



UNION EUROPEENNE

ANNEXE 3

COMPTE RENDU D'EXECUTION - CONTENU MINIMAL

Action	: 1.04 - Améliorer les compétences au service de l'économie de la connaissance
N° Convention	: GURDTI-20191272-0001881
N° SYNERGIE	: RE0001881
Bénéficiaire	Université de la Réunion, composante OSU-R (Observatoire des Sciences de l'Univers à La Réunion)
Opération	: RenovRisk-Transferts

1. SUIVI DES INDICATEURS

Indicateur	Type (Résultat / réalisation)	Unité de mesure	Valeur cible prévisionnelle	Valeur réalisée (à compléter par le bénéficiaire)	Indicateur de performance Oui/non	Commentaire
IC 25 - Nombre de chercheurs travaillant dans des structures de recherche améliorée	Réalisation	Chercheur	0		Oui	
Nombre de brevets	Réalisation		0		Non	

Le cas échéant, veuillez lister ci-dessous les pièces probantes permettant de vérifier les valeurs réalisées des indicateurs et les joindre à votre demande de solde :

2. COMPTE RENDU DE L'EXECUTION DU PROJET

Résumé du projet et rappel des objectifs à réaliser

L'OSU-Réunion (OSU-R¹, Observatoire des Sciences de l'Univers à La Réunion, <https://www.osureunion.fr>) est une composante (école interne) de l'Université de La Réunion (UR) qui a pour tutelles l'UR, le CNRS (Institut National des Sciences de l'Univers, INSU), Météo-France et l'IRD. L'OSU-R est l'expression d'une politique de site et de mutualisation des organismes de recherche avec l'UR. L'OSU-R couvre les thématiques de recherche des milieux naturels que sont l'atmosphère, l'hydrosphère, la lithosphère, et les écosystèmes des milieux forestiers et maritimes. Il héberge et pilote la Fédération de recherches OMNCG (Observations des Milieux Naturels et des Changements Globaux) mise en place pour fédérer les études interdisciplinaires entre les laboratoires de l'OSU-R qui sont le LACy (Laboratoire de l'Atmosphère et des Cyclone, UMR 8105, <https://lacy.univ-reunion.fr/>), les composantes réunionnaises de LGSR (UMR 7154), Espace-Dev (UMR 228), ENTROPIE (UMR 250), et PVBMT (UMR C53), et une équipe des laboratoires EnergyLab (EA 4079), LIM (EA 2525) et PIMENT (EA 4518). Environ 80 chercheurs et enseignant-chercheurs de ces unités de recherche participent aux activités de l'OSU-R. L'UR et les organismes de recherche placent les moyens (ressources humaines et finances) de l'OSU-R dans une UAR (Unité d'Appui et de Recherche, UAR3365, anciennement appelée Unité Mixte de Service). L'UAR3365 de l'OSU-R représente une vingtaine de personnels permanents UR et CNRS (ingénieurs, techniciens et administratifs), répartis dans des services communs (administratif et technique) en soutien aux laboratoires de l'OSU-R.

La première mission de l'OSU-R est de soutenir et gérer les plateformes d'observations suivantes :

- i) L'OPAR (Observatoire de Physique de l'Atmosphère à la Réunion, <https://www.osureunion.fr/les-stations-dobservation/opar/>). L'OPAR regroupe l'observatoire atmosphérique du Maïdo, le parc instrumental installé sur le campus universitaire du Moufia et la station de radiosondage de Météo-France à Gillot (Baray et al., 2013, cf Annexe 4). L'opérateur scientifique de l'OPAR est le laboratoire LACy.
- ii) La station forestière STAFOR de surveillance des écosystèmes forestiers à Saint Philippe, Mare Longue (<https://www.osureunion.fr/les-stations-dobservation/stafor/>). L'opérateur scientifique de STAFOR est le laboratoire PVBMT.
- iii) La station côtière STACOT (<https://www.osureunion.fr/les-stations-dobservation/stacot/>) pour l'étude et la surveillance du littoral, du trait de côte et du lagon d'arrière récif sur la côte Ouest (de L'Ermitage à La Saline Les Bains). Les opérateurs scientifiques de STACOT sont les laboratoires ENTROPIE et Espace-DEV.
- iv) La station hydrologique EORUN (<https://www.osureunion.fr/les-stations-dobservation/erorun/>) pour l'étude et la surveillance de l'hydrologie et de l'érosion dans la bassin versant de la Rivières des Pluies. L'opérateur scientifique de ERORUN est le laboratoire LGSR.

Le but de l'OSU-R est d'intégrer, de labelliser, ces observatoires et stations dans les infrastructures de recherches nationales et européennes.

La deuxième mission de l'OSU-R est de fédérer et de soutenir les laboratoires de recherches pour les faire mener des recherches interdisciplinaires (environnement, changement global), au sein de la Fédération de Recherche OMNCG et en répondant à d'autres appels à projets, régionaux, nationaux et internationaux.

La troisième mission de l'OSU-R est la diffusion du savoir et le soutien aux laboratoires de recherche pour la formation par la recherche.

¹ Une liste des acronymes utilisés est faite en Annexe 1.

L'objectif du projet ReNovRisk-TRANSFERTS est en rapport direct avec la deuxième mission de l'OSU-R. Cet objectif est de soutenir les travaux de recherche interdisciplinaires au sein des laboratoires de l'OSU-R. ReNovRisk-TRANSFERTS est un projet de recherche collaboratif, élaboré et conduit en partenariat avec des laboratoires de recherche fédérés à l'Observatoire des Sciences de l'Univers à La Réunion (OSU-R) et avec le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM). Ce projet s'intéresse spécifiquement à l'étude du transfert des aléas cycloniques dans les milieux naturels que sont l'atmosphère, l'hydrosphère, la zone littorale et le lagon d'arrière-récif. La zone-atelier du projet, du Massif du Maïdo jusqu'à la zone côtière entre Saint Paul et l'Ermitage, concentre des moyens d'observations de l'OSU-R et du BRGM. Ce projet est l'une des 5 composantes du programme de recherche ReNovRisk (Recherche Intégrée et Innovante sur les Risques Naturels) sur la prévention du risque cyclonique dans le bassin sud-ouest de l'océan Indien. Les autres composantes auxquelles est associé le projet ReNovRisk-TRANSFERTS sont les projets ReNovRisk-CP (Cyclones et Précipitations), -C3 (Cyclones et Changement climatique), -Erosion et -Impact.

Le projet TRANSFERTS se focalise sur les risques naturels associés aux cyclones qui atterrissent sur le territoire Réunionnais et plus spécifiquement encore sur la micro-Région Ouest en prenant comme zone-atelier de travail le massif du Maïdo, la bande littorale entre St Paul et St Leu, le lagon d'arrière-récif et l'océan ouvert selon la position sur la côte. Son objectif général est d'analyser comment s'opèrent les transferts des aléas cycloniques entre les milieux naturels que constituent 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. Le transfert des aléas s'opère dans deux directions privilégiées, d'abord de l'atmosphère vers l'hydrosphère et le littoral, ensuite de l'océan ouvert vers le littoral. Pour ce qui concerne la première direction de transferts, les aléas atmosphériques sont les rafales du vent et les précipitations associés aux événements cycloniques. Pendant ces événements ils dépendent de nombreux facteurs intrinsèques au cyclone (sa trajectoire, son régime et son intensité) et d'autres facteurs par rapport à la zone d'atterrissage (position du cyclone par rapport à l'île et hauteurs des reliefs impactés). Les vents cycloniques sont par nature les plus intenses dans la bande d'altitude des hauts de La Réunion et ces zones vont particulièrement être impactées par les rafales du vent. Les précipitations cycloniques sont généralement les plus intenses sur les hauts de l'île. Elles alimentent les ravines temporaires sur le massif du Maïdo dont on ne connaît encore que trop peu le comportement hydrologique qui peut conduire à des risques extrêmes telles que les crues éclair et les inondations sur la bande côtière. Dans la deuxième direction, le projet s'intéresse aux transferts des forçages de l'océan ouvert (houle et surcote cyclonique) vers le littoral. Les risques associés sont la détérioration de la barrière récifale et du trait de côte, la submersion sur le littoral, la rupture des équilibres entre barrière récifale, lagon et trait de côte, et des équilibres entre eaux salées et eaux douces dans les aquifères côtiers.

Les secteurs impactés par les risques cycloniques sont spécifiques à cette micro-région de La Réunion qui est caractérisée par i) une forte dynamique en terme d'occupation des sols, d'aménagement, et d'urbanisme, ii) une forte anthropisation du littoral avec de forts enjeux économiques (dont le tourisme, et l'hôtellerie, ...), iii) de forts enjeux économiques et culturels liés à la conservation du littoral et à la préservation de la biodiversité.

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 des données de précipitations qui sont livrées aux hydrologues pour initialiser 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 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 des Aléas Atmosphériques, ces verrous seront attaqués par la mise en place et l'opération de nouveaux instruments installés à l'OPAR (Observatoire de Physique de l'Atmosphère à La Réunion) et à l'aide de nouvelles méthodologies de fusion de données. Entre l'hydrosphère et le littoral, le verrou scientifique se situe sur les méconnaissances du comportement des ravines temporaires du massif du Maïdo, en particulier leurs déconnexions par rapport aux réservoirs souterrains et leurs très importantes capacités d'infiltration en début de saison des pluies. Les séries

historiques de mesure de débit sur ces ravines sont très peu nombreuses et le plus souvent décorrélées de la disponibilité simultanée de bonnes séries pluviométriques.

Dans l'Action 2 des Aléas Hydrologiques, ces verrous seront attaqués par la mise en place d'une instrumentation hydrologique sur une des ravines et par l'utilisation de modèles hydrologiques à pas de temps horaires plus adaptés au comportement non-linéaire de ce type de ravines.

De l'océan ouvert vers le littoral les verrous scientifiques pour caractériser la fonction de protection de la barrière récifale face aux forçages cycloniques sont dans la quantification des apports énergétiques et solides et dans la capacité de résilience du milieu naturel. Il s'agira donc dans l'Action 3 Aléas Littoraux de renforcer le réseau d'observations pour caractériser la transmission de la houle, les apports sédimentaires par submersion ou inondations, la bathymétrie à échelle fine du lagon d'arrière récif et le bilan des carbonates par les récifs coralliens.

La capitalisation des résultats produits dans le programme RenovRisk-TRANSFERTS et leur diffusion vers les acteurs de la société civile, économique et industrielle se fera dans l'Action 4 Capitalisation & Communication. Un des objectifs de cette action sera de bancariser les données produites par le projet, et de donner les outils pour les moissonner en respectant les standards d'interopérabilité (OPEN DATA). Plusieurs mesures de communication et de vulgarisation des résultats obtenus seront prises dans cette action pour donner un maximum de rayonnement au projet.

Rappel du type de contrat(s) passé(s)

Rappel chronologique des procédures de marchés publics (appels d'offres, analyse, notification, avenants, etc...)

Action	Consultation	Date du RAO	Nom du lauréat	Montant du marché	Date de notification du marché
Prestation externe de service					
Action 1 Agrégation de données météorologiques & transfert de connaissances Lames d'eau du produit ANTILOPE	JIR : jj/mm/aaaa Avis Rec. BOAMP : Avis Rec.	jj/mm/aaaa	Météo-France, Direction Inter-régionale Océan Indien	10000€	jj/mm/aaaa
Action 2 Modélisation hydrologique	JIR : jj/mm/aaaa Avis Rec. BOAMP : Avis Rec.	jj/mm/aaaa	IRSTAE, devenu INRAE	60000€	jj/mm/aaaa

Action 4 Capitalisation & Communication	JIR : jj/mm/aaaa Avis Rec. BOAMP : Avis Rec.	jj/mm/aaaa	AGORAH	20000	jj/mm/aaaa

Chaque prestation faisant l'objet d'un marché a été soumis à la procédure du marché : consultation (date de publication de l'AAPC, (JIR, QUOTIDIEN, BOAMP, ou JOUE), au RAO (rapport d'Analyse des Offres) ou Commission des marchés, publication du nom du lauréat, avec le montant, la date de notification du marché ainsi que les avenants ou les actes de sous traitance éventuels.

Résumé du déroulement des études / travaux (avec dates clés de réalisation) et des éventuels problèmes rencontrés.

Action 1 : Aléas atmosphériques

Malgré la perturbation de fonctionnement due à la crise sanitaire COVID19, l'Action 1 s'est déroulée de bonne manière. Tous les livrables de l'Action 1 ont été rendus.

On peut noter d'excellents résultats par rapport au Livrable L1.2 (Cartographie horaire et à 500m de résolution des lames d'eau sur La Réunion) et le travail avec le prestataire qui a été choisi (Direction Inter-Régionale de Météo-France à La Réunion). D'abord, la démonstration a été faite que le produit de lame d'eau « Antilope » de Météo-France est de qualité supérieure à l'ancien produit appelé « Panthère ». La méthode de krigeage des données de radars et de pluviomètres fait que la lame d'eau « Antilope » est une analyse optimisée des précipitations combinant les données radar et les données pluviométriques au sol. Cette analyse est réalisée en temps réel et en temps différé pour bénéficier de plus de données pluviométriques et expertisées. Le produit est très adapté pour La Réunion compte-tenu des reliefs escarpés et des phénomènes d'atténuation des observations radar. Ensuite, le produit « Antilope » a particulièrement été utile puisqu'il a aussi été utilisé dans l'Action 2 « Aléas Hydrologiques » pour initialiser ou valider les prévisions de modèles hydrologiques, et dans le programme RenovRisk Impacts pour l'évaluation économique des dégâts causés par les cyclones Berguitta et Bejsa sur La Réunion.

Par rapport au livrable L1.3.1 (Formulation originale de traduction des niveaux de vent en risques écologiques ou économiques pour le territoire de La Réunion), un changement de méthode a dû être adopté car la méthode initialement choisie au moment de la rédaction du projet en 2015-2016 ne convenait finalement pas. En effet, la méthode de normalisation des dégâts induits par les ouragans aux Etats-Unis (Pielke et al., 1998) ne convenait pas à La Réunion car nous avons constaté 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. Nous avons donc décidé d'étudier la faisabilité d'une première étude des risques reprenant un schéma méthodologique impliquant une méthode AHP (Analytical Hierarchy Process; Saaty, 2008) pour laquelle un minimum de données socioéconomiques sont disponibles pour estimer les facteurs d'exposition et de vulnérabilité à La Réunion. Ce travail est reporté dans le rapport du livrable L1.3.1 et il est aussi 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_VEREMES.pdf).

Action 2 : Aléas hydrologiques

La perturbation de fonctionnement due à la crise sanitaire COVID19 a été plus dure pour la phase expérimentale de l'Action 2, à savoir pour l'implémentation des sondes hydrologiques dans les ravines de l'ouest de la Réunion, correspondant au livrable L2.1 (Rapport synthétique présentant l'implantation des stations, le bilan des mesures effectuées et l'analyse des résultats). Cette implémentation a néanmoins pu être faite à temps avec la prolongation du projet et des données d'événements pluvieux ont pu être enregistrées et transmises au prestataire (IRSTEA, devenu INRAE) pour les objectifs de modélisation hydrologique. A part cette difficulté, les travaux se sont déroulés de bonne manière et les livrables ont tous été rendus.

Action 3 : Aléas littoraux

Là aussi, la crise sanitaire COVID19 a fortement perturbé le fonctionnement de cette Action qui comportait plusieurs phases expérimentales sur le terrain et qui étaient complètement dépendante de la saison. Malgré tout, et grâce à l'adaptabilité des équipes de travail et à leur expérience sur le terrain, l'ensemble des campagnes expérimentales a pu être réalisé et les données ont été acquises. La prolongation du contrat a permis ensuite d'avoir le temps suffisant pour l'analyse des données. Tous les livrables ont été rendus.

Action 4 : Capitalisation et bancarisation

Le travail avec le prestataire choisi (AGORAH, Agence pour l'observation de la Réunion, l'Aménagement et l'Habitat.) s'est adapté dans le temps et suivant les montées en compétences sur la durée du projet du prestataire et du service informatique de l'OSU-Réunion. En développant son système d'information l'OSU-R a développé les compétences pour mettre en place un portail de données appelé Geosur qui respecte les principes FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable) qui décrivent comment les données doivent être organisées pour être plus facilement accessibles, comprises, échangeables et réutilisables. L'agence Agorah développe un portail régional de la connaissance du territoire avec un visualiseur (cartes), un catalogue de données régionales, et des tableaux de bord (urbanisme, habitat, environnement, ...). Agorah développe aussi le site web Risquesnaturels.re (<http://www.risquesnaturels.re/>) qui est un support de la diffusion de la culture scientifique associée aux risques naturels en général, et un support de la culture scientifique associée au projet RenovRisk en particulier (<http://www.risquesnaturels.re/renovrisk/>). Ces compétences croisées ont permis de mettre en place une politique de la donnée ouverte (OPEN DATA), de même qu'une politique du libre accès aux rapports et publications scientifiques (OPEN ACCESS) produits par le projet RenovRisk TRANSFERTS. Tous les livrables ont été rendus.

Coût des travaux et explication des écarts éventuels avec le coût prévisionnel

Les coûts des prestations externes ont été respectés et ont permis de rendre les livrables. Il y a des écarts avec le coût prévisionnel du projet, qui vont dans le sens d'une moindre dépense totale prévue. Les raisons sont principalement l'inadéquation qui s'est construite dans le temps (crise sanitaire COVID19, prolongation du projet) entre les objectifs et le phasage prévu pour les travaux et la réalité de l'état d'avancement des travaux. Ainsi, des dépenses initialement prévues pour des missions ou des encadrements de stagiaires n'ont pas pu se faire parce que l'objectif des missions et les stages étaient devenus caduques ou inadaptés et ne correspondaient plus à la description faite dans le

programme du projet. Les aller-retours entre nos services et le service instructeur de La Région pour justifier le changement d'objectif d'une mission ou d'un stage prévu il y a plusieurs années sont chronophages et perdants pour chaque partie, faisant ainsi qu'il est préférable de renoncer à la dépense sur le projet et de financer sur d'autres ressources propres disponibles.

Conclusion

Le projet RenovRisk TRANSFERTS a permis à la communauté de recherche de l'Université à l'OSU-Réunion de progresser dans son effort de long terme de faire de la recherche interdisciplinaire sur les écosystèmes insulaires tropicaux face aux risques naturels cycloniques et plus généralement aux changements globaux. Quatre des laboratoires de l'OSU-R (LACy, LGSR, ESPACE-DEV et ENTROPIE) et l'UAR de l'OSU-R se sont attelés à ce programme de travail qui s'intéresse spécifiquement à l'étude du transfert des aléas cycloniques dans les milieux naturels que sont l'atmosphère, l'hydrosphère, la zone littorale et le lagon d'arrière-récif. Le premier résultat atteint est de construire et de consolider une communauté de chercheurs, d'ingénieurs et de techniciens, de gestionnaires et d'administratifs au service d'un même projet. C'est un résultat particulièrement important quand on voit aujourd'hui l'importance de financer une science qui soit complètement interdisciplinaire et qui doit répondre à des objectifs de développement durable. Les résultats propres à l'Action 1 sont d'avoir affiné les méthodes pour produire des champs de cumul de pluie (lames d'eau) et d'exposition au vent mieux capables de caractériser l'aléa cyclonique. L'utilisation de ces produits par les Actions 2 et 3 de RenovRisk TRANSFERTS et par le projet RenovRisk Impact ont permis d'aller plus loin dans la caractérisation du risque hydrologique et de l'estimation des impacts économiques des cyclones. L'Action 2 a permis d'acquérir des données inédites pour caractériser le fonctionnement des ravines sèches de l'ouest réunionnais. Il a été constaté que leur utilisation au service de la modélisation hydrologique est néanmoins pas si directe que cela même si les progrès technologiques des modèles hydrologiques semi-distribués mis en œuvre pour le projet sont présents. Le comportement non linéaire de ces ravines avec une forte capacité d'infiltration qui se seuille très abruptement est des plus difficiles à modéliser. L'Action 3 a développé une synergie forte entre les compétences sur la morphodynamique des plages sableuses, la biogéochimie de la dépression d'arrière récif et la caractérisation des habitats par des technologies hyperspectrales pour approfondir la caractérisation de la fonction de protection de la barrière récifale face aux forçages cycloniques. Les moyens de la capitalisation des résultats produits dans le programme RenovRisk-TRANSFERTS et leur diffusion (OPEN DATA, OPEN ACCESS) vers les acteurs de la société civile, économique et industrielle ont été mis en place (Action 4) et ils seront opérants sur le long terme pour optimiser les retombées du programme RenovRisk TRANSFERTS.

Visa du bénéficiaire :

Septembre 2023



Jean-Pierre Cammas, Directeur de l'OSU-Réunion

ANNEXE 1:

LISTE DES ACRONYMES

ACTRIS : Aerosols, Clouds and Trace gases Research InfraStructure (H2020)

DYNALIT : Dynamique du Littoral et du Trait de Côte,

EnergyLab : Laboratoire d'Énergétique, d'Électronique et Procédés

ENTROPIE : Écologie marine tropicale des océans Pacifique et Indien,

Espace-Dev : Espace pour le Développement,

GAW : Global Atmospheric Watching (WMO),

INSU : Institut National des Sciences de l'Univers,

ILICO : Infrastructure de recherche Littorale et Côtière,

LACy : Laboratoire de l'Atmosphère et des Cyclones,

LGSR : Laboratoire Géosciences Réunion,

LIM : Laboratoire Informatique et Mathématiques,

NDACC : Network for Detection of Atmospheric Composition Changes,

NOAA : National Oceanographic and Atmospheric Administration,

OMNCG : Observations des Milieux Naturels et des Changements Globaux,

OPAR : Observatoire de Physique de l'Atmosphère à La Réunion,

OSU-R : Observatoire des Sciences de l'Univers de La Réunion,

OVPF/IPGP : Observatoire Volcanologique du Piton de la Fournaise / IPGP,

OZCAR : Observatoire de la Zone Critique et Applications de Recherche,

PIMENT : Physique et Ingénierie Mathématique pour l'Énergie, l'environnement et le bâtiment,

PVBMT : Peuplements Végétaux et Bio-agresseurs en Milieux Tropicaux,

SEAS-OI : Surveillance de l'Environnement Assistée par Satellite pour l'Océan Indien,

SNO : Service National d'Observations,

WMO : World Meteorological Organization,