropical Intense dans l'après-midi du 15 janvier 2018. Dans la soirée du 15 janvier, Berguitta entame un déplacement vers l'ouest, puis vers l'ouest-sud-ouest le 16. La petite taille du système le rend vulnérable à une augmentation du cisaillement de vent et à l'advection d'une couche d'air sec en moyenne troposphère. Sa vitesse de déplacement est trop faible pour compenser ce cisaillement de vent de nord-est : son intensité commence à décroître. Le 17 janvier il est rétrogradé successivement au stade de Cyclone Tropical puis de Forte Tempête Tropicale. Il accélère alors et se déplace vers le sud-ouest. Sa vitesse de déplacement est multipliée par 3 (de 8 à 24 km.h^{-1}) pendant la nuit. Berguitta aborde l'île Maurice comme Forte Tempête Tropicale le matin du 18, l'œil se trouvant à une dizaine de kilomètres du sud-est de Maurice.

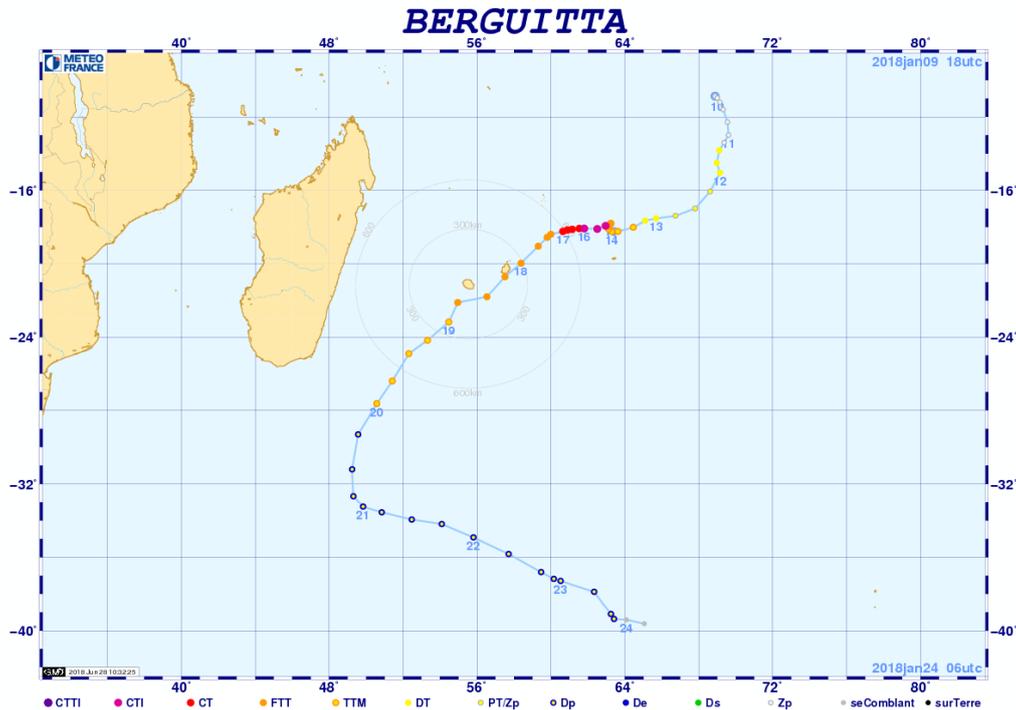


Figure 2: Trajectoire du cyclone tropical intense Berguitta. Chaque point correspond à la position analysée du système toutes les 6 heures. Source : Météo-France.

Plus tard dans la journée, Berguitta passe à 80 km de la côte sud de La Réunion. Le 19 janvier, la tempête poursuit sa trajectoire en direction du sud-ouest en s'affaiblissant peu à peu.

3 Configuration numérique

Les simulations numériques de Bejisa et Berguitta sont réalisées avec le système couplé océan-vagues-atmosphère développé au LACy. 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 son principe est rappelé sur la Figure 3. Les configurations des 3 modèles utilisés pour les simulations de Bejisa et Berguitta sont résumées ci-dessous. La simulation de Bejisa est réalisée entre le 1^{er} janvier 2014 à 00 UTC et le 2 janvier 2014 à 18 UTC. Celle de Berguitta débute le 14 janvier 2018 à 00 UTC et se poursuit jusqu'au 19 janvier 2018 à 00 UTC.

Modèle atmosphérique Meso-NH et modèle de surface SurfEx Meso-NH est le modèle atmosphérique communautaire français (<http://mesonh.aero.obs-mip.fr/>) ([Lac et al., 2018](#)). Des configurations très proches ont été mises en place pour ces deux cas d'étude. Les seules différences pour la partie atmosphère entre les simulations de Bejisa et Berguitta sont :

- Bejisa : Meso-NH est utilisé dans sa version 5-3-0 avec un pas de temps de 3 s. Le domaine couvre une région de 1200 km × 1000 km.
- Berguitta : Meso-NH est utilisé dans sa version 5-4-1 avec un pas de temps de 5 s. Le domaine couvre une région de 1600 km × 1600 km.

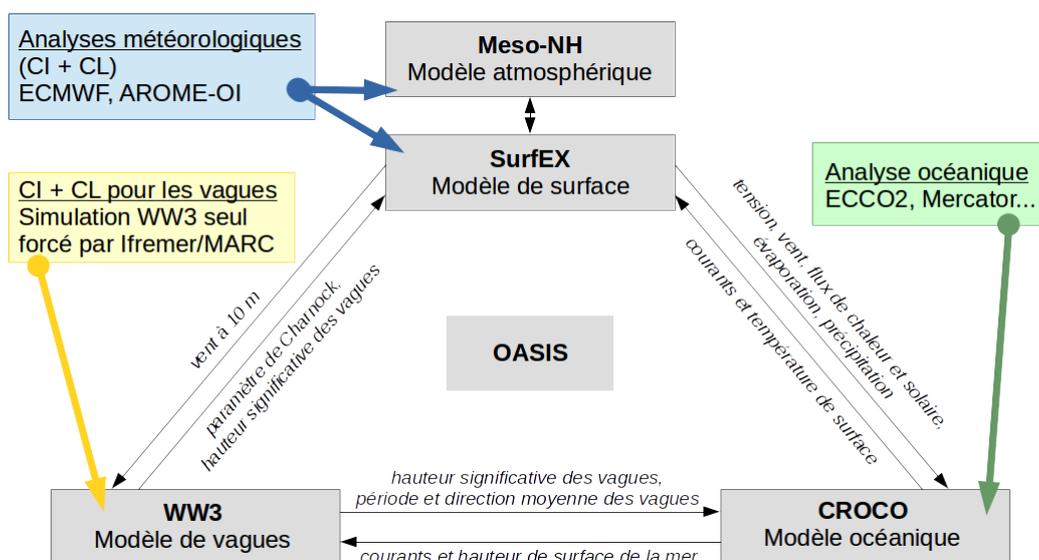


Figure 3: Schéma de principe du couplage océan-vagues-atmosphère. Les boîtes grises représentent les modèles atmosphérique, océanique, de vagues et le coupleur OASIS. Les boîtes colorées représentent les conditions initiales (CI) et aux limites (CL) pour les 3 modèles. Les échanges entre les différents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

Hormis cela, les réglages de Meso-NH, notamment en termes de paramétrisations physiques, sont les mêmes pour les deux simulations. La maille horizontale est de 2 km. La grille verticale comprend 70 niveaux verticaux avec une résolution plus importante près du sol. 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 micro-physique 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 CEPMMT¹ ([Gregory *et al.*, 2000](#)).

Les interactions surface-atmosphère sont regroupées dans la plateforme SurfEX² (<https://www.umr-cnrm.fr/surfex/>) ([Masson *et al.*, 2013](#); [Voldoire *et al.*, 2017](#)). Pour les deux cas d'étude, le modèle de surface terrestre ISBA ([Noilhan et Planton, 1989](#)) et la paramétrisation COARE ([Fairall *et al.*, 2003](#)) pour les flux à l'interface océan-atmosphère sont utilisés.

Le système Meso-NH/SurfEX est :

- initialisé le 1^{er} janvier à 00 UTC avec les analyses AROME-OI, et forcé aux limites latérales par les analyses du CEPMMT pour Bejisa ;
- initialisé et forcé aux limites latérales par les analyses du CEPMMT pour Berguitta.

¹Centre Européen pour les Prévisions Météorologiques à Moyen Terme, ou ECMWF

²Surface EXternalisée

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 :

- 697×547 points pour Bejisa ;
- 776×784 points pour Berguitta.

Pour les deux simulations, le reste des réglages est identique. La résolution horizontale est de 2 s. 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 MARC³ (<http://marc.ifremer.fr/>), une simulation de 7 jours avec le modèle de vagues seul est réalisée (du 25 décembre 2013 au 1 janvier 2014 pour Bejisa, et du 7 au 14 janvier 2018 pour Berguitta).

Modèle océanique CROCO Le modèle CROCO⁴ (<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 :

- 692×578 points pour Bejisa ;
- 774×775 points pour Berguitta.

Pour les deux simulations, la maille horizontale est de 2 km, et 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 :

- avec les réanalyses ECCO2⁵ pour Bejisa, tous les jours ;
- avec les analyses globales au 1/12 de degré fournies par Mercator Océan, tous les jours.

Pour les 2 situations, le couplage entre l'atmosphère, l'océan et les vagues se fait toutes les 600 s.

4 Résultats

4.1 Trajectoire - Intensité

4.1.1 Bejisa

La Figure 4a montre la trajectoire issue de la best-track du CMRS⁶ La Réunion et celle issue de la modélisation couplée pour Bejisa. La simulation reproduit correctement la trajectoire analysée jusqu'au 2 janvier à 00 UTC. Après cette date, le cyclone modélisé accélère en suivant une direction sud-sud-est alors que la best-track estime un déplacement plus lent vers le sud-est. En conséquence, le système simulé est localisé à environ 60-70 km au sud de la position estimée le 2 janvier entre 06 et 12 UTC. En fin de simulation, Bejisa décélère.

La pression minimale au niveau de la mer et le vent maximum soutenu à 10 mètres sont les deux marqueurs de l'intensité du cyclone. Ils sont tracés sur les Figures 4b et 4c à la fois pour

³Modélisation et Analyse pour la Recherche Côtière

⁴Coastal and Regional Ocean COmmunity model

⁵Estimating the Circulation and Climate of the Ocean: phase 2

⁶Centre Météorologique Régional Spécialisé

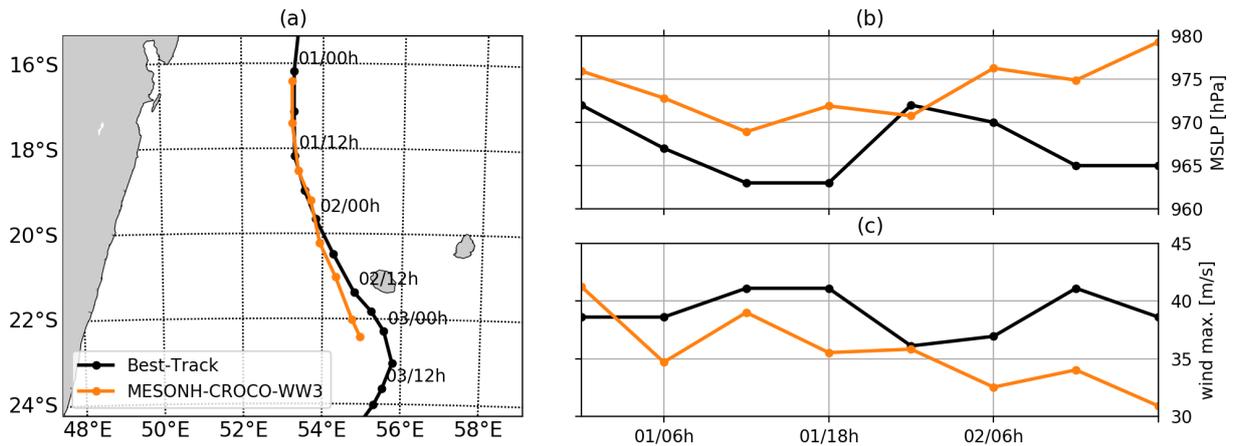


Figure 4: (a) Trajectoire de Bejisa (lignes avec des points ; les points correspondent à une donnée toutes les 6 heures). (b) Évolution du minimum de pression au niveau de la mer (MSLP, hPa). (c) Évolution du maximum de vent soutenu (m.s^{-1}). Les lignes noires et oranges correspondent respectivement aux données issues de la best-track et à la simulation couplée océan-vagues-atmosphère.

l'analyse du CMRS La Réunion (courbe noire) et pour la simulation (courbe orange). De façon générale, l'intensité du cyclone tropical simulé est plus faible que celle issue de la best-track. Au début de la simulation, le 1^{er} janvier à 00 UTC, la pression minimale au niveau de la mer dans le modèle est de 976 hPa, proche de celle de l'analyse AROME-OI (975 hPa), alors que celle de la best-track est plus faible (972 hPa). Le 1^{er} janvier, les tendances de la pression minimale et du vent maximum sont bien reproduites par le modèle. Le 2 janvier à 00 UTC, l'intensité dans la simulation commence à diverger de celle analysée. L'intensité simulée décroît de 9 hPa (6 m.s^{-1} en 18 heures, alors que l'intensité issue de la best-track augmente de 7 hPa (5 m.s^{-1}) pendant la même période.

En dépit d'une sous-estimation de l'intensité probablement associée à une sous-estimation déjà présente dans l'état initial issu de l'analyse AROME-OI, la position de Bejisa et les variations temporelles de son intensité sont relativement bien reproduites par la simulation couplée.

4.1.2 Berguitta

La Figure 5a montre la trajectoire issue de la best-track du CMRS La Réunion et celle issue de la modélisation couplée pour Berguitta. On remarque que l'analyse du CEPMMT place le vortex initial à environ 100 km à l'ouest du cyclone analysé par le CMRS La Réunion. Le système couplé reproduit bien les directions et les vitesses de déplacement de Berguitta : d'abord vers le nord, puis vers l'ouest avec une faible vitesse de déplacement, puis vers le sud-ouest en accélérant. L'erreur de position dès le début de la simulation entraîne des différences ($\sim 100 \text{ km}$) entre la trajectoire observée et celle simulée jusqu'au 17 janvier. Dès que le cyclone accélère en direction du sud-ouest et des îles de Maurice et de La Réunion, la trajectoire simulée est très proche de celle observée.

Tout comme pour Bejisa, on utilise la pression minimale au niveau de la mer et le vent maximum soutenu à 10 mètres comme marqueurs de l'intensité de Berguitta (Figure 5b,c). La simulation reproduit l'évolution temporelle de l'intensité de Berguitta qui augmente du 14 à 00

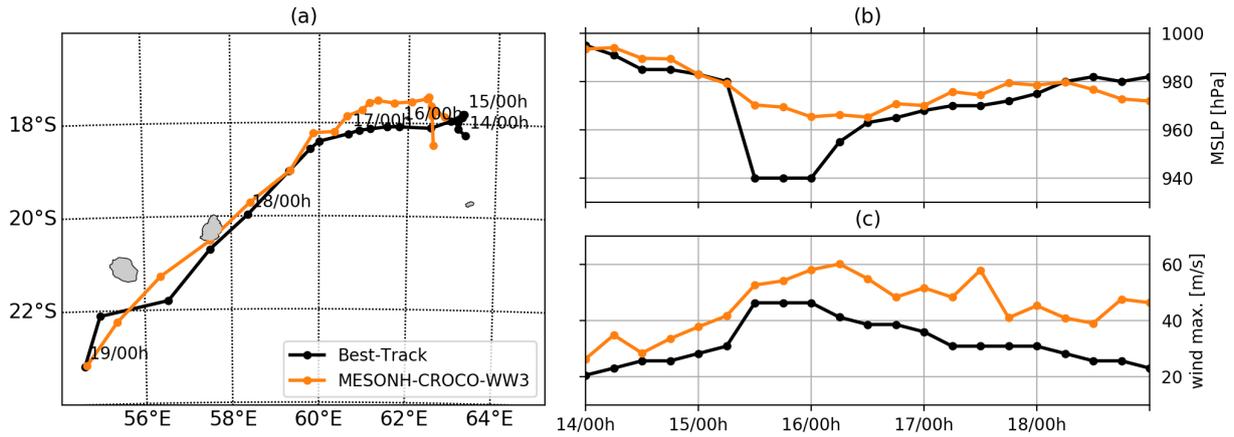


Figure 5: (a) Trajectoire de Berguitta (lignes avec des points ; les points correspondent à une donnée toutes les 6 heures). (b) Évolution du minimum de pression au niveau de la mer (MSLP, hPa). (c) Évolution du maximum de vent soutenu (m.s^{-1}). Les lignes noires et oranges correspondent respectivement aux données issues de la best-track et à la simulation couplée océan-vagues-atmosphère.

UTC au 16 à 00 UTC, passant d'une vitesse de vent à 10 m de 20 m.s^{-1} (990 hPa) à 45 m.s^{-1} (940 hPa) pour la best-track et à 60 m.s^{-1} (965 hPa) pour la simulation. On peut noter que le cyclone simulé possède des vents à 10 m supérieurs à ceux du cyclone analysé de près de 15 m.s^{-1} or le minimum de pression au niveau de la mer est supérieur dans la simulation comparé à l'analyse (d'environ 30 hPa). Si on regarde la pression, le cyclone simulé est moins intense que l'analyse et si on regarde la vitesse du vent à 10 m, on a la conclusion inverse. Un examen détaillé de la relation vent/pression à la fois dans la simulation et dans l'analyse doit être réalisé afin de mieux comprendre ces différences. Cependant, la simulation couplée océan-vagues-atmosphère reproduit correctement les variations spatiales et temporelles de l'intensité du cyclone tropical intense Berguitta.

4.2 Champs de houle aux abords de l'île Maurice

4.2.1 Bejisa

La Figure 6 montre la hauteur significative des vagues⁷ sur le domaine de simulation avant, au moment et après le passage de Bejisa à proximité de l'île Maurice tandis que la Figure 7 présente un zoom autour de l'île Maurice.

Les vagues les plus hautes sont localisées directement sous le mur de l'œil du cyclone et à l'avant. Le 1^{er} janvier à 18 UTC (Figure 6a), le principal paquet de vagues a une hauteur significative de vagues maximale qui dépasse 8 m à l'avant du système, et se déplace vers le sud. 12 heures avant que le cyclone ne touche l'île de La Réunion, des vagues avec une hauteur significative de 2-3 m touchent la côte nord de l'île Maurice (Figure 7a). Lorsque Bejisa passe au plus près de la côte ouest de l'île Maurice (Figures 6b et 7b), le maximum de hauteur significative de vagues est de l'ordre de 9 mètres sous le cyclone et entre 3 et 4 m au niveau de la côte ouest mauricienne. Alors que le système s'évacue vers le sud, la hauteur des vagues diminue.

⁷La hauteur significative des vagues ou H_s représente la moyenne du tiers supérieur des hauteurs de vagues. Elle est utilisée pour caractériser l'état de la mer.

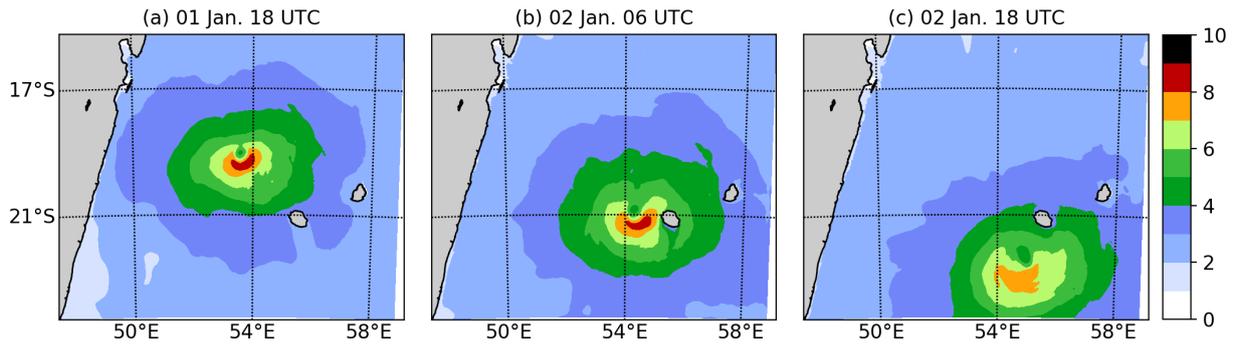


Figure 6: Hauteur significative des vagues (m) lors du passage de Bejisa au plus proche de l'île Maurice (a) le 1^{er} janvier 2014 à 18 UTC, (b) le 2 janvier 2014 à 06 UTC et (c) le 2 janvier 2014 à 18 UTC.

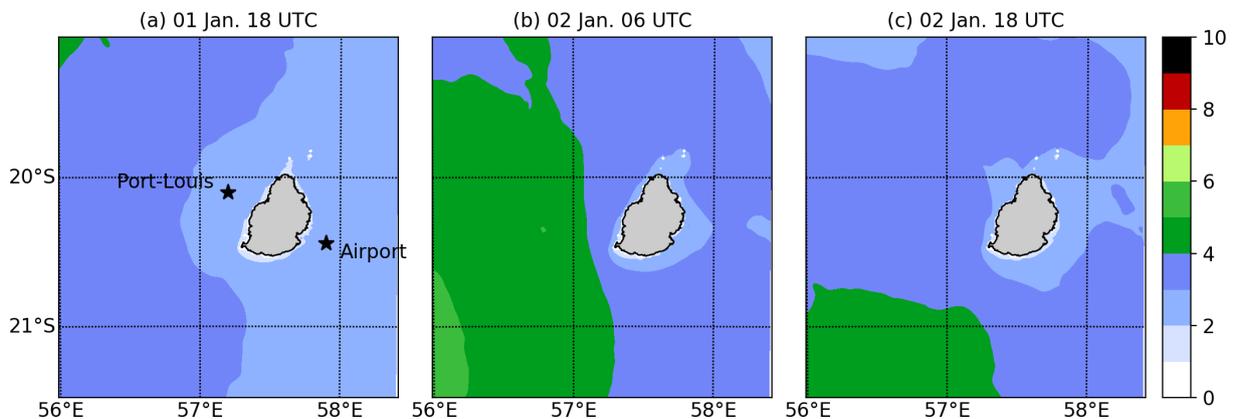


Figure 7: Hauteur significative des vagues (m) lors du passage de Bejisa au plus proche de l'île Maurice (a) le 1^{er} janvier 2014 à 18 UTC, (b) le 2 janvier 2014 à 06 UTC et (c) le 2 janvier 2014 à 18 UTC.

Cependant, étant donné que des vagues se propagent aussi vers le nord, le sud de l'île est à son tour impacté par des vagues de l'ordre de 3 m après le passage du cyclone (Figure 6c et 7c).

Pour quantifier la hauteur significative des vagues ayant impacté l'île Maurice, leur évolution temporelle est extraite en 2 points, l'un situé sur sa côte est au large de l'aéroport, et l'autre situé sur sa côte ouest au large de Port-Louis (Figures 8a,c). Ces 2 points sont visibles sur la Figure 7a. La côte ouest au large de Port-Louis est soumise à la houle venant directement de Bejisa : pendant plus d'une journée la hauteur significative des vagues simulée est supérieure à 3 m, avec un maximum à 4 m pendant plusieurs heures (de 05 UTC à 12 UTC le 2 janvier). La côte est est quand à elle protégée de la houle venant directement de Bejisa : la hauteur significative des vagues n'évolue que très peu au cours du temps et varie entre 2 et 3 m.

4.2.2 Berguitta

La Figure 9 montre la hauteur significative des vagues sur le domaine de simulation avant, au moment et après le passage de Berguitta à proximité de l'île Maurice tandis que la Figure 10 présente un zoom autour de l'île Maurice.

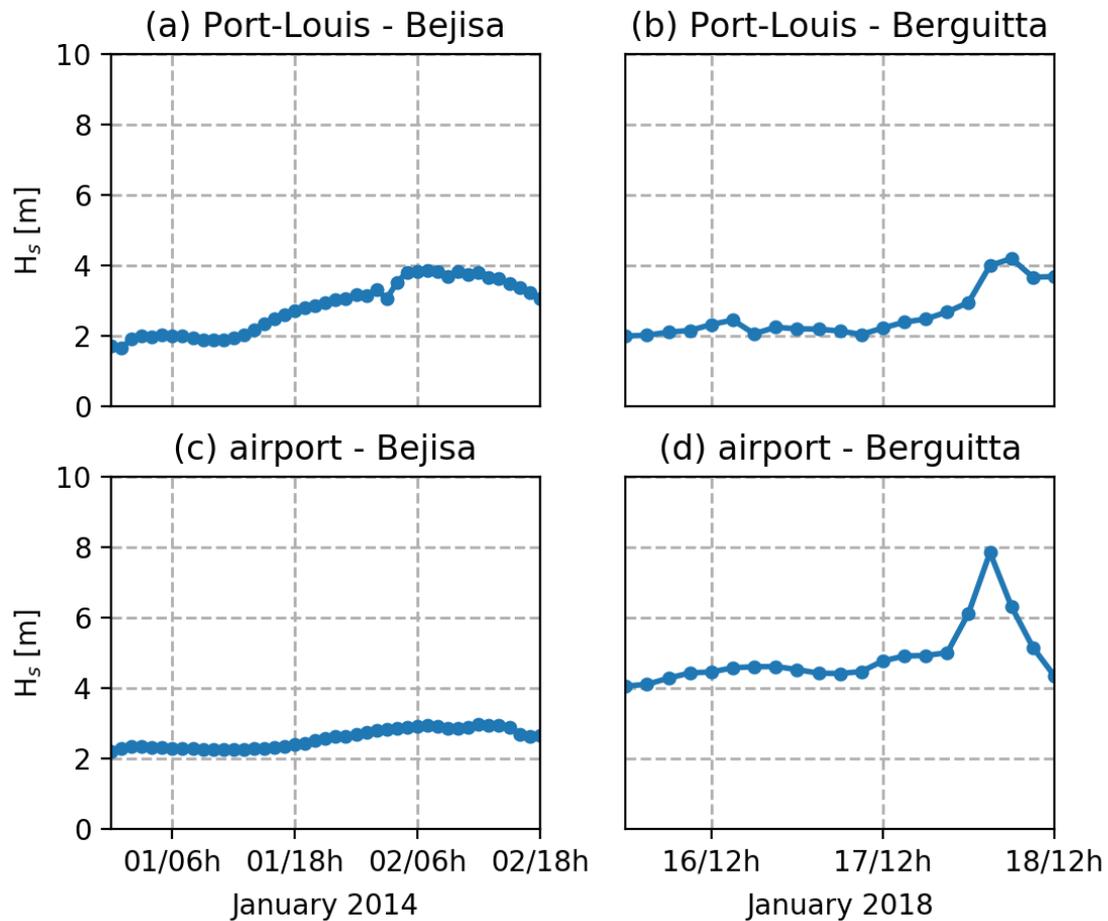


Figure 8: Évolution temporelle de la hauteur significative des vagues (m) en 2 points visibles sur la Figure 7a et situés au large de Port-Louis (figures du haut) et de l'aéroport (figure du bas) lors du passage de Bejisa (a et c) et de Berguitta (b et d).

Tout comme pour Bejisa, les vagues les plus hautes simulées pour Berguitta sont situées dans le mur de l'œil du cyclone, et à l'avant du système. Pendant son déplacement vers le sud-ouest, la structure spatiale de la hauteur significative des vagues évolue significativement. Le 17 janvier à 12 UTC, les vagues dont la hauteur significative est supérieure à 6 m sont concentrées sous le cyclone avec des maxima autour de 9 m (Figure 9a). Le 18 janvier à 03 UTC, alors que Berguitta est au plus près de l'île Maurice, le champ de vagues est plus dispersé : la région où la hauteur significative des vagues est supérieure à 6 m est plus large, et le maximum ne dépasse pas 8 m (Figures 9b et 10b). Ceci peut s'expliquer par l'atterrissage du cyclone sur l'île Maurice, qui va avoir tendance à dissiper l'énergie des vagues et donc à diminuer la hauteur significative. Lorsque Berguitta aborde les côtes réunionnaises (le 18 janvier à 12 UTC), la hauteur significative des vagues atteint 10 m à l'avant du cyclone, sous le mur de l'œil.

Contrairement au cyclone tropical Bejisa, les hauteurs significatives de vagues simulées de

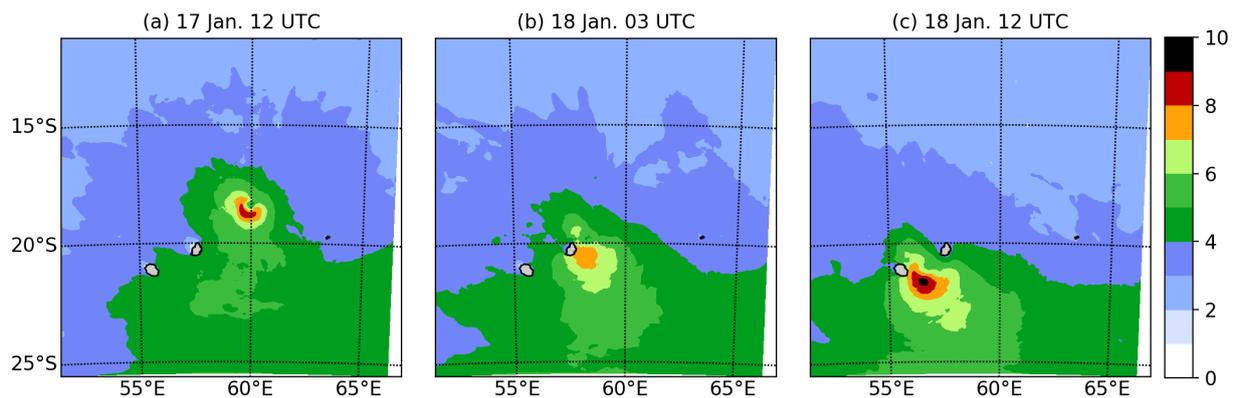


Figure 9: Hauteur significative des vagues (m) lors du passage de Berguitta au plus proche de l'île Maurice (a) le 17 janvier 2018 à 12 UTC, (b) le 18 janvier 2018 à 03 UTC et (c) le 18 janvier 2018 à 12 UTC.

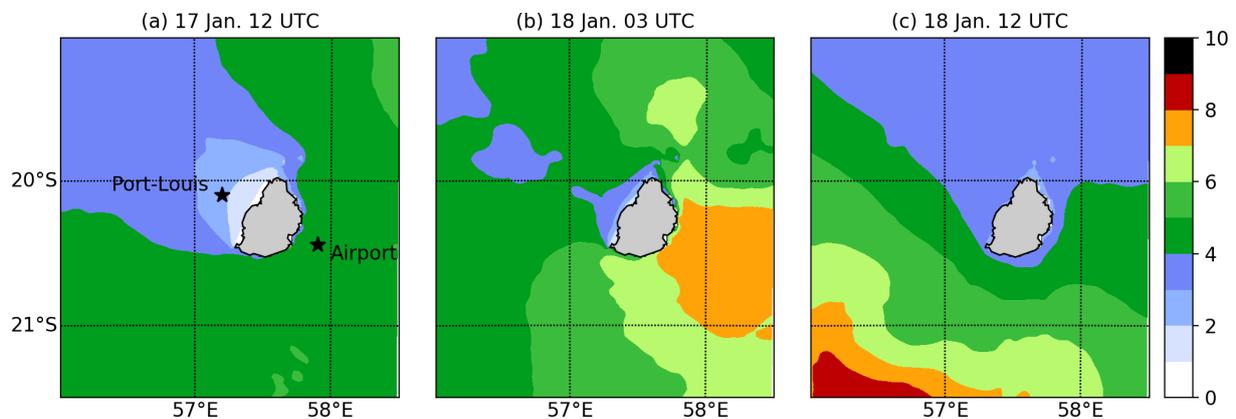


Figure 10: Hauteur significative des vagues (m) lors du passage de Berguitta au plus proche de l'île Maurice (a) le 17 janvier 2018 à 12 UTC, (b) le 18 janvier 2018 à 03 UTC et (c) le 18 janvier 2018 à 12 UTC.

Berguitta sur la côte est et ouest de l'île présentent beaucoup de différences. La côte est de l'île est directement impactée par Berguitta : les hauteurs significatives de vagues simulées atteignent 8 m le 18 janvier à 03 UTC (Figures 8d et 10b). La côte ouest est quant à elle protégée du cyclone : les hauteurs de vagues ne dépassent pas les 4 m à son maximum et sont situées autour de 2 m le reste du temps (Figures 8b et 10b). Lors de son passage au plus près de l'île Maurice, Berguitta se déplace rapidement. Ainsi, l'île subit la tempête tropicale pendant un temps relativement court : la hauteur significative des vagues est supérieure à 5 m pendant 12 h au niveau de l'aéroport.

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 des deux simulations présentées dans ce document avec une sortie toutes les heures, sur les 24 heures où l'impact sur les côtes mauriciennes est le plus important. Les champs sont à 2 km de résolution.

- pluie cumulée depuis le début de la simulation :
 - BEJISA_pcpcumul_2km_Maurice.nc
 - BERGUITTA_pcpcumul_2km_Maurice.nc
- vent à 10 m (vent zonal et vent méridien) :
 - BEJISA_v10m_2km_Maurice.nc
 - BERGUITTA_pcpcumul_2km_Maurice.nc
- hauteur significative des vagues :
 - BEJISA_houle_2km_Maurice.nc
 - BERGUITTA_pcpcumul_2km_Maurice.nc

6 Conclusion

Après avoir évalué le système couplé océan-vagues-atmosphère développé au LACy sur le cyclone tropical Bejisa (Pianezze *et al.*, 2018), ce système est utilisé ici pour modéliser la houle associée à deux cyclones tropicaux et analyser son impact sur l’île Maurice. Les deux cas d’étude choisis sont Bejisa (2014) et Berguitta (2018). Ces deux cyclones tropicaux ont impacté les Mascareignes, mais avec des trajectoires différentes (nord - sud pour Bejisa, et nord-est - sud-ouest pour Berguitta).

Dans ce rapport on présente l’impact de ces deux cyclones sur l’île Maurice. Les simulations avec le système couplé reproduisent correctement l’évolution des cyclones tropicaux analysés par le CMRS La Réunion, que ce soit leur trajectoire, ou leur intensité au travers de la pression minimale au niveau de la mer ou du vent à 10 m. En raison de leurs trajectoires différentes, ces deux cyclones ont un impact très différent sur les côtes mauriciennes.

Bejisa est passé relativement loin de l’île Maurice (~ 300 - 400 km). Cependant la hauteur significative des vagues atteint 4 m sur la côte ouest de l’île Maurice. La côte est est quant-à-elle relativement protégée, avec des vagues qui ne dépassent pas 3 m.

Quant à Berguitta, ce système, qui avait une trajectoire nord-est - sud-ouest, a frôlé la côte sud de Maurice au stade de Forte Tempête Tropicale. La côte sud-ouest a ainsi été touchée par des vagues dont la hauteur significative a atteint 8 m. La côte est a été relativement protégée, mais tout de même impactée par des vagues de 4 m se propageant depuis l’arrière de Berguitta, dans la direction du nord-est.

Remerciements

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. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* **127**(573): 869–886, doi:10.1002/qj.49712757309, URL <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/qj.49712757309>.

- Bougeault P, Lacarrère P. 1989. Parameterization of orography-induced turbulence in a mesobeta-scale model. *Monthly Weather Review* **117**(8): 1872–1890, doi:10.1175/1520-0493(1989)117<1872:POOITI>2.0.CO;2, URL [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1989\)117<1872:POOITI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1989)117<1872:POOITI>2.0.CO;2).
- Cuxart J, Bougeault P, Redelsperger JL. 2000. A turbulence scheme allowing for mesoscale and large-eddy simulations. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* **126**(562): 1–30, doi:10.1002/qj.49712656202, URL <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/qj.49712656202>.
- Fairall CW, Bradley EF, Hare JE, Grachev AA, Edson JB. 2003. Bulk Parameterization of Air–Sea Fluxes: Updates and Verification for the COARE Algorithm. *Journal of Climate* **16**(4): 571–591, doi:10.1175/1520-0442(2003)016<0571:BPOASF>2.0.CO;2, URL <http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0442%282003%29016%3C0571%3ABPOASF%3E2.0.CO%3B2>.
- Gregory D, Morcrette JJ, Jakob C, Beljaars AM, Stockdale T. 2000. Revision of convection, radiation and cloud schemes in the ECMWF model **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, Lebeau-pin 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, Essauouini K, Gibelin AL, Giordani H, Habets F, Jidane M, Kerdraon G, Kourzeneva E, Lafaysse M, Lafont S, Lebeau-pin Brossier C, Lemonsu 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, Voldoire 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, URL <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/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.

Voldoire 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/>.