



# PO FEDER 2014-2020

## Projet de Recherche : ReNovRisk-Transferts

Recherche intégrée et innovante sur les risques naturels

Aléas cycloniques sur la zone atelier « Massif du Maïdo - Littoral - Lagon »

Fiche Action 1.04 :

« Améliorer les compétences au service de l'économie de la connaissance »

N° Convention : GURDTI/20191772-001881

N° Synergie : RE0001881

Ce document résume les travaux conduits dans l'Action 1 « Aléas Atmosphériques » du programme RenovRisk-Transfert. Il décrit les livrables de l'Action 1. Ces livrables se complètent par les documents et les données listés ci-dessous et qui sont disponibles via l'archive ouverte Hal-Réunion (<https://hal.univ-reunion.fr/>) et via le portail de données Géosur de l'OSU-Réunion (<https://geosur.osureunion.fr/>).

Rapport de synthèse de l'Action 1 : livrables L1.1, L1.2, L1.3.1 et L1.3.2

Vérèmes H., Rapport de synthèse de l'Action 1 Aléas atmosphériques de ReNovRisk-TRANSFERTS. [Rapport de recherche] Université de La Réunion ; Région Réunion. 2020. [https://hal.univ-reunion.fr/hal-03013926/file/Rapport\\_ReNovRisk\\_Transferts\\_Action1\\_VERE\\_MES.pdf](https://hal.univ-reunion.fr/hal-03013926/file/Rapport_ReNovRisk_Transferts_Action1_VERE_MES.pdf)

Note technique : Application de la méthode dite « de bogus » dans le programme ReNovRisk-TRANSFERTS. Hélène Vérèmes. <https://hal.univ-reunion.fr/hal-02956116v1>

Communication internationale, livrable L1.1 :

Vérèmes, H., V. Dufлот, G. Payen, N. Marquestaut, N. Bègue, O. Bousquet, J.P.Cammas and colleagues from LACy, OSUR (UMS) and LATMOS, "Profiling of aerosols and clouds in Reunion Island (21°S,55.5°E)," 8<sup>th</sup> EarthCARE International Science Workshop, Fukuoka, Japan, November 25-27, 2019. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02945763>

Données en accès libre (open data) du programme RenovRisk Transferts à l'adresse suivante: <https://geosur.osureunion.fr/thredds/catalog/researchprogram/renovrisk/transfert/catalog.html>





## Action 1 : Aléas atmosphériques (Livrables)

### Objectifs initiaux du projet

#### Contexte

De nos jours, la résilience face aux risques cycloniques est devenue un problème majeur des sociétés et des économies insulaires tropicales. Avec le changement climatique, le risque d'avoir des cyclones plus intenses impactant les pays de la bande tropicale augmente significativement. Le programme interdisciplinaire RenovRisk (Tulet et al., 2021) a pour objectif d'étudier les cyclones tropicaux et leurs impacts sur le sud-ouest du bassin de l'Océan Indien. Le programme RenovRisk est financé par les fonds européens du FEDER et de l'INTERREG, par la Région Réunion, l'Etat, l'Université de La Réunion et le CNRS. Il se divise en 4 sous-programmes : i) RenovRisk Cyclones pour l'étude des aléas cycloniques, ii) RenovRisk Erosion pour l'étude des processus d'érosion et de transport, iii) RenovRisk Transferts pour l'étude des transferts de l'eau et des impacts de la houle à la côte, et iv) RenovRisk Impacts pour l'étude des impacts économiques. La base de données du programme est traitée dans le programme RenovRisk Transferts.

Ce rapport concerne le projet RenovRisk-TRANSFERTS qui se focalise sur les risques naturels associés aux cyclones qui atterrissent sur la micro-région ouest de l'île de La Réunion. Son objectif général est d'analyser comment s'opèrent les transferts des aléas cycloniques entre l'atmosphère, l'hydrosphère, le milieu du littoral (défini comme incluant le littoral lui-même, le trait de côte, le lagon et sa barrière récifale), et l'océan ouvert. Ce document présente un compte-rendu intermédiaire des Actions du projet.

Pour ce qui concerne le transfert de l'atmosphère vers l'hydrosphère et le littoral, les aléas atmosphériques sont les rafales du vent et les précipitations associées aux événements cycloniques. Pendant ces événements, ils dépendent de nombreux facteurs intrinsèques aux cyclones et d'autres facteurs par rapport à la zone d'atterrissage. Les vents cycloniques sont par nature les plus intenses dans les hauts de La Réunion, zone où l'on retrouve généralement aussi les précipitations cycloniques les plus intenses. Les verrous scientifiques associés à ces thématiques se situent aux interfaces des milieux naturels. Entre l'atmosphère et l'hydrosphère, le verrou est sur la qualité et la fréquence des données de précipitations qui sont livrées aux hydrologues pour initialiser et forcer les modèles de prévision de crue. Que ce soient les observations de pluviométrie pour les lames d'eau ou les prévisions de ces quantités par les modèles numériques, les difficultés se situent dans la validation de la qualité des données. Des problèmes de représentativité spatiale se posent sur les observations de pluviométrie, surtout dans le contexte topographique compliqué de La Réunion. Les schémas numériques de représentation des nuages tropicaux et des précipitations demandent à être validés par des observations spécifiques qui sortent du parc instrumental météorologique classique. Dans l'Action 1 (Aléas Atmosphériques), ces verrous sont attaqués par l'exploitation des instruments installés à l'Observatoire de Physique de



l'Atmosphère à La Réunion et à l'aide de nouvelles méthodologies de fusion de données et d'assimilation.

Par définition, le risque cyclonique est fonction des aléas atmosphériques et océaniques mais aussi de la vulnérabilité et de l'exposition sur la population, les infrastructures et l'économie. Ces facteurs sont eux mêmes dépendants de l'environnement, notamment de l'orographie et de l'usage des sols. On comprend dès lors que l'on ne peut calculer le risque seulement en étudiant les aléas atmosphériques et que cela nécessite une approche intégrée et multidisciplinaire. C'est pourquoi cette action s'est inscrite au cœur d'une forte transversalité avec les autres programmes de ReNovRisk, notamment IMPACTS et EROSION.

## Objectifs et plans de travail

Rappel synthétique des objectifs (O) et des livrables (L) du programme :

[O1.1] Exploiter l'infrastructure du Maïdo pour évaluer et contraindre les modèles numériques lors de l'atterrissage des cyclones : Améliorer les connaissances sur les processus qui définissent la nature des précipitations tels que les propriétés des aérosols, les effets orographiques et le renforcement local de la convection et des vents, lors de l'atterrissage des cyclones tropicaux sur La Réunion, via une approche observationsmodèle.

→ [L1.1] Rapport sur l'intercomparaison des profils de nuages et d'extinction des aérosols observés dans ReNovRiskTRANSFERTS avec les simulations de cyclones tropicaux

[O1.2] Fusion de données et cartographie des pluies à l'échelle du territoire : Développer une stratégie d'exploitation d'une méthode de fusion de données de lames d'eau à partir des deux radars météorologiques de La Réunion et des données pluviométriques du réseau de stations de MétéoFrance afin de pouvoir évaluer le caractère exceptionnel d'événements de fortes pluies à La Réunion grâce à une base de données homogène et à haute résolution.

→ [L1.2] Cartographie horaire et à 500 m de résolution des lames d'eau sur La Réunion

[O1.3] Cartographie objective des risques associés aux vents cycloniques : Déterminer une formulation adaptée au territoire de La Réunion des seuils de dégâts écologiques et économiques en croisant les dégâts historiques observés lors des cyclones récents ou pendant la période du programme avec des cartes de vent simulé.

→ [L1.3.1] Formulation originale de traduction des niveaux de vent en risques écologiques ou économiques pour le territoire de La Réunion





→ [L1.3.2] Cartographies des risques liés au vent. Données d'entrées pour le programme RenovRiskIMPACTS (analyse des coûts des dommages)

## Laboratoires, chercheurs et partenaires impliqués

Laboratoires	Chercheurs et personnels techniques
LACy (UR), coordinateur de l'Action 1	Hélène Vérèmes, Pierre Tulet, Christelle Barthe, Soline Bielli, Dominique Mékiès
UAR3365 OSU-R (UR)	Jean-Pierre Cammas

## Travaux effectués et résultats obtenus sur la période concernée

### Tâche 1 : Exploitation de l'infrastructure de l'Observatoire du Maïdo pour évaluer et contraindre les modèles numériques lors de l'atterrissage des cyclones sur La Réunion

[O1.1] Exploiter l'infrastructure du Maïdo pour évaluer et contraindre les modèles numériques lors de l'atterrissage des cyclones : Améliorer les connaissances sur les processus qui définissent la nature des précipitations tels que les propriétés des aérosols, les effets orographiques et le renforcement local de la convection et des vents, lors de l'atterrissage des cyclones tropicaux sur La Réunion, via une approche observationsmodèle.

→ [L1.1] Rapport sur l'intercomparaison des profils de nuages et d'extinction des aérosols observés dans ReNovRiskTRANSFERTS avec les simulations de cyclones tropicaux

L'OPAR (Observatoire de Physique de l'Atmosphère de la Réunion ; Dufлот et al., 2018) est un Site National Instrumenté du CNRS-INSU qui héberge un parc instrumental affilié à plusieurs Services Nationaux d'Observation (SNO) et à plusieurs grandes infrastructures nationales de recherche. L'OPAR est piloté scientifiquement par le LACy, en collaboration avec d'autres laboratoires métropolitains et belge, et opéré techniquement par l'Unité d'Appui et de Recherche (UAR3365) de l'Observatoire des Sciences de l'Univers de La Réunion (OSU-Réunion). L'OPAR est distribué géographiquement sur « sites distincts (Figure 1) : le campus de l'Université de la Réunion à Saint-Denis, le site Gillot de Météo-France, et à l'Observatoire du Maïdo (2160 m d'altitude ; Baray et al., 2013). L'Observatoire du Maïdo a été inauguré en septembre 2012. Une partie du parc instrumental qui était sur le campus universitaire a été déplacée à l'Observatoire du Maïdo, notamment les lidars pour améliorer leurs performances.



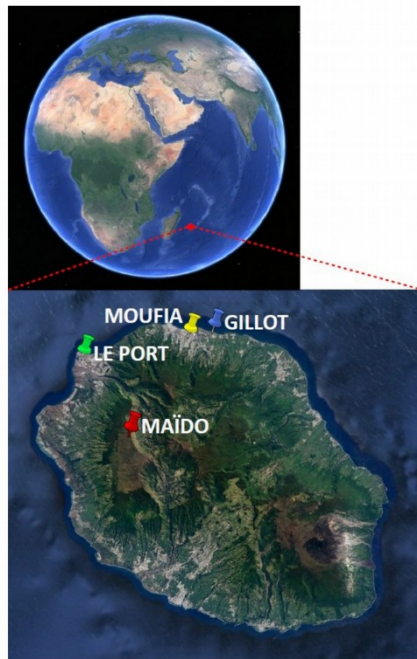


Figure 1 : Localisations de l'OPAR (Observatoire de Physique de l'Atmosphère à La Réunion).

L'OPAR dispose de moyens d'observation par télédétection des aérosols, notamment :

- un lidar aérosols multi longueurs d'onde : lidar UV, visible et infrarouge installé à l'Observatoire du Maïdo permettant la caractérisation des aérosols de 3 à 20 km d'altitude
- un lidar mobile UV permettant la caractérisation des aérosols du sol à 10 km d'altitude en divers endroits de l'île
- un photomètre solaire (et lunaire) CIMEL installé à Saint Denis permettant l'évaluation de la charge totale en aérosols et de leur distribution en taille moyenne
- un photomètre solaire portable MICROTOPS II II dispose également d'instruments consacrés à l'étude des nuages et des précipitations, tels que :
  - un radar nuage à visée verticale BASTA à Saint Denis
  - un ceilomètre avec une portée de 10 km
  - des disdromètres optiques et vidéo pour mesurer la granulométrie des pluies déployés sur le site de Saint Denis

Les moyens d'observations des aérosols et du cycle de l'eau au-dessus de La Réunion de l'OPAR sont conséquents. Des développements instrumentaux supplémentaires sont



envisagés dont notamment l'exploitation de la synergie lidar/radar pour obtenir des informations plus précises sur la distribution verticale des nuages et des aérosols.

Le parc instrumental actuel de l'OPAR inclut, en plus des instruments décrits ci-dessus, des instruments de mesure in situ et des systèmes de télédétection d'autres gaz traces qui offrent des perspectives d'investigation de nombreuses études sur les nuages, les aérosols et leur interaction.

Les nombreuses études de modélisation numérique et/ou basées sur les observations publiées dans la littérature ne permettent pas de statuer à coup sûr sur le rôle précis des aérosols dans la convection profonde : ils pourraient soit atténuer la convection (et les précipitations associées) (Rosenfeld et al., 2008) soit la renforcer (Fan et al., 2007). Leur rôle dans le développement et l'intensification des cyclones tropicaux n'est pas non plus tranché (Herbener et al., 2014; Wang et al., 2014). L'impact des aérosols sur l'intensité et les précipitations associées aux cyclones tropicaux dépend donc de différents facteurs : le type d'aérosols, ses caractéristiques radiatives et ses capacités CCN et/ou IN (noyaux glaçogènes), l'altitude et la localisation du panache d'aérosols, la localisation au sein du système de l'intrusion du panache. Ainsi, pour progresser dans la prévision de l'intensité des cyclones tropicaux, il est indispensable d'améliorer la physique des modèles en prenant en compte l'effet des aérosols sur la microphysique et la thermodynamique (Rosenfeld et al., 2012). Le couplage entre le schéma d'aérosols ORILAM et le schéma microphysique à 2 moments LIMA au sein du modèle MésoNH a été réalisé au LACy. Le couplage original entre un schéma d'aérosol et un schéma microphysique à 2 moments a été réalisé dans le modèle communautaire MésoNH afin de représenter les interactions aérosol - microphysique - dynamique dans les cyclones tropicaux. Une première évaluation de ce couplage a été réalisée sur le cyclone tropical Dumile passé à proximité de La Réunion en décembre 2012 janvier 2013 (Hoarau et al., 2018a, 2018b). Les résultats ont montré que le système couplé reproduit bien la trajectoire et l'intensité de Dumile, avec la transition d'une dépression de mousson vers un cyclone tropical. Ces travaux sont basés uniquement sur de la simulation numérique. Des données d'observation satellite (DARDAR et Meteosat 7) ont permis de valider les résultats sur cas d'étude. L'approche observations-modélisation semble nécessaire à la généralisation de ces résultats et à leur développement, notamment pour l'amélioration de la représentativité des simulations de pluies à l'échelle de La Réunion. Grâce au parc instrumental existant, les équipes du LACy vont pouvoir développer leur travaux sur l'impact des aérosols sur l'intensification des cyclones tropicaux et les précipitations associées via cette approche observations-modélisation.

Les capacités d'observation des nuages et des aérosols de l'OPAR ont été synthétisées dans une communication (poster) présentée au 8 th EarthCARE International Science Workshop à Fukuoka (Japon) en novembre 2019.





**Livrable [L1.1]** Rapport sur l'intercomparaison des profils de nuages et d'extinction des aérosols observés dans ReNovRiskTRANSFERTS avec les simulations de cyclones tropicaux

Ce livrable est constitué :

1. Du rapport de synthèse de l'Action 1 disponible sur l'archive ouverte Hal-Réunion :

Vérèmes H., Rapport de synthèse de l'Action 1 Aléas atmosphériques de ReNovRisk-TRANSFERTS. [Rapport de recherche] Université de La Réunion ; Région Réunion. 2020. [https://hal.univ-reunion.fr/hal-03013926/file/Rapport\\_ReNovRisk\\_Transferts\\_Action1\\_VERE\\_MES.pdf](https://hal.univ-reunion.fr/hal-03013926/file/Rapport_ReNovRisk_Transferts_Action1_VERE_MES.pdf)

2. Du poster disponible sur l'archive ouverte Hal-Réunion:

Vérèmes, H., V. Duflot, G. Payen, N. Marquestaut, N. Bègue, O. Bousquet, J.P. Cammas and colleagues from LACy, OSUR (UMS) and LATMOS, "Profiling of aerosols and clouds in Reunion Island (21°S, 55.5°E)," 8<sup>th</sup> EarthCARE International Science Workshop, Fukuoka, Japan, November 25-27, 2019. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02945763>

**Tâche 2 : Cartographie des pluies à 500 m de résolution horizontale à l'échelle du territoire**

[O1.2] Fusion de données et cartographie des pluies à l'échelle du territoire : Développer une stratégie d'exploitation d'une méthode de fusion de données de lames d'eau à partir des deux radars météorologiques de La Réunion et des données pluviométriques du réseau de stations de MétéoFrance afin de pouvoir évaluer le caractère exceptionnel d'événements de fortes pluies à La Réunion grâce à une base de données homogène et à haute résolution.

→ [L1.2] Cartographie horaire et à 500 m de résolution des lames d'eau sur La Réunion

Le travail et le livrable pour cette tâche sont précisément décrits dans le rapport de synthèse de l'Action 1 de RenovRisk Transfert (disponible sur la plateforme Hal suivant ce lien : [https://hal.univ-reunion.fr/hal-03013926/file/Rapport\\_ReNovRisk\\_Transferts\\_Action1\\_VERE\\_MES.pdf](https://hal.univ-reunion.fr/hal-03013926/file/Rapport_ReNovRisk_Transferts_Action1_VERE_MES.pdf)).

En résumé, le produit opérationnel ANTILOPE (ANalyse par spatIalisation hOraire des PrEcipitationS) de Météo-France a été retraité dans le cadre du projet RenovRisk TRANSFERT pour fournir une base de données pour la zone de La Réunion de décembre 2013 à décembre 2019. Les jeux de données ont été mis en accès libre dans le cadre de ReNovRisk.



Ces données se trouvent sur le Système d'Informations de l'OSU-R, GeOsur, à l'adresse suivante :

<https://geosur.osureunion.fr/thredds/catalog/researchprogram/renovrisk/transfert/catalog.html>

Un exemple des produits du livrable est donné à la Figure 2 qui compare, pour le cyclone Berguitta le 18 janvier 2018, les lames d'eau disponibles avant RenovRisk TRANSFERT (la lame d'eau PANTHERE à gauche) et pour RenovRisk TRANSFERT (la lame d'eau ANTILOPE à droite). On constate que la sous-estimation initiale des précipitations avec les données PANTHERE (estimations radar) est presque entièrement corrigée par l'algorithme ANTILOPE.

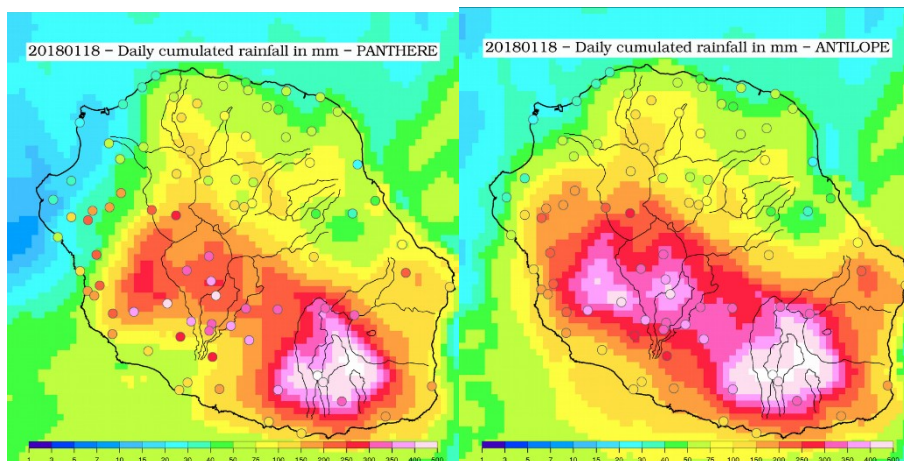


Figure 2. Précipitations cumulées journalières estimées avec les lames d'eau 15 minutes PANTHERE (à gauche) et ANTILOPE (à droite) lors de l'événement Berguitta sur La Réunion (18/01/2018) et superposées aux données des stations météorologiques du réseau de Météo-France (ronds colorés).

La base de données des lames d'eau est d'ores et déjà exploitée par les différents collaborateurs de ReNovRisk, notamment RenovRisk-IMPACTS. Ces données offrent une vue non seulement sur les pluies cycloniques mais sur l'ensemble des précipitations à La Réunion et permet ainsi d'évaluer le caractère exceptionnel des événements passés ou à venir.

### Tâche 3 : Cartographie du vent sur le sud-ouest de l'Océan Indien sur événements cycloniques

[O1.3] Cartographie objective des risques associés aux vents cycloniques : Déterminer une formulation adaptée au territoire de La Réunion des seuils de dégâts écologiques et





économiques en croisant les dégâts historiques observés lors des cyclones récents ou pendant la période du programme avec des cartes de vent simulé.

→ [L1.3.1] Formulation originale de traduction des niveaux de vent en risques écologiques ou économiques pour le territoire de La Réunion

L'idée initiale pour cette cartographie était de se baser sur la publication de Pielke and Landsea (1998) qui ont mis en place une méthode de normalisation des dégâts induits par les ouragans aux EtatsUnis. La normalisation permet d'estimer les pertes économiques directes (dommages) découlant d'un événement historique extrême s'il se produisait dans les conditions sociétales et économiques actuelles. Après des recherches bibliographiques et des enquêtes menées auprès des services publics à La Réunion, notamment auprès de la DAAF (Direction de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt), nous avons constaté que cette méthode ne pourrait être mise en place à La Réunion étant donné qu'il n'y a pas actuellement de base de données publiques et d'archivage des dommages économiques associés aux cyclones tropicaux à La Réunion.

Référence: Pielke, R. A., Jr., and Landsea, C. W. "Normalized hurricane damages in the United States: 1925–1995." *Weather Forecast.*, 133,621–631, 1998.

Après avoir dressé le bilan des données archivées connues et de la littérature spécifique à La Réunion, nous en sommes donc venus à la conclusion que nous ne disposons pas de seuils de résistance aux vents cycloniques de la végétation et des infrastructures calculés pour le territoire de La Réunion. La méthodologie initiale ne pouvait donc pas être déployée. En revanche, un certain nombre de données socioéconomiques sont disponibles pour estimer les facteurs d'exposition et de vulnérabilité à La Réunion. Il s'agit du type de démarches entreprises dans les recherches utilisant la méthode AHP (Analytical Hierarchy Process; Saaty, 2008) pour l'étude du risque cyclonique. Nous avons donc décidé d'étudier la faisabilité d'une première étude des risques reprenant le schéma méthodologique impliquant la méthode AHP. Ce travail est détaillé dans les pages 12 à 24 du rapport de synthèse de l'Action 1 de ReNovRisk Transfert (disponible sur la plateforme Hal suivant ce lien :

[https://hal.univ-reunion.fr/hal-03013926/file/Rapport\\_ReNovRisk\\_Transferts\\_Action1\\_VERE\\_MES.pdf](https://hal.univ-reunion.fr/hal-03013926/file/Rapport_ReNovRisk_Transferts_Action1_VERE_MES.pdf).

Le schéma méthodologique impliquant la méthode « Analytical Hierarchy Process » constitue le livrable [L1.3.1] à la place de la formulation originale de traduction des niveaux de vent en risques écologiques ou économiques prévue initialement.

→ [L1.3.2] Cartographies des risques liés au vent. Données d'entrées pour le programme RenovRiskIMPACTS (analyse des coûts des dommages)

Une approche dynamique dite « de bogus » utilisant le modèle communautaire de recherche pour les prévisions météorologiques Mésos-NH a été développée pour le projet RenovRisk TRANSFERTS pour fournir les cartographies du vent sur le territoire pour les événements cycloniques. Le travail et le livrable pour cette tâche sont précisément décrits dans le rapport de synthèse de l'Action 1 de RenovRisk Transfert (disponible sur la plateforme Hal suivant [ce lien : https://hal.univ-reunion.fr/hal-03013926/file/Rapport\\_ReNovRisk\\_Transferts\\_Action1\\_VERE\\_MES.pdf](https://hal.univ-reunion.fr/hal-03013926/file/Rapport_ReNovRisk_Transferts_Action1_VERE_MES.pdf)).

Un exemple de cartographie du vent est montré à la Figure 3.

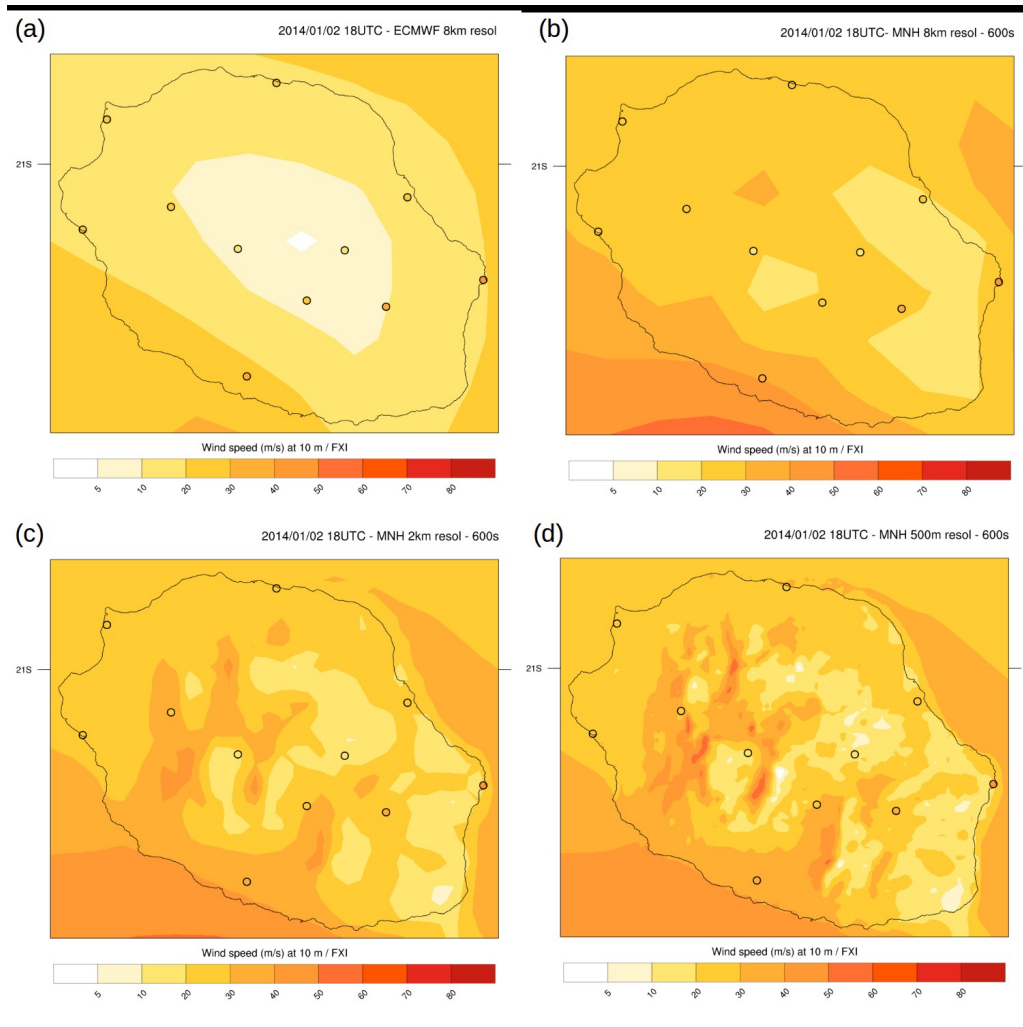


Figure 3. Cartographie des vents. Champs de vent en m/s du 2 janvier 2014 à 18:00 UTC (cyclone Bejisa) pour les données ECMWF à 8 km de résolution (a) et calculés à partir de la



méthode dite “de bogus” et le modèle MésoNH à 8 km (b), 2 km (c) et 500 m (d) de résolution horizontale superposés aux données de stations météorologiques (cercles)

Cette figure illustre l'apport de la méthode de bogus sur l'exemple du cyclone Bejisa le 2 janvier 2014 à 18:00 UTC avec le champ initial et après application de la méthode, superposé aux observations des stations météorologiques (données Météo-France). La méthode de bogus permet de produire une donnée plus proche des observations et sur l'ensemble de La Réunion (même aux endroits où il n'y a pas de station). La descente d'échelle permet d'améliorer la précision des données en accord avec la topographie.

Les champs de vent (rafales maximales et vitesse du vent à 10 m d'altitude) au passage de 5 systèmes tropicaux sur La Réunion ou sur Madagascar ont été générés avec cette méthode :

1. Cyclone Bejisa, janvier 2014, La Réunion
2. Cyclone Berguitta, janvier 2018, La Réunion
3. Cyclone Dina, janvier 2002, La Réunion
4. Cyclone Awa, janvier 2018, Madagascar
5. Cyclone Enawoo, mars 2017, Madagascar

[L1.3.2] Cartographies des risques liés au vent. Données d'entrées pour le programme ReNovRiskIMPACTS (analyse des coûts des dommages)

Ce livrable est constitué des documents et données décrits ci-dessous et qui sont disponibles via l'archive ouverte Hal-Réunion (<https://hal.univ-reunion.fr/>) et via le portail de données Géosur de l'OSU-Réunion (<https://geosur.osureunion.fr/>) .

Rapport de synthèse de l'Action 1 : livrables L1.1, L1.2, L1.3.1 et L1.3.2

Vérèmes H., Rapport de synthèse de l'Action 1 Aléas atmosphériques de ReNovRisk-TRANSFERTS. [Rapport de recherche] Université de La Réunion ; Région Réunion. 2020. [https://hal.univ-reunion.fr/hal-03013926/file/Rapport\\_ReNovRisk\\_Transferts\\_Action1\\_VERE\\_MES.pdf](https://hal.univ-reunion.fr/hal-03013926/file/Rapport_ReNovRisk_Transferts_Action1_VERE_MES.pdf)

Note technique : Application de la méthode dite « de bogus » dans le programme ReNovRisk-TRANSFERTS. Hélène Vérèmes. <https://hal.univ-reunion.fr/hal-02956116v1>

Données en accès libre (open data) du programme ReNovRisk Transferts à l'adresse suivante: <https://geosur.osureunion.fr/thredds/catalog/researchprogram/renovrisk/transfert/catalog.html>