



Programme de recherche hors DR :
versions finales des fiches 2019

DR/DAS/SAS, juillet 2019

SOMMAIRE

DCSC	4
Évolutions et applications de la chaîne de modélisation hydro-météorologique SIM2.....	5
DIROP/COMPAS	11
PASTAGA Post-traitements, Adaptations Statistiques, Agrégation, Analyses.....	12
Mise au point et étude de nouveaux scores incluant des voisinages.....	17
DIROP/PI	19
Développement et production des produits convection du SAF Prévision Immédiate.....	20
Amélioration AROME-PI et post-traitements.....	23
Approche hybride extrapolation-prévision numérique (en Prévision immédiate).....	25
DIROP/MAR	27
Modélisation des dérivés.....	28
Modélisation des surcotes.....	33
Modélisation des vagues.....	37
DSM	44
Simulations ARPEGE climat constant pour l'étude des cyclones.....	45
Surfex patché pour la définition de scènes infrarouges.....	48
Campagne expérimentale : Météo sensibilité des réseaux électriques et ferroviaires.....	50
Dispersion atmosphérique.....	55
DIRAG	59
Régionalisation du changement climatique aux Antilles Guyane (AG2C).....	60
Etude de l'état de mer aux Antilles Guyane (SEAAG).....	65
DIROI	70
Régionalisation du changement climatique sur le Sud-Ouest de l'Océan Indien.....	71
DSO/CMR	74
Exploitation de la polarimétrie radar en bande S, C et X.....	75
Traitement des données I & Q.....	79
DSO/DOA	81
Mesure embarquée de la concentration en aérosols volcaniques.....	82
Mise au point de la méthode de collecte et de correction de données avions MODE-S EHS et ADS-B pour produire des données de vent et de température.....	86
Exploitation des mesures lidars aérosols.....	89
ANNEXES	99

DCSC

Évolutions et applications de la chaîne de modélisation hydro-météorologique SIM2

Nom de l'équipe : DCSC/AVH

Responsables de la fiche : Fabienne Rousset-Regimbeau, Pierre Etchevers

Missions de l'équipe :

L'équipe AVH est en charge de

- la mise en œuvre opérationnelle, la supervision et la consolidation des différents modèles hydrométéorologiques ou de surface ; - la définition, la conception et la mise en œuvre des développements en matière de modèles hydroclimatologiques en liaison avec les équipes du CNRM ;
- la réalisation de productions basées sur la modélisation et leur valorisation dans le cadre des travaux du département, de projets ou de programmes interdisciplinaires en liaison avec nos partenaires institutionnels, en cohérence avec les développements en matière de prévision saisonnière ;
- la conduite d'études hydroclimatologiques et de projets R&D ;
- la contribution aux actions de communication ;
- la contribution à la veille technologique en modélisation du climat et des états de surface et en couplage hydrologique, en liaison avec les différentes équipes du CNRM et à son animation.

Thème(s) concerné(s) : 7- Hydrométéorologie et Agrométéorologie

Description générale de l'activité de recherche

a) Bilan année passée

Prévision saisonnière hydrologique :

Suite au projet EUPORIAS, DCSC/AVH a mis en place une chaîne temps réel de prévision saisonnière des débits, à 6 mois d'échéance, basée sur le prototype développé dans le cadre du projet.

Les prévisions sont visualisables sur le serveur de prévisions saisonnières : <http://seasonal.meteo.fr/fr/content/Hydro-previ> ,

Deux types de prévisions sont consultables sur le site :

- les prévisions « climatologiques » appelées PCLIM, c'est-à-dire des prévisions partant de l'état initial courant, et où le forçage météorologique à 6 mois d'échéance est constitué d'un ensemble de 24 années passées issues de la climatologie SAFRAN. Ce type de prévision permet de quantifier l'impact de l'état initial hydrologique sur l'évolution de la situation hydrologique, en effet le stock nival ainsi que le niveau des nappes aquifères peut avoir (selon les saisons et les bassins) un impact considérable et long terme (3-4 mois) sur l'évolution des variables hydrologiques.
- les prévisions saisonnières appelées PS : ces prévisions sont basées sur les prévisions saisonnières atmosphériques de Météo-France système 6. Pour cette chaîne, une méthode de descente d'échelle des

paramètres atmosphériques a été mise en place, elle consiste en une adaptation quantile-quantile de la température et des précipitations, et l'utilisation de climatologies pour les autres paramètres

Deux paramètres prévus sont affichés sur le site : les débits mensuels pour la PS et la PCLIM, ainsi que l'indice d'humidité du sol quotidien SWI pour la PCLIM.

Ces prévisions sont disponibles pour une sélection de stations, précédemment utilisées dans le cadre du projet EUPORIAS. La fourniture des prévisions en temps réel au partenaire du projet EUPORIAS, l'EPTB Seine Grands Lacs, est en cours depuis mai 2018.

De plus, la quantification des performances des deux types de prévision est en cours, avec le rejeu d'hindcasts sur la période 1993-2016 et le calcul de scores. Les scores calculés pour la chaîne de prévision saisonnière PS sont disponibles sur le serveur pour plusieurs mois d'initialisation (mai, juin, septembre, octobre, novembre). Les scores de la chaîne PCLIM sont en cours de calcul.

Dans le cadre de la convention Services Climatiques, une étude sur la prévision saisonnière hydrogéologique avec la plateforme AQUI-FR (point suivant) a débuté en janvier 2018, supervisée par CNRM/GMME et l'UMR Metis (en partenariat avec l'ensemble des membres du projet AQUI-FR). Cette étude vise à mettre en place et évaluer un prototype de prévision saisonnière hydrogéologique, sur des années passées, afin de mesurer les performances de ces prévisions dans le domaine de l'hydrogéologie (niveaux de nappes notamment), et de développer des produits et visualisations adaptés à ce domaine.

Projet AQUI-FR (hors prévisions saisonnières) :

En 2018, l'équipe AVH a continué son implication dans le projet AQUI-FR. Ce projet, mené par l'UMR Metis en partenariat avec notamment le BRGM, Mines Paris-Tech, l'AFB, et CNRM/GMME, a pour but le développement d'une plateforme de modélisation hydrogéologique complexe avec l'intégration de nombreuses applications jusque-là isolées pour modéliser un grand nombre de nappes aquifères en France.

Après la mise en place de cette plateforme achevée fin 2016, la suite du travail a consisté à la préparation du rejeu de la climatologie depuis 1958, et à la préparation d'une application temps réel. Ce travail a été mené au CNRM par Nicolas Roux (CDD, contrat terminé) avec l'appui de DCSC/AVH pour les aspects temps réel.

Impact du changement climatique en hydrologie :

En 2017-2018, DCSC/AVH a pris part au projet CHIMERE21. Ce projet, dirigé par IRSTEA Antony, en partenariat avec IRSTEA Lyon, EDF, l'université de Lorraine et la DREAL GrandEst, est financé par l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse.

Le projet CHIMERE21 (CHiers – Meuse : Evolution du RégimE hydrologique au 21e siècle) a pour objet l'évaluation des impacts futurs des changements climatiques sur les débits de la partie française de la Meuse, en utilisant les dernières simulations climatiques produites dans le cadre du 5e rapport du GIEC. Basée sur une naturalisation des débits observés et sur un travail poussé de descente d'échelle des projections climatiques, une approche multi-modèles et multi-paramètres est mise en place.

En 2017, Raphaëlle Samacoïts a travaillé sur un CDD financé par le projet, qui a permis en collaboration avec l'équipe DCSC/DEC de mettre en œuvre sur la France la méthode ADAMONT du CNRM,

méthode de descente d'échelle se basant sur une adaptation quantile quantile complétée par une recherche d'analogues. Cette méthode a été utilisée pour descendre d'échelle 5 jeux de données issus de couples GCM/RCM différents. De nombreuses validations des étapes de la descente d'échelle ont été réalisées, avec comme vérification finale une simulation hydrologique permettant de s'assurer de la cohérence d'ensemble des paramètres météorologiques pour une utilisation par un modèle d'impact.

Ces données sont en cours de transfert aux partenaires du projet. Fin 2018 seront réalisées les simulations correspondantes avec le modèle SIM2, dont les résultats seront fournis à Irstea pour une analyse comparative globale.

Projet PREMHYCE :

Le projet PREMHYCE a redémarré en 2017 et s'est poursuivi en 2018. La DCSC a fourni les analyses de SIM2 pour la mise à disposition des usagers au premier rang desquels les DREAL. Ces résultats sont désormais corrigés par une méthode quantile-quantile à partir des observations de débits aux stations. Grâce aux avancées réalisées en prévision saisonnière (voir ci-dessus), les résultats de la PCLIM sont aussi fournies à une échéance de 90 jours. Un groupe d'utilisateurs est en cours de constitution et sera consulté au mois de décembre afin d'améliorer le service rendu.

Personne(s) impliquée(s) :

Personnel permanent Météo-France :

François Besson, Michèle Blanchard, Pierre Etchevers, Viviane Gouget, Fabienne Rousset-Regimbeau, Christian Viel, Béatrice Vincendon, Sébastien Bernus (DCSC/DEC), Pierre Lassègue (DCSC/DEC)

Personnel non permanent :

Raphaëlle Samacoïts

Le chiffrage des ressources consacrées en ETP pour cette activité sur l'année passée (sept. 2017 à sept.2018):

	Thème principal	Thème secondaire
Personnel permanent	1,2	
Personnel non permanent	0,8	
Total (personne*an)	2	

Budget ; autres.

b) Objectifs année à venir

Résumé : Rédiger une synthèse de l'activité de recherche pour l'année à venir, en 3 lignes maximum.

Les principales actions porteront sur la diffusion et la valorisation de la chaîne temps réel Safran-Surfex-Aquifr, la consolidation et la poursuite du développement de la chaîne de PS hydrologique (calcul de scores, calcul de nouveaux paramètres, passage à une alimentation par le système MF 7), la poursuite des travaux sur le changement climatique et son impact hydrologique (fin du projet CHIMERE21, application à d'autres bassins versants en France) et l'extension de la simulation hydrologique à d'autres bassins versants en Europe méditerranéenne (projet MEDSCOPE).

Prévision saisonnière hydrologique :

Pour l'année à venir, l'accent va être mis sur la poursuite de la production des prévisions temps réel de PS et de PCLIM, pour les débits mais aussi les SWI (actuellement seule la PCLIM est disponible) et les SWE (Snow Water Equivalent). L'évaluation sera prolongée pour chacune de ses variables avec le calcul de scores. Un test de performances de la prévision saisonnière basée sur le modèle CEP sera également réalisé sur la prévision du mois de mai.

D'autres stations de sortie seront également ajoutées pour la visualisation sur le site, et les types de visualisation pourront évoluer en fonction des besoins des utilisateurs. La migration vers une alimentation par Météo-France système 7 sera engagée. L'utilisation de AQUIFR en PS sera évaluée.

Projet AQUI-FR (hors prévisions saisonnières) :

La priorité pour ces prochains mois sera la configuration de la chaîne temps réel, capable de tourner sur un jour et de s'initialiser sur son état final de la veille. AVH mettra en place en test (ou en double) cette plateforme temps réel au pas de temps quotidien, avec l'objectif à moyen terme de remplacer le modèle MODCOU par la plateforme AQUI-FR (des modèles MODCOU sur plusieurs bassins sont développés dans la plateforme AQUI-FR). De nouveaux produits seront développés et testés, produits élaborés avec les données temps réel et en rapport à la climatologie, en lien avec les partenaires du projet pour la définition des produits hydrogéologiques, ce qui nécessitera côté AVH la gestion opérationnelle des données de sortie, de la mise en base à la production.

Impact du changement climatique en hydrologie :

Pendant les prochains mois jusqu'à la fin du projet CHIMERE21 (mai 2019), DCSC/AVH réalisera les simulations hydrologiques pour chacun des couples GCM/RCM descendus d'échelle. Une naturalisation des débits du bassin de la Meuse a été réalisée par IRSTEA Antony. Grâce à ces données, les modèles hydrologiques participant au projet -dont SIM2- seront calés/validés sur la période présente sur plusieurs stations hydrométriques du bassin (pour SIM2, il s'agit d'une adaptation quantile quantile des sorties de débit), et des indicateurs climatiques (SPI et SSWI) seront calculés sur le bassin et étudiés en corrélation avec les régimes hydrologiques notamment les bas débits.

Dans le cadre du projet CHIMERE21, les résultats obtenus sur le bassin de la Meuse seront analysés, et feront l'objet de valorisations scientifiques (publications, communications). De façon plus large, DCSC/AVH réalisera en 2019 une valorisation des données obtenues sur l'ensemble de la France.

Projet PREMHYCE :

L'année 2019 sera une phase de consolidation du prototype mis en place par Irstea. Pour Météo-France, on se focalisera sur des améliorations qui remonteront des utilisateurs. On s'appuiera sur les avancées de la PCLIM, notamment pour proposer des scores caractérisant la prévisibilité. En fonction des perspectives pour 2020, on commencera à travailler sur la prévision d'ensemble des étiages à des échéances comprises entre 10 jours et un mois et au lien avec la prévision saisonnière.

Projet MEDSCOPE

Le projet MEDSCOPE a débuté mi-2018 (financement ERA4CS). Il a pour objectif le développement d'un prototype de prévision saisonnière dans plusieurs domaines sectoriels, parmi lesquels l'hydrologie. En 2019, AVH mettra en œuvre le modèle Surfex-TRIP développé par le CNRM dans le cadre du projet UERRA. A partir de la réanalyse de UERRA et de la méthode de descente d'échelle des prévisions saisonnières mis au point par CNRM/GMGEC, AVH mettra en place un système de prévision saisonnière sur la période du hindcast. Ce système sera testé et validé sur la France par comparaison à un système de référence (PS de SIM2). Il sera ensuite appliqué à des bassins versants intéressant les partenaires du projet, comme la Durance (INRA) ou l'Ebre (AEMET).

La liste des ressources consacrées : liste des personnels impliqués en personnel permanent Météo-France et en personnel non permanent

Personne(s) impliquée(s) :

Personnel permanent Météo-France :

François Besson, Michèle Blanchard, Pierre Etchevers, Fabienne Rousset-Regimbeau, Christian Viel, Béatrice Vincendon.

Personnel non permanent :

Le chiffrage des ressources consacrées en ETP pour cette activité sur l'année à venir :

	Thème principal	Thème secondaire
Personnel permanent	1,2	
Personnel non permanent		
Total (personne*an)	1,2	

Budget ; autres.

c) Les demandes de soutien à la DR

Type(s) de soutien : Préciser le ou les types de soutien demandés (financier ; scientifique ; technique ; autre) Financements : stages, missions... ; interaction avec des équipes de recherche : séminaire, expertise, participation à des GT...

Soutien scientifique : besoin d'un soutien technique de la part de GMME sur les aspects SURFEX-TRIP dans le cadre de MEDSCOPE

Soutien financier : participation à un congrès scientifique pour la valorisation des travaux menés sur la PS hydrologique (suite du projet EUPORIAS, actuellement réalisée hors du cadre d'un projet national ou européen) : 2000 €.

Autres aspects utiles à mentionner

Publications

Les publications seront recensées d'après la typologie suivante : publications dans des revues à comité de lecture, publications dans d'autres revues, résumés longs d'intervention à des conférences, posters, rapports liés à des projets ou contrats, notes internes, rapports de stage, autres.

DIROP/COMPAS

Nom de l'équipe : DirOP/COMPAS/DOP

Responsable de la fiche : Olivier Mestre

MISSIONS DE L'ÉQUIPE : Fourniture de données et produits pour la prévision du temps

■ **THÈME(S) CONCERNÉ(S)** : NA

Description générale de l'activité de recherche

a) Bilan de l'année passée

- Outil PASTIS

Le métier de producteur d'AS est en train de changer profondément, puisque l'on passe de productions en points stations (ordre de grandeur : 1 millier de points) à des productions en points de grille à haute résolution (~million(s) de points). Les premières tâches sont passées oper sur HPC fin 2017/début 2018.

L'enrichissement de l'outils PASTIS a continué, avec en particulier l'ajout des fonctionnalités de calibration, la possibilité de générer du grib2, etc... (Harold Petithomme). L'ensemble de l'équipe est désormais formé e au travail sur HPC, les apprentissages sont maintenant réalisés sur beaufix, avec des gains substantiels en temps calcul.

- Paramètre vent

Le gros travail de développement et d'optimisation réalisé par Michaël Zamo permet de produire des grib2 de force du vent moyen et de rafales en quelques minutes sur la grille EURW1S10. La tâche tourne en mode développement sur beaufix, la tâche opérationnelle suit prochainement pour alimenter la BDAP.

Parallèlement, un article est soumis sur l'agrégation de systèmes de prévision d'ensemble, faisant suite à la thèse de Michaël.

En parallèle, dans le cadre du projet EoCoE, Filipa Varino (post doc sur fonds EoCoE, en collaboration avec Philippe Arbogast – GMAP) a effectué une calibration de la PEARP en points de grille sur l'Allemagne, et

comparé les propriétés des ensembles bruts et calibrés de la PEARP avec le « super ensemble » à 512 membres généré par l'Université de Jülich – lequel affiche des performances assez décevantes (très sous dispersif).

- Calibration précipitations

La thèse de Maxime Taillardat a été soutenue en décembre 2017. Les travaux de Maxime ont porté sur la calibration des RR1 de la PE AROME (publication soumise à WAF ; review en cours), avec une innovation qui consiste à combiner la méthode très récente des gradient forest avec une loi d'extrêmes, ce qui permet de calibrer les queues de distribution. Ce travail s'accompagne d'une réflexion sur le comportement du score CRPS pour les événements extrêmes, qui débouchera sur un article en 2019. L'article soumis à WAF est sur les RR6 de PEARP, mais une partie des conclusions seront utilisées pour la future calibration des RR1 PEAROME, où une étude a déjà été menée sur 3 bassins versants.

- AS de températures

Travaux principaux :

- la refonte des AS de température ARPEGE par Cécile Marie-Luce, qui montre l'impact très positif du reforecast d'un an de la chaîne double réalisé par Joël Stein. On note néanmoins une difficulté sur les échéances intermédiaires (entre les tri-horaires), pour laquelle tous les paramètres pertinents n'étaient pas jusqu'ici disséminés, et donc pas archivés, ce qui entraîne une dégradation de la qualité ;
- mise au point d'une procédure d'agrégation d'experts (Marion Riverain), avec d'excellents résultats en termes de scores. La tâche est opérationnelle depuis juin 2018 ;
- Spatialisation des températures sur la grille EURW1S100 ;

Les AS de températures sont désormais systématiquement spatialisées sur la grille EURW1S100 : création et alimentation des modèles diagnostiques PG1PAROME, PG1PAGREX (Olivier Mestre) ;

- Calibration des températures PEARP

La calibration des températures PEARP en points stations tourne sur beaufix en mode développement (Maxime Taillardat). Un poster a été présenté à l'EMS.

- Nébulosité satellite

Réalisation d'une AS de nébulosité satellite pour IFS sur la grille GLOBE025 pour DSM/EC (Olivier Mestre)

- Etudes diverses : encadrement de stage sur la prévision de la visibilité et du brouillard (Olivier Mestre, à partir des données fournies par Ingrid Etchevers)

Liste des ressources consacrées

Le chiffrage des ressources consacrées en ETP pour cette activité sur l'année passée :

	Thème principal	Thème secondaire
Personnel permanent	4	
Personnel non permanent	1	
Total (personne*an)	5	

Budget : articles soumis, mais non encore acceptés, la contribution demandée pour 2018 au CNRM au titre des publications (3k€) est reportée à 2019

b) Objectifs année à venir

Résumé

En termes opérationnels, l'objectif pour 2019 est la mise en opérationnel de nouveaux post-traitements des paramètres températures, vent et précipitations (EPS, PE AROME). En R&D, on se focalisera sur l'évaluation du potentiel du Deep Learning en météorologie, et sur l'apport des reforecasts sur la qualité des post-traitements.

- Passages opérationnels
 - AS déterministes
 - Refonte des AS de températures CEP
 - AS FF/FX CEP
 - AS spatialisées sur l'Outre-Mer (FF, FX, T)
 - Prévision d'ensemble : calibration vent, température en points de grille

L'objectif principal de l'année 2019 est d'exploiter les nombreux résultats de R/D obtenus les années précédentes pour obtenir des champs de prévision d'ensemble calibrés.

- FF/FX sur la grille EURW1S10 (EPS calibrée)
- T/TN/TX sur la grille EURW1S100 (EPS calibrée)

Ces champs seront mis à disposition dans la BDAP, et seront utilisables dans le cadre du projet alpha.

- Calibration des RR de la PEAROME

On prévoit une calibration des prévisions de PEAROME, en réalisant un « upscaling » des prévisions de PEAROME calibrées sur une grille 0,1x0,1°.

- Impact des reforecasts sur les AS

Un stage d'un élève IENM3 en semestre à l'INSA, encadré par Michaël Zamo et Bruno Joly, a débuté en septembre 2018, pour s'achever en février 2019. Il vise à quantifier les besoins en termes de profondeur d'archives de reprévisions nécessaires pour calibrer un ensemble avec les méthodes développées à DOP. Un autre aspect du stage est de quantifier l'apport des reprévisions sur la prévision des extrêmes par un ensemble calibré.

- Utilisation de l'ECC

L'ECC permet de « rétrodiffuser » l'effet de la calibration au niveau des différents membres d'une prévision d'ensemble. Si l'on trouve de nombreux exemples d'utilisation de cette technique (et de ses variantes) dans la littérature, les applications ne concernent généralement que quelques points/dizaines de points – il faut regarder l'applicabilité de cette technique dans le cadre de grilles HR, en particulier pour les précipitations. On pourra investiguer des techniques comme le Shaake Shuffle ou le Deep Learning.

- Utilisations du Deep-Learning dans le contexte d'AS

Le Deep-Learning est une technique récente qui permet d'obtenir d'excellents résultats dans certains domaines, en particulier la reconnaissance d'images. On n'a pas de recul sur le potentiel de cette méthode dans le domaine de la météorologie, et dans le cadre d'Aerospace Valley le projet STAE Deep4Cast a été monté avec des spécialistes du sujet (IRT), l'IMT, le CERFACS. Michaël Zamo est le porteur du projet. Applications traitées dans le cadre de Deep4Cast : AS de nébulosité satellite, prévision immédiate de précipitations, téléconnexions. Le projet couvre des phénomènes variés à diverses échéances (prévision immédiate, prévision à court et moyen terme, prévisions saisonnières).

	Thème principal	Thème secondaire
Personnel permanent	4	
Personnel non permanent	2 (filipa+post-doc deep4cast)	
Total (personne*an)	6	

c) Les demandes de soutien à la DR

Type(s) de soutien :

Demande de soutien financier, à hauteur de 3k : publications (report de la demande 2018)

Autres aspects utiles à mentionner

Cette fiche programme pluri-annuelle a grandement bénéficié de la FCPLR de Maxime Taillardat, qui fait aujourd'hui partie de l'équipe DOP. L'équipe est renforcée le temps du projet alpha pour la mise en place d'AS sur le domaine Outre-Mer.

Publications

Forest-based methods and ensemble model output statistics for rainfall ensemble forecasting
M Taillardat, AL Fougères, P Naveau, O Mestre (WAF, 2018, en révision)

Zamo, M., Mestre, O., Bel, L. Sequential Aggregation of Probabilistic Wind Speed Forecasts. J. Roy. Stat. Soc. Series C, en révision

TAILLARDAT, Maxime. Méthodes Non-Paramétriques de Post-Traitement des Prévisions d'Ensemble. Décembre 2017. Thèse de doctorat. Paris Saclay.

Communications

Communications de l'année

EMS2018-468

Verification of extreme events for ensemble forecasts using proper scoring rules and extreme value theory

EMS2018-486

Post-processing of hourly rainfall for hydrological and weather warning-oriented applications

EMS2018-495

Operational machine learning post-processed ensemble forecast system in France

Mise au point et étude de nouveaux scores incluant des voisinages

Nom de l'équipe : DirOP/COMPAS/COM

Responsable de la fiche : Fabien Stoop

Missions de l'équipe : Monitoring des modèles et contrôle de la qualité des prévisions de Météo-France

Thème(s) concerné(s) : NA – non affecté à un thème particulier

Description générale de l'activité de recherche

L'activité de recherche porte sur l'amélioration de nos outils d'évaluation de la qualité des prévisions, en l'occurrence les scores. En particulier, nous cherchons à améliorer ou créer de nouveaux scores dans le but de mieux mettre en évidence l'apport des modèles régionaux (par exemple AROME ou PE-AROME) par rapport aux modèles globaux (par exemple ARPEGE ou PEARP), les scores existants ne donnant pas vraiment satisfaction sur le sujet (problème de la double peine). Un autre objectif est de pouvoir quantifier l'apport des modèles ensemblistes par rapport aux modèles déterministes, aucun score connu ne permettant de répondre à cette question de manière satisfaisante. Nous nous sommes surtout orientés vers la prise en compte d'un voisinage dans des scores déjà existants, notamment les scores de contingence.

Outre l'aspect théorique des recherches, l'aspect pratique est également abordé : le but final étant d'avoir des scores utilisables dans un contexte opérationnel, et donc d'avoir des algorithmes performants pour effectuer le calcul rapide de ces nouveaux scores.

a) Bilan année passée

Recherche et publication (hors cadre des fiches programme recherche) d'un article sur la prise en compte d'un voisinage dans le calcul d'une table de contingence.

La liste des ressources consacrées : Joël Stein, Fabien STOOP

Le chiffrage des ressources consacrées en ETP pour cette activité sur l'année passée :

	Thème principal	Thème secondaire
Personnel permanent	0,4	
Personnel non permanent	0	
Total (personne*an)	0,4	

b) Objectifs année à venir

Résumé : Poursuite des activités de recherche sur la prise en compte des voisinages dans les calculs de scores (en particulier le DRPS). Recherche sur le contrôle des prévisions probabilistes via des scores de contingence.

La liste des ressources consacrées : Joël Stein, Fabien STOOP, Marine Jeoffrion

Le chiffrage des ressources consacrées en ETP pour cette activité sur l'année à venir :

	Thème principal	Thème secondaire
Personnel permanent	0,6	
Personnel non permanent	0	
Total (personne*an)	0,6	

c) Les demandes de soutien à la DR

Type(s) de soutien : Financier

Financements : 3k - financement des frais de publications et de mission

Publications :

Stein, J. and F. Stoop, 0: Neighborhood-based contingency tables including errors compensation. Mon. Wea. Rev., 0, <https://doi.org/10.1175/MWR-D-17-0288.1>

STEIN, J. and STOOP, F.: New neighborhood-based contingency tables, Joint 28th ALADIN Workshop & HIRLAM All Staff Meeting 2018, 16-20/04/2018, Toulouse, France, http://www.umar-cnrm.fr/aladin/IMG/pdf/table_contingency.pdf

DIROP/PI

Développement et production des produits convection du SAF Prévision Immédiate

Nom de l'équipe : DirOP/PI

Missions de l'équipe :

Le département Prévision Immédiate est chargé de mener, pour le compte de l'ensemble de l'Établissement, des activités de recherche et développement sur les méthodes et outils de la Prévision Immédiate, et plus précisément en matière :

- d'aide au diagnostic et à la signalisation ;
- d'aide à l'expertise ;
- de production automatisée.

Thème(s) concerné(s) : 2 - *Etude des phénomènes météorologiques de méso-échelle*

Description générale de l'activité de recherche

Mise en œuvre opérationnelle et amélioration des systèmes de prévision immédiate.

Deux produits sont concernés, le RDT (*Rapidly Developing Thunderstorm*) et le CI (*Convection Initiation*). La R&D et le développement des logiciels se fait principalement dans le cadre du SAF Prévision Immédiate (NWCSAF *Nowcasting Satellite Application Facility*). La mise en production des différentes versions, sur différents domaines concerne ensuite DirOP/PI DirOP/CMS et la DSI.

Le NWCSAF est maintenant dans la phase de développement CDOP3 2017-2022 qui sera marqué par l'arrivée de MTG. La v2016 est la dernière version livrée. La v2018 est une version en cours de développement avec de nombreuses améliorations fonctionnelles et adaptée à Himawari-8, satellite de troisième génération qui nous permet d'anticiper l'arrivée de MTG. Pour la version 2021 Eumetsat a défini comme principal objectif la compatibilité avec MTG : les autres améliorations fonctionnelles par rapport à la v2018 seront mineures.

Avant 2016 prévalait l'idée d'un produit RDT pour les départements et territoire d'Outre Mer, pour compenser l'absence ou la faible portée des radars météorologiques. Le produit était aussi utilisé par les prévisionnistes aéronautiques du CNP et lors de campagnes de projet de recherche (HAIC *High Altitude Ice Crystals*). Depuis 2016 pour satisfaire les besoins du secteur aéronautique, le RDT est produit sur l'ensemble des zones possibles en utilisant les satellites GOES-W, GOES-E, MSG mission plein disque (0°), Météosat7 puis MSG-1 (mission IODC), Himawari-8. Ces actions ont été réalisées dans le cadre du projet AEROCOM portant sur une chaîne de production sécurisée d'un flux météorologique commercial dédié à l'aéronautique.

a) Bilan année passée

Juillet - décembre 2017 :

- NWCSAF : support aux utilisateurs, préparation de la v2018

- Production RDT : extension des zones de couvertures, amélioration du post-traitement avec sous-traitance AKKA
- Participation à la conférence Eumetsat 2017, présentation (améliorations de la CI)
- Ecole d'été sur 'usage des données satellites en prévision immédiate (présentation du RDT et de la CI)

Premier semestre 2018 :

- NWCSAF : support aux utilisateurs, préparation de la v2018
- Production RDT et CI, adaptations aux nouveaux satellites
- Participation au CWG (*Convection, Working Group*), présentation

Deuxième semestre 2018 :

- NWCSAF : support aux utilisateurs, livraison de la v2018 (logiciel et documentation scientifique)
- Activité d'*associated scientist* avec le groupe TROPS (Leibniz Institute)

Ressources consacrées pour 2018: 1,4 ETP (J.-M. Moisselin et F. Autonès) + renfort sous-traitance + AS

b) Objectifs année à venir (2019)

- NWCSAF : support aux utilisateurs
- Participation à la conférence Eumetsat 2019
- Visiteur scientifique sur la validation des *overshooting tops* du RDT-CW
- Préparation de la v2021
- Mise en opération de la v2018- Redéfinition des productions (superposition inter-satellites), domaines au delà de 60°
- Suivi des travaux sur les *Ice Crystals* dans les autres équipes
- Préparation de MTG, participation au MAG de l'instrument FCI

Ressources consacrées : 1,4 ETP (J.-M. Moisselin et F. Autonès)

c) Les demandes de soutien au CNRM

Interaction avec des équipes de recherche : coordination avec GMME travaillant aussi sur le risque cristaux de glace dans meso-NH, coordination avec CNRM/DAS pour les aspects aéronautiques

Autres aspects utiles à mentionner → voir fiche interface : Développement et production des produits convection du SAF Prévision Immédiate

Publications

Haggerty, J., Defer, E., de Laat, A., Bedka, K., Moisselin, J.-M. Potts, R., Delanoë, J., Parol, F., Grandin, A., **2018**, *Detecting Clouds Associated with Jet Engine Ice Crystal Icing*, submitted to BAMS Inbox

Amélioration AROME-PI et post-traitements

Nom de l'équipe : DirOP/PI

Responsable de la fiche : C. Jauffret

Missions de l'équipe :

Le département Prévision Immédiate est chargé de mener, pour le compte de l'ensemble de l'Établissement, des activités de recherche et développement sur les méthodes et outils de la Prévision Immédiate, et plus précisément en matière d'aide au diagnostic et à la signalisation ;

- de signalisation,
- d'aide au diagnostic et à l'expertise ;
- de production automatisée.

Thème(s) concerné(s) : 4- *Prévision numérique de méso-échelle*

Description générale de l'activité de recherche

Mise en œuvre opérationnelle et amélioration des systèmes de prévision immédiate

a) Bilan année passée

Deuxième semestre 2017 : Mise en œuvre de scores et/ou indices permettant d'objectiver la variabilité inter-réseau. Série de tests permettant de vérifier les effets d'un cyclage « brut » de ce modèle, actuellement non cyclé.

Premier semestre 2018 : Série de tests sur des expériences de cyclage « par préchauffage », débuts de rejeux pour les besoins de CRNM GMME (PICS), extraction de données pour alimenter le stage de PI de nébulosité par *deep learning*, mise en œuvre d'un diagnostic de Top-Cb pour les besoins PI, travaux sur le grib2 en vue de la prochaine chaîne double

Deuxième semestre 2018 :

- AROME-PI Mise en œuvre et suivi chaîne double (GMAP – PI - COMPAS)
- Post-traitements (PI)
 - fournitures des éléments nécessaires à la mise en œuvre de la discrimination des hydrométéores basés sur PIAF, en cohérence avec les approches du projet ALPHA
 - test d'algorithmes type *deep learning* pour le post-traitement des données T2m

La liste des ressources consacrées : Nicolas Merlet (DirOP/PI) + actions ponctuelles de conseil de CNRM/GMAP (P. Brousseau, A. Joly) et DirOP/COMPAS (J. Stein)

Le chiffrage des ressources consacrées en ETP pour cette activité sur l'année passée :

	Thème principal
Personnel permanent	1 PI + 0,1 GMAP
Personnel non permanent	
Total (personne*an)	1 + 0,1 GMAP

Budget ; autres.

b) Objectifs année à venir

L'objectif est de travailler sur l'assimilation de ce modèle de prévision immédiate, en essayant d'agir sur les principaux défauts remontés sur AROME-PI mais aussi sur de nouveaux post-traitements en aval d'AROME-PI (température, vent)

La liste des ressources consacrées : *voir fiche interface*

Le chiffrage des ressources consacrées en ETP pour cette activité sur l'année à venir : *voir fiche interface*

	Thème principal
Personnel permanent	<i>PI : 0.9 ETP + 0.1 GMAP</i>
Personnel non permanent	
Total (personne*an)	<i>PI : 0.9 ETP + 0.1 GMAP</i>

Budget ; autres.

c) Les demandes de soutien à la DR

Type(s) de soutien : humain, scientifique et technique

interaction avec des équipes de recherche : participation à des GT, soutien méthodologique, conseil, expertise, modifications des codes si besoin

Un groupe de travail informel COMPAS-PI-GMAP autour AROME-PI existe

Autres aspects utiles à mentionner → voir fiche interface : améliorer AROME-PI

Publications

Approche hybride extrapolation-prévision numérique (en Prévision immédiate)

Nom de l'équipe : DirOP/PI

Responsable de la fiche : C. Jauffret

Missions de l'équipe :

Le département Prévision Immédiate est chargé de mener, pour le compte de l'ensemble de l'Établissement, des activités de recherche et développement sur les méthodes et outils de la Prévision Immédiate, et plus précisément en matière d'aide au diagnostic et à la signalisation ;

- de signalisation,
- d'aide au diagnostic et à l'expertise ;
- de production automatisée.

Thème(s) concerné(s) : 4- *Prévision numérique de méso-échelle*

Description générale de l'activité de recherche

Mise en œuvre opérationnelle et amélioration des systèmes de prévision immédiate

La production PIAF (prévision immédiate agrégée fusionnée) vise à combiner les informations issues de ces deux sources très différentes (extrapolation et AROME-PI) afin d'effectuer une transition sans couture et adaptative selon la situation météorologique rencontrée entre l'observation et les premières échéances de la prévision numérique. Elle constitue un des axes de valorisation des informations issues d'AROME-PI et vise à prolonger les données de prévision immédiate « traditionnelles » au-delà de 1 heure d'échéance.

a) Bilan année passée

Deuxième semestre 2017 : définition du contenu de PIAF-V2, tests préliminaires.

Premier semestre 2018 : Mise en œuvre de PIAF-V2 (mai pour la partie lame d'eau, juillet pour la partie hydrométéores) – évaluation et comparaison par rapport à PIAF-V1 (partie lame d'eau). Changements majeurs : passage à 6 zones, apprentissage MLPOLY et utilisation du score de Gerrity.

Deuxième semestre 2018 : évaluation de PIAF-V2

Deuxième semestre 2018 :

- évaluation de PIAF-V2
- travaux sur la mise en œuvre d'une discrimination des hydrométéores
- travaux sur les valorisations de PIAF-lame d'eau notamment au travers de **macro-objets** (« type RECYF ») pour intégrer l'incertitude de positionnement et d'activité des systèmes dans des dispositifs d'avertissements basés sur ces données de lame
- travaux sur les valorisations de PIAF-réflexivité, notamment pour les approches « objets » de la convection

La liste des ressources consacrées : P. Cau, I. Bernard-Bouissières (DirOP/PI), K. Abgeko Kpogo-Nuwoklo + actions de conseil de DirOP/COMPAS (O. Mestre, I. Sanchez)

Le chiffrage des ressources consacrées en ETP pour cette activité sur l'année passée :

	Thème principal
Personnel permanent	1,5 PI
Personnel non permanent	0,5
Total (personne*an)	2

Budget ; autres.

b) Objectifs année à venir

2 objectifs concernant la production PIAF :

- continuer à améliorer et enrichir les productions PIAF : amélioration des branches existantes, notamment sur les aspects cohérence, approche probabiliste ; ajouts de nouvelles branches (discrimination des hydrométéores, potentiel de neige)
- valoriser ces nouvelles sources d'information dans les productions PI notamment (objet de la convection, pluie dans l'heure, etc.)

Le chiffrage des ressources consacrées en ETP pour cette activité sur l'année à venir :

	Thème principal	Thème secondaire
Personnel permanent	PI : 1,5 ETP / an	
Personnel non permanent	1 CDD jusqu'à mi-2019	
Total (personne*an)	PI : 1.5 ETP	

Budget ; autres.

c) Les demandes de soutien à la DR

Type(s) de soutien : humain, scientifique et technique

interaction avec des équipes de recherche : participation à des GT, soutien méthodologique, conseil, expertise, CDD ANR (voir fiche interface PIAF)

Autres aspects utiles à mentionner → voir fiche interface : **Vers une approche probabiliste autour de PIAF-V2**

Publications

Les publications seront recensées d'après la typologie suivante : publications dans des revues à comité de lecture, publications dans d'autres revues, résumés longs d'intervention à des conférences, posters, rapports liés à des projets ou contrats, notes internes, rapports de stage, autres.

DIROP/MAR

Modélisation des dérives

Nom de l'équipe : DirOP/MAR/RD

Responsable de la fiche : Pierre Daniel

Missions de l'équipe : DirOP/MAR/RD contribue à la recherche et développement sur les **modèles numériques** et les **outils** nécessaires à la réalisation des missions de Météo France (MF) en matière d'océan superficiel. Ceci concerne notamment la prévision opérationnelle des vagues et des surcotes océaniques, et la modélisation du déplacement de polluants et objets à la surface de l'océan. L'équipe assure le suivi et la maintenance de ces modèles et outils, en liaison avec les services qui les utilisent et avec ceux qui les mettent en œuvre.

Thème(s) concerné(s) : 8 et 1 (à choisir parmi les 12 thèmes de la comptabilité analytique, si nécessaire deux thèmes peuvent être mentionnés). *Les 12 thèmes de la comptabilité analytique sont les suivants : 1- Étude Cyclogenèse (et cyclones) et de leur prévisibilité (dont prévision d'ensemble) ; 2- Étude des phénomènes météorologiques de méso-échelle, 3- Prévision numérique synoptique, 4- Prévision numérique de méso-échelle, 5- Étude climat et changement climatique, 6- Prévision saisonnière, 7- Hydrométéorologie et Agrométéorologie, 8- Océanographie (Modélisation et instrumentation), 9- Environnement atmosphérique et météo urbaine, 10- Étude du manteau neigeux des avalanches, 11- Instrumentation aéroportée, 12- Instrumentation in situ – télédétection, NA – Non affectés à un thème particulier.*

Description générale de l'activité de recherche : modélisation des dérives d'objet ou d'hydrocarbure à la surface de la mer, système opérationnel de production, contrôle du modèle, formation des utilisateurs

a) Bilan année passée

Texte libre décrivant les résultats de l'année passée.

En 2018, les développements sur l'intégration du système MOTHY dans le module de lancement des modèles d'alerte de Synopsis, se sont poursuivis :

- élaboration d'une tâche d'extraction des données de la BDAP (forçage météo-océanique) déclenchée à l'arrivée dans la BDPE du fichier de configuration MOTHY généré par Synopsis,
- soumission d'un job MOTHY sur le super-calculateur,
- élaboration d'une tâche de post-traitement (graphiques + fichiers) déclenchée à l'arrivée dans la BDPE des résultats de la simulation MOTHY,
- affichage des résultats sur une nouvelle IHM « Visudérives » du serveur opérationnel Oleron, à réception des résultats post-traités envoyés par DIFMET, avec service de validation et diffusion (sur des minisites puis extranets phoenix).

Ces différentes briques sont encore en cours de construction et seront testées de façon unitaire avant d'être assemblées et testées dans un environnement d'intégration Soprano + Oleron d'ici la fin de l'année 2018. La gestion des messages de retour des tâches Soprano sera faite par Synopsis (suivi des étapes, erreurs et disponibilité des résultats sur Oleron). Une version corrigée du module d'alerte de Synopsis doit être déployée en opérationnel avant la fin de l'année (tests menés par les prévisionnistes en octobre).

Cette évolution du système MOTHY nécessite d'enrichir la base opérationnelle BDAP en données météo-océaniques pour couvrir les besoins de MOTHY. Nous avons donc formulé la demande à la DSI de prolonger la rétention des forçages météo-océaniques dans la BDAP pour pouvoir simuler des dérives dans le passé jusqu'à 19 jours (toujours en cours d'instruction en octobre). Et l'équipe a poursuivi le développement d'une tâche soprano pour alimenter la BDAP en données océaniques en Méditerranée, issues du système italien MFS (production Copernicus : CMEMS).

Parallèlement, l'actuelle IHM MOTHY installée sur Oleron, a bénéficié d'une mise à niveau en juillet pour passer à la version 4.5 :

- Code de calcul unique
- Amélioration du traitement des dérives leeway par très petits fonds (< 2m)
- Améliorations concernant la version nappes d'hydrocarbures (remplacement de la distribution de la taille des gouttes de pétrole (tirage aléatoire au lieu de uniforme) pour mieux gérer les nappes étendues, augmentation du nombre de particules en cas de fuite continue ou de nappe, choix supplémentaire « sargasses » dans le menu).
- Suppression des courants climatologiques en Méditerranée pour le multi-forçages océanique mais maintien pour un mode secours
- Evolution du multi-forçages océanique
- Amélioration du tracé des cartes
- Optimisation des temps de calcul en local
- Mise à jour des bathymétries (Méditerranée, Antilles, Polynésie Française)

La DAM a poursuivi son projet nommé OSCAR (Operational drift model for Search And Rescue at sea) pour mettre au point un calculateur de dérive avec son alimentation en données de forçage (déterministe et probabiliste). Cet outil devrait à terme intégrer le système SeaMIS développé par la DCNS. Les cibles seront plutôt les (grands) navires et les conteneurs et les vagues seront prises en compte, permettant de compléter le service rendu par MOTHY. Le CEREMA et MIO (Institut Méditerranéen d'Océanologie) assureront les études et les développements. Météo-France apportera son expertise et proposera des intercomparaisons avec MOTHY. Cette contribution devrait nous permettre de suivre/aider les travaux, de disposer des nouveaux logiciels et de voir s'ils pourront servir à étendre les fonctionnalités de MOTHY.

Parallèlement, nous avons poursuivi les travaux avec la DIRNC et l'IRD à Nouméa pour rapatrier les données de courants à très haute résolution du modèle SCHISM de l'IRD qui tournera 2 fois par jour dans un centre de calcul de la Nouvelle-Calédonie avec le forçage Arome-NC. L'objectif est d'en disposer dans la BDAP pour pouvoir réaliser une prévision de dérive MOTHY qui les utilise dans un cadre opérationnel. Cette capacité sera mise en œuvre lorsque le lancement de MOTHY se fera via le module Synopsis.

En septembre (et pour 18 mois) a démarré le projet NOOS-Drift du programme européen Copernicus (CMEMS) : il vise à mettre en place un système intégré de prévision de dérive en mer (nappes de pétrole, objets flottants, personnes à la mer) sur les mers du plateau continental du Nord-Ouest européen. Ce système s'appuiera sur trois systèmes nationaux existants : OSERIT (IRSNB - Belgique), OpenDrift (Met-No - Norvège) et MOTHY (Météo-France – France). Les objectifs généraux sont les suivants:

- Exploiter un système d'ensemble multi-modèles transnational pouvant faire des prévisions de dérive à la demande sur la zone NW Europe ;
- Élaborer plusieurs indicateurs mesurables sur la précision de la trajectoire de la dérive, estimée sur la base de l'écart des différentes prévisions des modèles de dérive reliés à NOOS-Drift ;

- Faire la distinction entre les différences dues aux différents modèles de trajectoire et celles dues aux différentes données de forçage ;
- Permettre d'identifier les éventuelles anomalies ;
- Améliorer la confiance des utilisateurs finaux à l'égard des résultats des modèles de dérive et les guider dans leur processus de prise de décision.

Le budget alloué à Météo-France pour ce projet nous permettra de recruter un CDD sur 8 à 11 mois en 2019. Le travail administratif de recrutement et les premières réunions de projet ont démarré en septembre 2018.

D'autre part, plusieurs assistances (institutionnelles ou commerciales) ont été conduites :

1. réquisition du tribunal de Bordeaux pour une étude de recherche de l'origine d'un échouage
2. plusieurs autres calculs de dérive dans le cadre du contrat commercial avec ITOPF ou pour des exercices ANED (Assistance à Navire en Difficulté) et/ou Polmar et/ou ORSEC (Baie de St Briec en octobre, la Réunion en décembre)
3. appui au service opérationnel en cas de crise sous la forme de la prise en charge de certaines dérives ou d'expertise (pollution marine au NW de la Corse en octobre par exemple)

Plusieurs collaborations ont été maintenues en 2018 :

- Centre des Mammifères Marins de l'Université de la Rochelle : poursuite de la collaboration sur les dérives de cadavres de cétacés, avec notamment des expertises et des jeux de données
- CEDRE : participation au Comité Stratégique et contribution aux orientations de la programmation.

La liste des ressources consacrées : liste des personnels impliqués en personnel permanent Météo-France : Pierre Daniel, Valérie Ulvoas, Christine Quicot et Denis Paradis

et en personnel non permanent :

Le chiffrage des ressources consacrées en ETP pour cette activité sur l'année passée :

	Thème principal	Thème secondaire
Personnel permanent	2.4	0.1
Personnel non permanent		
Total (personne*an)	2.4	0.1

Budget ; autres.

b) Objectifs année à venir

Résumé : Rédiger une synthèse de l'activité de recherche pour l'année à venir, en 3 lignes maximum.

L'objectif d'une utilisation opérationnelle de Synopsis pour lancer MOTHY est visé en 2019. MOTHY fera également partie du service NOOS-DRIFT au sein de Copernicus (CMEMS) pour permettre des prévisions multimodèle de dérive en mer au NW de l'Europe, en collaboration avec nos collègues belges et norvégiens.

Texte libre décrivant les objectifs de l'année à venir.

Le maintien de la capacité opérationnelle du CNP en matière de prévision de dérive, la satisfaction de nos clients institutionnels (Cedre, Préfectures Maritimes, DAM...) et donc l'amélioration continue de nos systèmes de prévision de dérive, demeurent des priorités de l'équipe.

L'effort portera en 2019 sur la finalisation de l'utilisation opérationnelle de l'IHM d'alerte intégrée à Synopsis pour configurer une simulation de dérive MOTHY. En aval, des tâches soprano devront se déclencher automatiquement pour permettre de lancer la simulation MOTHY sur le super-calculateur après avoir extrait les données de forçages dans la BDAP. Puis les résultats seront post-traités par d'autres tâches soprano et visualisés dans une IHM simplifiée hébergée par le serveur opérationnel oleron qui se chargera également de l'alimentation des minisites de nos usagers (puis des extranets Phoenix). Suite à la mise en place de la tâche d'extraction des forçages de la BDAP soprano, une mise à niveau de la BDAP est indispensable pour répondre aux besoins en forçages de Mothy : rétention sur 20 jours, nouvelles données océaniques MFS et SCHISM...

Le développement de ce nouveau système a commencé en 2016 et une première version a été partiellement testée fin 2018 pour être disponible après le déploiement prévu d'un patch Synopsis fin 2018 ou début 2019 à DirOP/MAR/EXP. Par la suite, les évolutions porteront sur la visualisation et la diffusion des résultats directement dans Synopsis pour s'affranchir progressivement de l'IHM sur oleron.

Par ailleurs, nous travaillerons à l'ajout de nouvelles fonctionnalités dans le système opérationnel Mothy, une fois intégré à Synopsis :

1. capacité à initialiser une nappe d'hydrocarbure surfacique (polygone ou ensemble de points et non seulement un point),
2. nouveaux forçages météo-océaniques disponibles et extension de la prévision d'ensemble Mothy aux forçages de l'EPS du CEP de la PE-Arome ainsi qu'aux objets dérivants (en plus des nappes d'hydrocarbure),
3. nouvelles cibles SAR dans la mesure où des observations de leurs dérives sont obtenues (algues sargasses par exemple).
4. Si les ressources le permettent, et après une validation approfondie (non-régression sur la zone Mer du Nord-Manche-Golfe de Gascogne), mise en place de la possibilité d'activer la marée en tous lieux (marée « globale ») ;

Notre contribution au projet Copernicus NOOS-Drift se poursuivra en 2019. Elle portera sur l'intégration de Mothy dans un système de prévision de dérive centralisé (en Belgique) pour faire du multi-modèle (Mothy, Osirit et OpenDrift), avec une capacité à utiliser les forçages mis à disposition par les autres partenaires (courants océaniques). Ce travail d'ingénierie consistera à ajouter des fonctionnalités dans le code du modèle MOTHY et dans ses interfaces (déclenchement automatique en mode R&D, après contrôle de la requête), à prendre en compte des formats spécifiques et à utiliser différents forçages océaniques (alimentation en données à automatiser, à rendre exploitables par le modèle, tests du modèle avec ces données et intercomparaison/validation). Enfin, une validation du système commun sera menée avec nos partenaires (IRSNB, Belgique et Met-No, Norvège).

Plusieurs collaborations seront poursuivies en 2019 :

9. au sein du projet OSCAR de la DAM (avec CEREMA et MIO), visant à développer un nouvel outil de calcul des dérives, avec l'objectif d'apporter notre expertise et un soutien technique (intercomparaison avec MOTHY, utilisation de forçages adaptés...). Au delà de cette contribution, nous étudierons les possibilités d'intégrer les nouveaux développements pour à étendre les fonctionnalités de MOTHY.
10. Avec le SHOM, notamment pour définir un nouveau contrat de recherche sur l'amélioration des fonctionnalités de MOTHY et son intégration dans la production HYCOM3D ;

11. Avec l'IRD et la DIR-NC pour permettre à MOTHY d'utiliser les courants océanographiques produits par le modèle SCHISM de l'IRD. Cette configuration SCHISM a comme originalité un maillage déstructuré (jusqu'à 100 m) permettant d'améliorer sensiblement les prévisions de courants marins par petit fond, notamment pour les circulations intra-lagunaires dans la baie de Nouméa. Les développements que nous réaliserons se baseront sur ceux déjà implémentés pour la prise en compte des courants HYCOM-3D dans MOTHY. A terme, le système Mothy devra être capable d'intégrer opérationnellement les courants SCHISM pour la prévision des dérives sur le territoire de la Nouvelle-Calédonie. La répliquabilité de ce travail dans une autre zone d'intérêt (grands lagons avec marée, notamment Mayotte) est possible dans la mesure où un système océanographique opérationnel y sera développé ;
12. Avec nos partenaires historiques (comme le Cedre, la DAM, l'US-CG, la NOAA, MetNo, LPO, etc...) pour prendre en compte leurs besoins ou collaborer à l'amélioration des calculs de dérives.

La validation du système Mothy est menée régulièrement lors d'expérimentations dédiées ou de Retex communiqués par les CROSS. Suite au stage de P Sadoulet en 2010, des outils existent pour utiliser les données des bouées Argo lors de leur dérive en surface durant une douzaine d'heures. Il reste à mettre au point une procédure un peu plus automatique et à mieux utiliser l'information sur la précision des données (positionnement GPS). L'objectif est de mieux connaître le comportement de Mothy sur des zones très diverses et de tester différents forçages océaniques ou l'impact des vagues (dérive de Stokes).

La liste des ressources consacrées : liste des personnels impliqués en personnel permanent Météo-France : Pierre Daniel, Valérie Ulvoas, Christine Quicot et Denis Paradis

et en personnel non permanent : CDD Noos-Drift (8 à 11 mois)

Le chiffrage des ressources consacrées en ETP pour cette activité sur l'année à venir :

	Thème principal	Thème secondaire
Personnel permanent	2.4	0.1
Personnel non permanent	0.8	
Total (personne*an)	3.2	0.1

Budget ; autres.

c) Les demandes de soutien à la DR

Type(s) de soutien : Préciser le ou les types de soutien demandés (financier ; scientifique ; technique ; autre)

Financements : stages, missions... ; interaction avec des équipes de recherche : séminaire, expertise, participation à des GT...

2000 euros sont demandés pour financer les frais de missions : 2 missions (internationale ou nationale) pour participer à la communication sur nos travaux R&D et faire de la veille scientifique.

Autres aspects utiles à mentionner

Publications

S. Legrand, P. de la Vallée, L.R. Hole, K.-F. Dagestad and P. Daniel, 2018: [Towards NOOS-Drift, a multi-models ensemble system to assess and improve drift forecast accuracy](#), 4th GEO Blue Planet Symposium, Toulouse, France, 4-6 July 2018.

Modélisation des surcotes

Nom de l'équipe : DirOP/MAR/RD

Responsable de la fiche : Patrick Ohi

Missions de l'équipe : DirOP/MAR/RD contribue à la recherche et développement sur les **modèles numériques** et les **outils** nécessaires à la réalisation des missions de Météo France (MF) en matière d'océan superficiel. Ceci concerne notamment la prévision opérationnelle des vagues et des surcotes océaniques, et la modélisation du déplacement de polluants et objets à la surface de l'océan. L'équipe assure le suivi et la maintenance de ces modèles et outils, en liaison avec les services qui les utilisent et avec ceux qui les mettent en œuvre.

Thème(s) concerné(s) : 8 et 1 (à choisir parmi les 12 thèmes de la comptabilité analytique, si nécessaire deux thèmes peuvent être mentionnés). *Les 12 thèmes de la comptabilité analytique sont les suivants : 1- Étude Cyclogenèse (et cyclones) et de leur prévisibilité (dont prévision d'ensemble) ; 2- Étude des phénomènes météorologiques de méso-échelle, 3- Prévision numérique synoptique, 4- Prévision numérique de méso-échelle, 5- Étude climat et changement climatique, 6- Prévision saisonnière, 7- Hydrométéorologie et Agrométéorologie, 8- Océanographie (Modélisation et instrumentation), 9- Environnement atmosphérique et météo urbaine, 10- Étude du manteau neigeux des avalanches, 11- Instrumentation aéroportée, 12- Instrumentation in situ – télédétection, NA – Non affectés à un thème particulier.*

Description générale de l'activité de recherche : modélisation des niveaux marins, chaîne opérationnelle de production, couplage océan/vagues, contrôle des modèles, formation des utilisateurs

a) Bilan année passée

Texte libre décrivant les résultats de l'année passée.

En 2018, plusieurs actions de la phase 2 du projet **HOMONIM (Historique Observation MODélisation des Niveaux Marins)**, mené avec le SHOM et co-financé par la DGPR et la DGSCGC) ont permis de faire évoluer la chaîne opérationnelle de modélisation des surcotes :

- en février, la chaîne de **prévision d'ensemble des surcotes** a bénéficié des sorties horaires du forçage météo (vent à 10m et pression au niveau de la mer) issu de la PEARP ce qui permet une bien meilleure estimation des pics de surcotes associés aux tempêtes en limitant les interpolations temporelles.
- Le 4 juillet, la **configuration Antilles-Guyane** du modèle de surcotes Hycom2D a été améliorée : nouvelle bathymétrie à jour des données disponibles, champ de friction sur le fond optimisée, paramétrisation de Pond et Pickard (98) pour la tension du vent (suite au retext du cyclone Irma, sept 2017), nouveau solveur barotrope avec terme dissipatif et production étendue aux échéances de Arome-AG (42h aux 4 réseaux quotidiens)
- d'ici fin 2018, la production des configurations **Atlantique et Méditerranée** seront enrichies avec des échéances supplémentaires du forçage **Arome-France** (jusqu'à J+1) et avec l'introduction du forçage **Arome-IFS** (2 réseaux quotidiens).

A partir de novembre, la production des chaînes de production des configurations Atlantique, Méditerranée et Océan Indien se fera au fil de l'eau, pour éviter aux infrastructures (réseau et bases) de s'engorger à la fin de chaque simulation lors de la diffusion de tous les résultats en bloc.

L'équipe participe parallèlement à la réflexion et à des travaux avec le SCHAPI, le CETE-SO, le CEREMA, La DREAL Aquitaine (SPC-GAD), le CERFACS et EDF-LNHE sur l'évolution du système Gironde, et notamment sur son rapprochement avec le modèle RIG du SMIDDEST et de la DDTM33 (également basé sur Telemac2D mais gérant les débordements). Par ailleurs, nous avons poursuivi notre soutien à une **thèse**

sur l'assimilation de données dans un modèle hydrodynamique 2D (Vanessya Laborie, CEREMA, avec EDF-LNHE, CERFACS, CEREMA, Météo-France et SPC-GAD) en participant au comité de suivi et en fournissant des données météo-océaniques.

Plusieurs demandes de **fournitures** de prévision ou d'analyse de surcote ont été satisfaites, en provenance de partenaires ou de clients, notamment au CEREMA (et au GPAB) dans le cadre du projet Gironde-XL de calcul du clair sous quille en Gironde.

Nous avons également apporté des **expertises** au SCHAPI sur des projets ou des actions de soutien local à des communautés urbaines pour aider à la gestion des submersions marines (Charente, Bassin d'Arcachon).

Enfin, les **prédictions de marée** pour l'année 2019 ont été obtenues du SHOM et du SCHAPI (Gironde), puis elles ont été traitées pour être ensuite déposées sur la BDMP pour pouvoir être utilisées par notre post-traitement de la chaîne opérationnelle de prévision des surcotes.

La liste des ressources consacrées : liste des personnels impliqués en personnel permanent Météo-France : Patrick Ohl, David Ayache et Denis Paradis

et en personnel non permanent : Guillaume Morvan puis Cédric Amore (CDD HOMONIM)

Le chiffrage des ressources consacrées en ETP pour cette activité sur l'année passée :

	Thème principal	Thème secondaire
Personnel permanent	2	0.1
Personnel non permanent	0.2	0.6
Total (personne*an)	2.2	0.7

Budget ; autres.

b) Objectifs année à venir

Résumé : Rédiger une synthèse de l'activité de recherche pour l'année à venir, en 3 lignes maximum.

La modélisation des surcotes portera en 2019 sur des configurations imbriquées (Mayotte et la Réunion) ou imbriquées et couplées avec le modèle de vagues WW3 (Pertuis Charentais) ainsi que sur des configurations sur certaines îles polynésiennes.

Texte libre décrivant les objectifs de l'année à venir.

La phase II du projet HOMONIM (**H**istorique **O**bservation **MO**délisation des **NI**veaux **M**arins, 2015-2019) se terminera en 2019 et plusieurs actions mobiliseront l'équipe « surcotes » de DirOP/MAR :

1. en février, imbriquer des **zooms pour Mayotte et pour la Réunion** dans la configuration Océan Indien de Hycom2D. Cela se fera par une double imbrication pour atteindre la résolution d'environ 100 m dans le lagon mahorais et une simple imbrication pour la Réunion (résolution de 800 m) en utilisant la nouvelle bathymétrie préparée par le SHOM et le coupleur OASIS.
2. En mars, préparer et mettre en opérationnel une nouvelle **prévision d'ensemble de surcotes** basée sur la PE-AROME (dans l'environnement Vortex, comme pour la PEARP)
3. préparer les évolutions des chaînes et les consignes qui seront nécessaires au pupitrage DSI pour pouvoir **étendre les prévisions des modèles Hycom2D ultramarins**, à la demande de nos

collègues en outre mer et à l'image du prolongement d'échéances que le forçage Arome aura subi parallèlement (échéance max de 78h au lieu de 42h)

4. en août, porter en opérationnel un **système couplé Hycom2D-WW3** sur les Pertuis Charentais, où la résolution atteint 30 m près du littoral. Ce système pourra contribuer à la réponse de Météo-France et du SHOM aux demandes appuyées de nos usagers de la VVS pour disposer de sorties beaucoup plus fines de vagues et de niveaux marins, notamment pour l'estimation des impacts terrestres. La question de l'expertise de ces sorties brutes de modèle restera à instruire
5. mettre en opérationnel à l'automne une **version actualisée de Hycom2D**, incluant les modifications inspirées par les derniers retours d'expérience (gestion des découvements, tension de vent dépendant des états de mer...) et un éventuel phasage avec les évolutions du code Hycom2D dans la communauté internationale. La configuration Méditerranée sera complétée par une modélisation de la marée (comme pour les autres configurations) afin de produire des prévisions du niveau marin en tous points pour nos partenaires en charge de gestion des submersions marines. En fonction des disponibilités de la DSI, nous chercherons aussi à mettre en place une **chaîne en double** de prévision de surcotes (sur le domaine Atlantique a priori)
6. finaliser le contenu de la phase 3 du projet avec le SHOM puis le négocier avec la maîtrise d'ouvrage (DGPR et DGSCGC) avant de le traduire en plan d'actions pour 2020-2024. La principale contrainte sera la satisfaction des besoins de la mission RDI Littoral (Référént Inondation Départemental) et des partenaires en appui à la gestion de crise (BRGM et CEREMA notamment).

Hors du contexte HOMONIM, mais pour permettre la mise en place d'une vigilance vagues submersion à l'image de celle pour la métropole, nous développerons des configurations de l'ancien modèle de Météo-France (ou repartirons des anciennes configurations ou utiliserons Hycom2D si le SHOM accepte de coopérer avec nous sans compensation financière), avec forçage par Arome-OM (complété par IFS si nécessaire), pour couvrir progressivement la Polynésie française, en concertation et avec le soutien de la DIRPF (données bathymétriques, sélection d'événements à rejouer, expertise des résultats, enjeux...). Compte tenu du nombre d'îles, les développements s'étaleront de 2019 à 2020 en traitant en priorité celles ayant le plus d'enjeux (selon la DIRPF).

Pour le **système Gironde** (calcul du niveau d'eau dans l'estuaire pour le SPC-GAD et le SCHAPI, avec le CEREMA, EDF-LNHE et le GPMB) nous continuerons d'apporter notre expertise et notre support, à l'étude du SCHAPI sur l'évolution du système actuel vers une nouvelle version intégrant le modèle RIG avec débordement utilisé par le SMIDDEST et DDTM33. Compte tenu du prochain arrêt de Synergie (outil de visualisation des résultats du système Gironde par le SPC-GAD et le SCHAPI), une nouvelle solution devra être envisagée et mise en œuvre (extranet, Synopsis, web services de Synopsis, solution SCHAPI...).

Suite au souhait exprimé par le SCHAPI lors d'une réunion au printemps 2018, les bulletins de post-traitement du système Gironde seront simplifiés (production et visualisation des graphes de contrôle et du bulletin de hauteur totale de PM par site et par tranche de 24h).

Par ailleurs, nous maintiendrons notre soutien technique (fourniture de données météo-océaniques à la frontière et à l'interface estuaire/atm) et scientifique (suivi, expertise, conseils...) au travail de thèse sur l'assimilation de données dans un modèle hydrodynamique 2D (Vanessya Laborie, Cerema), démarré en 2015. Nous contribuons au comité de thèse avec EDF-LNHE, CERFACS, CEREMA et SPC-GAD. Un des objectifs clairement énoncé, est de rechercher des débouchés concrets à ces travaux dans l'actuel modèle Telemac2D que Météo-France opère pour le SPC-GAD.

Comme chaque année, l'équipe participera activement aux évolutions du **dispositif VVS** (interfaçage avec le SHOM pour les prédictions de marée et les références altimétriques, nouveaux points de sorties, amélioration des graphes et des bulletins, prise en compte de nouvelles données marégraphiques, formation des prévisionnistes, participation aux ateliers en région...), aux demandes internes et externes sur les prévisions de surcotes (mise à disposition de données, de graphes ou d'expertises).

Le nouvel **indicateur** sera mis en oeuvre pour suivre les évolutions de la qualité des prévisions de surcotes, en limitant sa dépendance à la sévérité des conditions océaniques et à d'autres causes de variabilité du niveau « moyen » de la mer observé par les marégraphes qui sont hors de prévisibilité pour nos modèles de surcote barotropes et de faible emprise géographique.

En réponse à une sollicitation de la DMN du Maroc, et sous réserve de l'accord décidé lors de la prochaine réunion bilatérale des DG de MF et de la DMN, nous formerons un ingénieur de la DMN et contribuerons au développement d'une configuration d'un modèle de surcotes pour le littoral atlantique marocain.

Des sollicitations pour participer à des études d'impact du **changement climatique** sur les surcotes, arrivent régulièrement. Notre charge de travail ne permet pas d'y répondre actuellement mais, compte tenu du fort enjeu de ce thème et de notre potentiel (outils, expertise), nous essayerons de contribuer a minima en faisant tourner nos modèles existants sur des forçages « prêts à l'emploi ».

La liste des ressources consacrées : liste des personnels impliqués en personnel permanent Météo-France : Patrick Ohl, David Ayache et Denis Paradis

et en personnel non permanent : Cédric Amore (CDD Homonim)

Le chiffrage des ressources consacrées en ETP pour cette activité sur l'année à venir :

	Thème principal	Thème secondaire
Personnel permanent	1.9	0.2
Personnel non permanent	0.2	0.6
Total (personne*an)	2.1	0.8

Budget ; autres.

c) Les demandes de soutien à la DR

Type(s) de soutien : Préciser le ou les types de soutien demandés (financier ; scientifique ; technique ; autre)

Financements : stages, missions... ; interaction avec des équipes de recherche : séminaire, expertise, participation à des GT...

1000 euros sont demandés pour financer les frais de missions : 1 à 2 missions (internationale ou nationale) pour participer à la communication sur nos travaux R&D et faire de la veille scientifique.

Autres aspects utiles à mentionner

Publications

Émilie Bresson, Philippe Arbogast, Lotfi Aouf, Denis Paradis, Anna Kortcheva, Andrey Bogatchev, Vasko Galabov, Marieta Dimitrova, Guillaume Morvan, Patrick Ohl, Boryana Tsenova, and Florence Rabier : On the improvement of wave and storm surge hindcasts by downscaled atmospheric forcing: application to historical storms, Natural Hazards Earth System Sciences, 18, 997-1012, 2018

Modélisation des vagues

Nom de l'équipe : DirOP/MAR/RD

Responsable de la fiche : Lotfi Aouf

Missions de l'équipe : DirOP/MAR/RD contribue à la recherche et développement sur les **modèles numériques** et les **outils** nécessaires à la réalisation des missions de Météo France (MF) en matière d'océan superficiel. Ceci concerne notamment la prévision opérationnelle des vagues et des surcotes océaniques, et la modélisation du déplacement de polluants et objets à la surface de l'océan. L'équipe assure le suivi et la maintenance de ces modèles et outils, en liaison avec les services qui les utilisent et avec ceux qui les mettent en œuvre.

Thème(s) concerné(s) : 8 et 1 (à choisir parmi les 12 thèmes de la comptabilité analytique, si nécessaire deux thèmes peuvent être mentionnés). *Les 12 thèmes de la comptabilité analytique sont les suivants : 1- Étude Cyclogenèse (et cyclones) et de leur prévisibilité (dont prévision d'ensemble) ; 2- Étude des phénomènes météorologiques de méso-échelle, 3- Prévision numérique synoptique, 4- Prévision numérique de méso-échelle, 5- Étude climat et changement climatique, 6- Prévision saisonnière, 7- Hydrométéorologie et Agrométéorologie, 8- Océanographie (Modélisation et instrumentation), 9- Environnement atmosphérique et météo urbaine, 10- Étude du manteau neigeux des avalanches, 11- Instrumentation aéroportée, 12- Instrumentation in situ – télédétection, NA – Non affectés à un thème particulier.*

Description générale de l'activité de recherche : modélisation des états de mer, assimilation de mesures de vagues satellitaires, couplage avec l'océan et l'atmosphère, contrôle des modèles, formation des utilisateurs

a) Bilan année passée

Texte libre décrivant les résultats de l'année passée.

La 2^o phase du projet **HOMONIM (Historique Observation MODélisation des Niveaux Marins)**, menée conjointement avec le SHOM, est cofinancée par la DGPR et la DGSCGC. Ce projet vise à améliorer la réponse institutionnelle aux risques de submersion marine. Il contient notamment un volet sur la modélisation des états de mer côtier qui a pour objectif d'améliorer la qualité des prévisions des vagues proches du littoral et donc la pertinence de la vigilance vagues-submersion (VVS), de travailler à une maquette de modèles couplés (vagues + niveau marin) à très haute résolution (30 m) sur une zone à enjeux, et enfin, d'étendre les configurations opérationnelles des modèles de vagues en côtier à l'outre mer (Antilles, Guyane, Réunion et Mayotte).

Dans le cadre de ce projet, deux grandes contributions ont été apportées en 2018 au système opérationnel basé sur le code WW3 qui modélise les vagues en côtier :

- mi-septembre, la chaîne opérationnelle de prévision (configurations Atlantique, Méditerranée et Antilles-Guyane) a évolué vers une production au fil de l'eau pour éviter la surcharge des serveurs recevant les résultats ; en outre, 5 paramètres supplémentaires ont été produits : hauteur de la houle totale, périodes moyennes (mer du vent, houles primaire et secondaire) et étalement angulaire.
- En novembre, une mise à jour de la configuration Antilles-Guyane sera réalisée : nouvelle bathymétrie (à jour de toutes les données rassemblées par le SHOM), extension du domaine à Haiti pour le projet SWFDP de l'OMM, granulométrie du fond marin pour la Guyane.

Par ailleurs, l'équipe s'est engagé depuis mai 2015 dans le **Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS)** coordonné par Mercator Ocean International (MOI, ayant la délégation de la CE). Nous participons à deux MFC (Monitoring and Forecasting Center) : pour le domaine global avec MOI et pour la zone IBI (Iberia-Bay of Biscaye-Ireland) avec Puertos del

Estado, AEMET, Marine Institute et CESGA. Pour le Global-MFC, nous opérons depuis le 27 février 2018 une nouvelle configuration globale de MFWAM au 1/10° forcée par IFS et les courants de surface de Mercator-Ocean au 1/12°. Cette production est en accès libre sur le portail <http://marine.copernicus.eu/>. Pour le IBI-MFC, nous avons développé une configuration MFWAM-IBI dédiée. Nous participons également aux travaux de R&D pour préparer et optimiser le couplage vagues/océan qui sera mis en œuvre progressivement dans ces 2 MFC : forçage off-line en 2018 puis on-line en 2020. Notre engagement pour le Global-MFC a été prolongé jusqu'en 2021 et nous avons répondu mi-septembre à l'appel d'offre CMEMS européen pour prolonger notre contribution au IBI-MFC.

Fin 2018, un phasage du code MFWAM avec le cycle 41R1 de ECWAM sera réalisé pour pouvoir déployer un nouveau binaire dans la chaîne opérationnelle basée sur MFWAM. A la clef, MFWAM bénéficiera d'un code de calcul optimisé et de l'utilisation de la grib-API à la place de gribex pour l'écriture des résultats dans les fichiers GRIB. Par ailleurs, les chaînes utilisant le forçage AROME-France (MFWAM et WW3) prendront en compte l'extension de ses échéances (pour couvrir jusqu'à J+1) et une configuration MFWAM forcé par AROME-IFS sera introduite.

Ce travail régulier permet au modèle MFWAM de continuer à faire partie des 2-3 meilleurs modèles opérationnels de vagues au monde comme le montre l'intercomparaison faite pour la JCOMM au CEP (utilisation des données de bouées réparties sur le globe et comparaison aux modèles CEP, Met Office, FNMOC, NCEP, BOM, SHOM, DWD, JMA, KMA) :

https://www.ecmwf.int/en/forecasts/charts/catalogue/w_wave_intercomparison?facets=undefined&time=2018073000.0,2018073000&area=All%20stations%20combined&statistics=Scatter%20Index

Dans le **domaine spatial**, plusieurs opérations ont été menées cette année :

- les données altimétriques du satellite Sentinel-3A (lancé le 16 février 2016) sont assimilées dans les configurations globales, ATOURX01 et ultramarines de MFWAM depuis le 16 mai 2018.
- compte tenu du temps nécessaire pour en disposer sur le GTS, les données SAR de Sentinel-1A (en orbite depuis le 4 avril 2014) font l'objet d'une demande à la DSI de rapatriement depuis un serveur dédié de l'ESA pour alimenter notre BDM et pouvoir être assimilées par MFWAM. Les données de Sentinel-1B (en orbite depuis le 25 avril 2016) permettront d'augmenter la couverture spatiale de ces mesures et d'améliorer le cycle de revisite de trace (6 jours au lieu de 12 jours avec S-1A).
- l'instrument SWIM de CFOSAT (China France Oceanography Satellite) apportera en novembre des mesures spectrales de vagues pouvant détecter des vagues de longueur d'onde d'environ 70 m. Une instruction est d'ores et déjà lancée pour permettre le rapatriement de ses mesures dans notre base opérationnelle (via un dépôt par le CNES sur TRANSMET). En outre, un extranet est prévu d'être créé d'ici fin 2018 pour mettre à disposition certaines productions de MFWAM à nos partenaires.

Avec ces 3 missions qui vont bientôt déboucher sur une production opérationnelle, le système d'assimilation de données du modèle de vagues MFWAM sera bien pourvu puisqu'il dispose déjà des données altimétriques de Jason-2, Jason-3, SARAL et Cryosat-2.

D'autres réalisations ou études ont été menées cette année :

- co-encadrement de 3 élèves ingénieur en 2^o année de l'ENM sur un stage de 2 mois visant à étudier l'apport de WW3 pour préciser les seuils de la vigilance vagues-submersion. Le littoral du Finistère et du Morbihan a servi de cadre pour cette étude.
- co-encadrement de Cédric Amore pour un stage de 6 mois en Master 2 de l'UPS «Diagnostics d'événements exceptionnels à l'aide de prévisions rétrospectives de MFWAM forcé par un reforecast PEARP »
- une dizaine de rejeux d'événements passés (cyclones et épisodes de houle australe) pour aider les prévisionnistes de la Réunion à mettre en place la VVS
- poursuite de notre participation au groupe technique sur le couplage Océan-Atmosphère mésoéchelle (AROME-NEMO-Vagues) et au G3T (Processus couplés à l'interface océan-atmosphère) pilotés par CNRM/GMME.

La liste des ressources consacrées : liste des personnels impliqués en personnel permanent Météo-France : Alice Dalphinnet, Lotfi Aouf, Christophe Bataille, Denis Paradis

et en personnel non permanent : Blanka Balogh, Charlotte Couture, Laura Joyeux (IENM2) ; Cédric Amore (Master 2)

Le chiffrage des ressources consacrées en ETP pour cette activité sur l'année passée :

	Thème principal	Thème secondaire
Personnel permanent	3	0.1
Personnel non permanent	0.5	0.5
Total (personne*an)	3.5	0.6

Budget ; autres.

b) Objectifs année à venir

Résumé : Rédiger une synthèse de l'activité de recherche pour l'année à venir, en 3 lignes maximum.

En 2019, nous travaillerons sur le projet HOMONIM (vagues en côtier avec la mise en opérationnel d'un système couplé à très haute résolution sur les Pertuis Charentais) et au CMEMS (modélisation des vagues sur les domaines Globe et IBI). Nous participerons aux missions spatiales (CFOSAT) et développerons une prévision d'ensemble de vagues basé sur la PEARP.

Texte libre décrivant les objectifs de l'année à venir.

Deux projets structureront le travail de l'équipe vagues en 2019 : HOMONIM et Copernicus.

Dans le cadre **Homonim**, nous poursuivrons le travail avec le SHOM sur le couplage WW3/Hycom2D sur une zone à enjeux (pertuis charentais, résolution jusqu'à 30 m) pour évaluer le gain apporté par une telle simulation et trouver une solution technique optimale (configurations imbriquées et couplage via Oasis). Un travail de portage de la solution retenue dans l'environnement opérationnel sera également à réaliser avec encore quelques incertitudes sur la faisabilité (utilisation de vortex). Par ailleurs, les configurations Réunion, Mayotte, Antilles et Guyane feront l'objet d'une mise à jour pour prendre en compte les résultats des études (forçage par le courant et le niveau marin issus de Hycom2D pour Réunion et Mayotte, rejeux pour Antilles et

représentation de la vase pour la Guyane). En outre, nous préparerons les évolutions et les consignes qui seront nécessaires au pupitrage DSI pour pouvoir étendre les prévisions des modèles ultramarins WW3, à la demande de nos collègues en outre mer et à l'image du prolongement d'échéances que le forçage Arome aura subi parallèlement. Enfin, la chaîne opérationnelle sera portée dans l'environnement vortex (action essentielle pour DSI/OP même si elle représente un gros effort pour l'équipe) et une nouvelle version de WW3, intégrant notamment un schéma implicite, surtout utile pour la très haute résolution, sera déployée. Parallèlement, la réflexion sur le contenu de la phase 3 du projet sera poursuivie avec le SHOM, puis négociée avec la maîtrise d'ouvrage (DGPR et DGSCGC) avant d'être traduite en plan d'actions pour 2020-2024. La principale contrainte sera la satisfaction des besoins de la mission RDI Littoral (Référént Inondation Départemental) et des partenaires en appui à la gestion de crise (BRGM et CEREMA notamment).

D'autre part, nous contribuerons à deux services **Copernicus** pour l'océanographie (CMEMS) sur le volet vagues : IBI-MFC et Global-MFC (Monitoring Forecasting Center). Pour le premier, une version V5 du modèle régional MFWAM-IBI (zone IBI couvrant l'Irlande, le Golfe de Gascogne, la péninsule ibérique et les Canaries) sera développée en utilisant la nouvelle version MFWAM phasée avec le cycle 41R1 de ECWAM, en augmentant la résolution à $1/20^\circ$ et en introduisant une assimilation de données altimétriques (Jason2, Jason3, Saral, Sentinel-3 et Cryosat2) et de données spectrales de vagues (SAR de Sentinel-1 et SWIM de CFOSAT). Cette version devra être livrée à l'AEMET fin 2019 pour être mise en opérationnel à Puertos del Estado en avril 2020. De plus, pour les deux services (IBI et Global), les travaux sur la meilleure manière de forcer le modèle océanique (NEMO) par le modèle de vagues seront poursuivis : prise en compte de la tension du vent modifiée par les vagues, du déferlement des vagues et de la dérive de Stokes pour le modèle d'océan. Dans le cadre du Global-MFC, nous contribuerons à une réanalyse couvrant toute la période altimétrique (1993-2016), à l'aide du modèle MFWAM global au $1/5^\circ$ (avec assimilation de données altimétriques et SAR et forçage par les vents de ERA-Interim (puis ERA5 dans une version ultérieure) et les courants de surface produits par la réanalyse GLORYS de MO). Pour pouvoir en décliner une climatologie côtière plus tard, les spectres de vagues aux limites des domaines opérationnels de WW3 (ATL, MED, AG et OI) seront conservés (plutôt pour la prochaine réanalyse prévue en 2021 à la résolution $1/10^\circ$ et avec les vents mieux résolus de ERA-5).

Hors du contexte HOMONIM, mais pour permettre la mise en place d'une vigilance vagues submersion à l'image de celle pour la métropole, nous développerons des configurations WW3 (vagues en côtier), forcées par Arome-OM (complété par IFS si nécessaire) pour couvrir la **Nouvelle-Calédonie** (avec **Wallis et Futuna**) et la **Polynésie française**, en concertation et avec le soutien des DIRNC et DIRPF (données bathymétriques, sélection d'événements à rejouer, expertise des résultats, enjeux...). Pour ce faire, nous collaborerons aussi avec l'IRD qui dispose d'une bathymétrie de qualité sur la Nouvelle-Calédonie. Pour la Polynésie française, compte tenu du nombre d'îles, les développements s'étaleront de 2019 à 2020 en traitant en priorité celles ayant le plus d'enjeux (selon la DIRPF).

Afin d'améliorer leur qualité et de faciliter leur évolution, la chaîne opérationnelle basée sur MFWAM sera portée dans l'environnement vortex.

En outre, une prévision d'ensemble de vagues basée sur MFWAM et la PEARP (2 réseaux quotidiens) sera développée, à la fois sur le domaine global (au $1/2^\circ$ vraisemblablement) et sur l'Atlantique et les mers européennes (EURAT ou ATOURX, au $1/10^\circ$), puis mise en opérationnel, pour les futurs besoins du projet ALPHA et permettre ensuite une prévision d'ensemble de vagues en côtier.

Par ailleurs, diverses pistes seront explorées pour encore améliorer les configurations existantes de MFWAM :

- augmenter la résolution spectrale (32 fréquences * 30 directions à la place de 30*24), ce qui concernera aussi les configurations de WW3, toutes imbriquées dans MFWAM.
- prendre en compte les nouvelles données spatiales devenues disponibles dans l'assimilation (voir plus loin)
- pour mieux intégrer l'exécution de MFWAM dans la chaîne opérationnelle, rendre possible une utilisation des forçages atmosphériques au fur et à mesure de leur production (actuellement, le modèle doit attendre tous ses forçages avant de démarrer).

L'assimilation de données de télédétection spatiale est une des forces des systèmes de prévision des états de mer. Météo-France a toujours été et demeure étroitement associé à l'effort spatial français, en travaillant dès la définition des programmes (par ex. sur des OSSE Observation Sensitivity Simulation Experiment) puis dans les phases de CAL/VAL (Calibration / Validation), et enfin sur le transfert vers les opérations de ces travaux avec l'utilisation des données. Actuellement, les observations altimétriques de Jason-2 et 3, Saral, Sentinel-3A et Cryosat-2 sont assimilées par les MFWAM globaux et régionaux. Les données spectrales de vagues de Sentinel-1A et 1B devraient bientôt les rejoindre dès leur disponibilité dans nos bases opérationnelles obtenues.

Pour l'année 2019 les travaux de R&D indiqués ci-dessous sont planifiés concernant l'utilisation des données satellitaires :

1- assimilation des données spectrales de vagues issues de l'instrument SWIM embarqué sur CFOSAT ; suivi régulier des impacts de ces mesures sur la modélisation des vagues par MFWAM, mis à disposition de nos partenaires de la mission CFOSAT sur un extranet dédié à créer ; prise en compte de ces données dans la chaîne opérationnelle basée sur MFWAM

2- Evaluation de l'assimilation des données de Sentinel-3B dans la phase Calibration/Validation et préparation d'une exploitation en opérationnel en 2019.

3- Développement d'expériences OSSE pour la mission SWOT pour les applications globales et régionales du modèle de vagues MFWAM. Etude d'impact de l'assimilation des données synthétiques pour la prévision des états de mer en opérationnel. Nous développerons également une évaluation des courants synthétiques SWOT en forçage du modèle de vagues MFWAM.

4- Etude sur l'impact des vagues dans une couche de mélange océanique utilisée pour forcer le modèle atmosphérique AROME-OM. Application pour la saison cyclonique à La Réunion et aux antilles. Rejeu d'évènements marquants avec forçage de la nouvelle chaîne AROME-OM. Ces travaux se feront en collaboration avec GMAP et Hervé Giordani (GMGEC/OA).

D'autre part, nous poursuivrons notre participation au groupe technique « **couplage Océan-Atmosphère** mésoéchelle » (AROME-NEMO-Vagues) et au G3T afin d'améliorer la prise en compte des états de mer dans Arome, Arpege et NEMO, en suivant plus particulièrement les travaux prévus dans Surfex sur ce sujet. Nous serons notamment attentifs à apporter notre expertise au développement du **système intégré Terre** (couplage atm/vagues/océan, à l'échelle hectométrique) mené au CNRM.

Nous participerons à OceanObs'2019, à Hawaii, avec des white papers prévus sur l'altimétrie et les réanalyses océaniques.

Par ailleurs, la collaboration avec Sergei Badulin du Shirshov Institute of Oceanography (Russian Academy of Science) sur la restitution de la période pic des vagues à partir de l'altimétrie va se poursuivre avec l'analyse de données altimétriques (bandes Ku et Ka) sur une période longue sur plusieurs années. Des tests de validation avec le modèle de vagues MFWAM seront effectués. Dans

cette collaboration nous développerons aussi des tests d'assimilation des données altimétriques hautes fréquences pour les modèle côtiers MFWAM-AROME.

La liste des ressources consacrées : liste des personnels impliqués en personnel permanent Météo-France : Alice Dalphinnet, Lotfi Aouf, Christophe Bataille, Denis Paradis, Matthieu Chevallier.

et en personnel non permanent : Cédric Amore (CDD Homonim), CDD CMEMS-IBI-Wave, IENM3

Le chiffrage des ressources consacrées en ETP pour cette activité sur l'année à venir :

	Thème principal	Thème secondaire
Personnel permanent	2.7	0.5
Personnel non permanent	1.4	0.3
Total (personne*an)	4,1	0.8

Budget ; autres.

c) Les demandes de soutien à la DR

Type(s) de soutien : Préciser le ou les types de soutien demandés (financier ; scientifique ; technique ; autre)

Financements : stages, missions... ; interaction avec des équipes de recherche : séminaire, expertise, participation à des GT...

3000 euros sont demandés pour financer les frais de missions : 2 missions (internationale et nationale) pour participer à la communication sur nos travaux R&D et faire de la veille scientifique.

Autres aspects utiles à mentionner

Publications

Les publications seront recensées d'après la typologie suivante : publications dans des revues à comité de lecture, publications dans d'autres revues, résumés longs d'intervention à des conférences, posters, rapports liés à des projets ou contrats, notes internes, rapports de stage, autres.

Verron, J., P. Bonnefond, L. Aouf, et al : The Benefits of the Ka-Band as Evidenced from the SARAL/AltiKa Altimetric Mission: Scientific Applications. Remote Sensing 2018, 10, 163; doi:10.3390/rs10020163.

E. Bresson, P. Arbogast, L. Aouf, et al. : On the improvement of wave and storm surge hindcasts by downscaled atmospheric forcing: application to historical storms, Natural Hazards Earth System Sciences, 18, 9971012, 2018

S. Law-Chune, L. Aouf : Wave effects in global ocean modelling : parametrizations vs forcing from wave model. Ocean Dynamics, Topical collection, <https://doi.org/10.1007/s10236-018-1220-2>.

L. Aouf, D. Hauser, C. Tison, B. Chapron : On the assimilation of multi-source of directional wave spectra from Sentinel-1A and 1B, and CFOSAT in the wave model MFWAM : Toward an operational use in CMEMS-MFC. Proceedings IGARSS 2018, Valencia, Spain.

L. Aouf, A. Dalphinnet, R. Husson, S. Law-Chune, The assimilation of Sentinel-1A and 1B SAR wave spectra in the CMEMS global wave system. Workshop ESA SEASAR, Frascati, 7-10 Mai 2018

L. Aouf, A. Dalphinnet, Toward a more and more accurate wave forecasting system : Thanks to Altimetry. symposium 25 years of progress in radar altimetry, Ponta Delgada, 24-29 september 2018.

Dalphinnet A. , Aouf L., Husson R., Michaud H. : Impact of the SAR wind in regional wave model on the french Mediterranean sea, Workshop ESA SEASAR, Frascati, 7-10 Mai 2018

Dalphinnet A., Aouf, L., Osinski R., Michaud H. : High resolution coastal wave model for the West Indies under major hurricanes of 2017, symposium 25 years of progress in radar altimetry, Ponta Delgada, 24-29 sept 2018

L. Aouf, A. Dalphinnet, S. Law-Chune, Y. Drillet, The upgraded CMEMS global wave system : improvements and efficiency for ocean/waves coupling, General Assembly EGU, Avril 2018, Vienna, Austral

DSM

Simulations ARPEGE climat constant pour l'étude des cyclones

Nom de l'équipe : DSM/EC/ECGC

Responsable de la fiche : Martine Veysseire

Missions de l'équipe :

La Direction des Services Météorologiques a pour mission de proposer, conduire et mettre en œuvre la politique de Météo France en matière de produits et services météorologiques à destination de tous les clients externes de Météo France. Le département Etudes et Conseil assure le pilotage des activités de prévision-conseil et de services (études, consultance, ...).

La division Etudes et Consultance pour les Grands comptes a pour rôle de prendre en charge les études externes et les activités de consultance confiées à la DSM, pour les grands comptes tels que la défense, l'énergie, le spatial, ... Elle organise le dialogue avec les correspondants internes et externes de Météo-France. Elle anime le réseau BED et assure un transfert d'expertise entre elle et les bureaux d'études régionaux, ainsi qu'entre elle et les autres services de Météo-France, sur ses domaines de compétence.

Thème(s) concerné(s) :

---Thème principal : 5 - étude du climat et du changement climatique

---Thème secondaire : 1 - étude des cyclogénèses et de leur prévisibilité

(A choisir parmi les 12 thèmes de la comptabilité analytique, si nécessaire deux thèmes peuvent être mentionnés). *Les 12 thèmes de la comptabilité analytique sont les suivants : 1- Etude Cyclogenèse (et cyclones) et de leur prévisibilité (dont prévision d'ensemble) ; 2- Etude des phénomènes météorologiques de méso-échelle, 3- Prévision numérique synoptique, 4- Prévision numérique de méso-échelle, 5- Etude climat et changement climatique, 6- Prévision saisonnière, 7- Hydrométéorologie et Agrométéorologie, 8- Océanographie (Modélisation et instrumentation) , 9- Environnement atmosphérique et météo urbaine, 10- Etude du manteau neigeux des avalanches, 11- Instrumentation aéroportée, 12- Instrumentation in situ – télédétection, NA – Non affectés à un thème particulier.*

Description générale de l'activité de recherche

Pour répondre à la Caisse Centrale de Réassurance (CCR) sur le risque cyclonique et de précipitations intenses dans les territoires Outre-Mer (priorité Antilles / La Réunion), Météo-France produira des simulations

climatiques avec ARPEGE-Climat non étiré à 0.5° sur le globe.

Ces simulations seront ensuite complétées par des descentes d'échelle dynamique avec ALADIN Climat sur les cyclones impactant les territoires d'intérêt pour la CCR.

Les objectifs pour la CCR sont d'évaluer le risque actuel et l'évolution de ce risque à l'horizon 2050.

Les simulations porteront sur 400 années fictives à climat stationnaire pour chacune des 3 hypothèses (2000 /2050 RCP 4.5 / 2050 RCP 8.5).

L'étude sera réalisée dans un cadre institutionnel et financée par la CCR.

2 phases sont identifiées :

-réalisation des simulations avec ARPEGE Climat non étiré

-application d'un ALADIN Climat sur les cyclones détectés sur les zones d'intérêt (Antilles, La Réunion)

a) Bilan année passée

Proposition technique et financière acceptée par CCR. Commande effectuée.

Enquête de besoin et d'intérêt des travaux pour Météo-France réalisée auprès des bureaux d'études et du CNRM.

Première phase

Définition des domaines et paramètres d'intérêt pour l'archivage. Préparation des post-traitements correspondants.

Préparation des fichiers de forçage par Michel Déqué et Jean-François Guérémy.

Mise en oeuvre des simulations sur la base d'un script ARPEGE V6 de lancement préparé par Jean-François Gueremy.

Premiers tests du tracker de cyclones effectués par Fabrice Chauvin sur la base de 10 ans données à climat 2000 fournies par Martine Veysseire. Les résultats sont satisfaisants.

Lancement de la production des 3 simulations de 400 ans.

Les bureaux d'études, en particulier outremer (DIROI, DIRAG, DIRPF) sont intéressés à exploiter ces simulations.

Du point de vue commercial, deux assureurs et une société de production agricole et transport ont demandé des informations sur le projet. Au-delà de la fourniture par DSM/ECGC de données et d'études aux clients (assureurs, énergéticiens, ...), le CNRM envisage des études sur la base de ces scénarios.

Un stage Master 2 est proposé pour l'année 2019.

Deuxième phase

Formation pour la descente d'échelle Aladin Climat prévue automne 2018 (Samuel Somot)

Ressources : 1 personne x mois

La liste des ressources consacrées : liste des personnels impliqués en personnel permanent Météo-France et en personnel non permanent : Michel Déqué, Jean-François Guérémy (PASTEL), Samuel Somot (MOSCA), Fabrice Chauvin (AMACS) et Martine Veysseire (DSM/EC)

Le chiffrage des ressources consacrées en ETP pour cette activité sur l'année passée :

	Thème principal	Thème secondaire
Personnel permanent	0,04 CNRM + 0.17 DSM/EC	0,04 CNRM + 0.17 DSM/EC
Personnel non permanent		
Total (personne*an)	0,2	0,2

Budget ; autres.

b) Objectifs année à venir

Résumé : Examen du comportement des cyclones. Recensement des trajectoires et intensités.

Comparaison entre les simulations 2000 et 2050. Mise en oeuvre de la descente d'échelle dynamique sur quelques cas.

La production des simulations devrait s'achever en mars ou avril 2019. Une première production Aladin Climat devrait avoir lieu en novembre ou décembre 2018. Les sorties d'Aladin Climat seront examinées début 2019 et présentées au client CCR. Les données de précipitations seront fournies au client pour ses évaluations des risques d'inondations. Une première présentation des travaux en cours sera effectué en juin 2019 lors de la journée-séminaire Catastrophes Naturelles organisée par CCR.

Les données seront mises à disposition des DIROM pour leurs études.

La liste des ressources consacrées : Samuel Somot, Fabrice Chauvin (CNRM) Martine Veysseire (DSM/EC)

Le chiffrage des ressources consacrées en ETP pour cette activité sur l'année à venir :

	Thème principal	Thème secondaire
Personnel permanent	0.05 CNRM + 0.75 DSM/EC	0,1 CNRM + 0.1 DSM/EC
Personnel non permanent		
Total (personne*an)	0.8	0.2

Budget ; autres.

c) Les demandes de soutien à la DR

Type(s) de soutien : soutien technique et scientifique

Mise en œuvre du tracker de cyclones et analyse des résultats avec Fabrice Chauvin

Formation à l'implémentation d'Aladin Climat pour la descente d'échelle avec Samuel Somot

Autres aspects utiles à mentionner

Co-encadrement d'un stage de Master 2 avec Fabrice Chauvin

Publications

Les publications seront recensées d'après la typologie suivante : publications dans des revues à comité de lecture, publications dans d'autres revues, résumés longs d'intervention à des conférences, posters, rapports liés à des projets ou contrats, notes internes, rapports de stage, autres.

Surfex patché pour la définition de scènes infrarouges

Nom de l'équipe : DSM/EC/ECGC

Responsable de la fiche : Céline de Saint-Aubin

Missions de l'équipe :

La Direction des Services Météorologiques a pour mission de proposer, conduire et mettre en œuvre la politique de Météo France en matière de produits et services météorologiques à destination de tous les clients externes de Météo France. Le département Etudes et Conseil assure le pilotage des activités de prévision-conseil et de services (études, consultance, ...).

La division Etudes et Consultance pour les Grands comptes a pour rôle de prendre en charge les études externes et les activités de consultance confiées à la DSM, pour les grands comptes tels que la défense, l'énergie, le spatial, ... Elle organise le dialogue avec les correspondants internes et externes de Météo-France. Elle anime le réseau BED et assure un transfert d'expertise entre elle et les bureaux d'études régionaux, ainsi qu'entre elle et les autres services de Météo-France, sur ses domaines de compétence.

Thème(s) concerné(s) :

(A choisir parmi les 12 thèmes de la comptabilité analytique, si nécessaire deux thèmes peuvent être mentionnés). *Les 12 thèmes de la comptabilité analytique sont les suivants : 1- Etude Cyclogenèse (et cyclones) et de leur prévisibilité (dont prévision d'ensemble) ; 2- Etude des phénomènes météorologiques de méso-échelle, 3- Prévision numérique synoptique, 4- Prévision numérique de méso-échelle, 5- Etude climat et changement climatique, 6- Prévision saisonnière, 7- Hydrométéorologie et Agrométéorologie, 8- Océanographie (Modélisation et instrumentation) , 9- Environnement atmosphérique et météo urbaine, 10- Etude du manteau neigeux des avalanches, 11- Instrumentation aéroportée, 12- Instrumentation in situ – télédétection, NA – Non affectés à un thème particulier.*

2 - 4

Description générale de l'activité de recherche

Le Plan d'Etudes Amont (financé par la DGA) BERNI a permis de faire apparaître que les données de surface produites par les modèles de Météo France et contenues dans la BDAP ne sont pas suffisantes pour caractériser tous les types de surface pouvant composer une scène infra rouge. La spécification d'une solution a émergé à l'issue de BERNI.

Il s'agit de définir les modalités de mise en œuvre du modèle de surface SURFEX Offline patché (en mode rejeu et en mode prévision) forcé par un modèle atmosphérique disponible sur la zone d'intérêt (pas de restriction géographique a priori) pendant la période d'intérêt. Le modèle doit permettre de déclencher les calculs radiatifs sur tous les types de sols possibles existants dans SURFEX de manière à disposer en chaque point de grille des paramètres de flux et d'état sur chacune de ces surfaces de manière à pouvoir reconstituer une scène infrarouge à partir de ses composantes surfaciques réelles. L'ONERA (dont MF est le sous-traitant dans le cadre du PEA DOME0 suite de BERNI) souhaite que Météo-France mette en place une chaîne de production de ce type et fournisse des jeux de données sur plusieurs zones géographiques (temps réel ou rejeu).

a) Bilan année passée

Début de développement de la chaîne de calcul SURFEX offline patché et étude de sensibilité.

	Thème principal	Thème secondaire
Personnel permanent	0,6	
Personnel non permanent		
Total (personne*an)	0,6	

b) Objectifs année à venir

Finalisation des développements de la chaîne de calcul SURFEX offline patché.

	Thème principal	Thème secondaire
Personnel permanent	0,6	
Personnel non permanent		
Total (personne*an)	0,6	

c) Les demandes de soutien à la DR

Type(s) de soutien : scientifique et technique

GMME/MOSAYC : Soutien technique et scientifique pour la configuration de chaînes de calcul basées sur SURFEX patché (chaîne temps réel et chaîne de rejou) :

Interview, consultances au fur et à mesure des travaux, contribution à l'analyse des résultats : **10 pers.jour**.

Information sur les évolutions de SURFEX en cours et prévues.

Autres aspects utiles à mentionner

RAS

Publications

Interventions possibles lors de conférences nationales ou internationales.

Pas de publication envisagée pour le moment.

Campagne expérimentale : Météo sensibilité des réseaux électriques et ferroviaires

Nom de l'équipe : DSM/EC/ENERGIE et DSM/EC/ECGC

Responsable de la fiche : Raphaël Legrand et Ludovic Bouilloud

Missions de l'équipe :

La Direction des Services Météorologiques a pour mission de proposer, conduire et mettre en œuvre la politique de Météo France en matière de produits et services météorologiques à destination de tous les clients externes de Météo France. Le département Etudes et Conseil assure le pilotage des activités de prévision-conseil et de services (études, consultation, ...). Plus particulièrement, cette fiche fait intervenir les divisions ENERGIE et ECGC concernant la coordination et l'innovation pour les acteurs du secteur de l'énergie et du transport ferroviaire.

Thème(s) concerné(s) :

2- Étude des phénomènes météorologiques de méso-échelle

12- Instrumentation in situ – télédétection

(A choisir parmi les 12 thèmes de la comptabilité analytique, si nécessaire deux thèmes peuvent être mentionnés). *Les 12 thèmes de la comptabilité analytique sont les suivants : 1- Etude Cyclogenèse (et cyclones) et de leur prévisibilité (dont prévision d'ensemble) ; 2- Etude des phénomènes météorologiques de méso-échelle, 3- Prévision numérique synoptique, 4- Prévision numérique de méso-échelle, 5- Etude climat et changement climatique, 6- Prévision saisonnière, 7- Hydrométéorologie et Agrométéorologie, 8- Océanographie (Modélisation et instrumentation) , 9- Environnement atmosphérique et météo urbaine, 10- Etude du manteau neigeux des avalanches, 11- Instrumentation aéroportée, 12- Instrumentation in situ – télédétection, NA – Non affectés à un thème particulier.*

Description générale de l'activité de recherche

a) Bilan année passée

Bilan :

Depuis 2016, une action de R&D est menée à la DSM pour appréhender au mieux les risques météorologiques auxquels sont soumis les réseaux électriques (câbles, pylônes et électricité qui transite).

Après des travaux conjoints avec le CNRM (CEN et GMME/PHY-NH) et des développements étalés sur une année, un système d'alerte probabiliste face aux risques hivernaux (accrétion de glace et neige, pression générée par le vent sur l'infrastructure) a été conçu et mis à disposition des prévisionnistes. Cet outil est nommé WIRE (Winter Risk for Energy) et de plus amples détails peuvent être trouvés sur les références données en section 5.

Suite à un premier hiver de test en collaboration avec la SNCF sur le risque de givrage des caténaires, une des faiblesses connues de l'outil est le manque de données pour valider l'algorithme d'accumulation de givre et de neige sur les câbles électriques (de RTE ou de la SNCF par exemple).

De même, ce besoin récurrent pour les exploitants concernant la prévision de l'accrétion sur les câbles et les caténaires est en passe de se généraliser à d'autres échelles temporelles. En effet, des demandes fortes concernant des climatologies de givrage sont apparues lors des derniers mois pour cette problématique ainsi que d'autres (givrage des éoliennes). Une réponse est envisagée par la DSM consistant à forcer le modèle d'accrétion WIRE par le rejeu AROME depuis 2000 (établi pour la création de l'Atlas éolien ADEME) afin d'établir des Atlas de givrage. Afin de pouvoir mener à bien ces travaux, une validation préalable du modèle WIRE est indispensable. C'est pourquoi une campagne d'expérimentation est envisagée durant l'hiver 2018/2019 (et le suivant si nécessaire).

En plus de la prévision des risques hivernaux, un autre aspect météo sensible de la gestion des réseaux électriques est abordé par DSM/EC/ENERGIE et ECGC : la modification de l'ampacité des câbles et les risques de congestion électrique qui lui sont associés. Sur ce sujet un premier stage de M2 a mené à la mise en forme d'une modélisation du bilan énergétique d'un solide en équilibre avec l'atmosphère. Cette modélisation a été testée sur des températures de chaussée. Pour vérifier que l'algorithme est également performant pour la prévision de l'ampacité, la campagne d'expérimentation citée ci-dessus sera l'occasion d'obtenir des mesures de validation de température de câble.

Bibliographie :

La modélisation de l'accrétion d'hydrométéores sur les câbles s'appuie majoritairement sur :

Makkonen, L., 2000. Models for the growth of rime, glaze, icicles and wet snow on structures. Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 358(1776), pp.2913-2939.

La modélisation des bilans de chaleur s'appuie sur un stage qui a été réalisé à DSM/EC en 2018 :

Keita, 2018 : Développement d'un modèle simplifié de transfert d'énergie entre un solide et l'atmosphère. Stage M2 soutenue à l'Université de Reims, Champagne-Ardennes. Coencadrement, Ludovic Bouilloud, Raphaël Legrand et Julie Capo.

Outil :

L'outil actuellement utilisé (uniquement pour les risques liés au vent, la neige et la glace) est disponible sur Synopsis pour les prévisionnistes. Des extranets clients peuvent être configurés à la demande. Tous les développements sont faits ailleurs sur machine de développement SOPRANO (pas d'utilisation du super-calculateur prévue pour le moment).

Test :

Une mise à disposition en test a été menée avec la SNCF sur l'hiver 2017/2018.

Concurrence :

RTE développe son propre outil de prévision pour les mêmes risques (outil nommé AMELIE), basé sur les prévisions AROME déterministe.

Meteogroup a développé un service de prévision d'ampacité (présentation faite à l'ICEM2017).

La liste des ressources consacrées : liste des personnels impliqués en personnel permanent Météo-France et en personnel non permanent

Le chiffrage des ressources consacrées en ETP pour cette activité sur l'année passée :

	Thème principal	Thème secondaire
Personnel permanent	20 h.j	
Personnel non permanent		
Total (personne*an)		

Budget ; autres.

b) Objectifs année à venir

Résumé : Conception, mise en place, maintenance et valorisation d'une campagne expérimentale sur le site du CEN au Col de Porte. L'expérimentation aura pour but d'améliorer nos connaissances des phénomènes d'accrétion sur câbles électriques ainsi que les processus en jeu dans le refroidissement des câbles.

Objectifs :

Conception, mise en place, maintenance et valorisation d'une campagne d'expérimentation sur le site du Col de Porte.

Le but est de concevoir un dispositif mesurant i) l'accumulation de neige ou de glace sur 2 ou trois sections de câbles électriques couramment utilisés par les clients ii) la température de câble.

La phase de conception est déjà relativement aboutie : décision sur la structure du dispositif, hauteur de mâts, matériel de mesure (webcam + thermocouples), matériels annexes pour le bon fonctionnement du dispositif.

La mise en place est prévue à l'automne sur le site du col de Porte (fin octobre/début novembre).

Les mesures se feront à partir du 1^{er} novembre 2018. Une intervention humaine pourra être nécessaire pour récupérer au fur et à mesure les données mesurées. Une surveillance pourra être faite en cas de détérioration du dispositif.

La valorisation se fera par le traitement des données et la comparaison des données mesurées avec la modélisation utilisée dans WIRE notamment.

Métriques de résultat :

Les résultats seront considérés satisfaisant si :

1) la campagne de mesure est mise en place à temps (avant les premiers épisodes importants de neige et de givrage).

2) les données sont :

- sans rupture importante
- réutilisables (images de webcam nettes et permettant d'identifier l'épaisseur des hydrométéores sur les câbles + température de câble représentative du câble et non de l'atmosphère environnante)

3) le système est fiable et ne nécessite pas de remplacement ou d'ajout de matériel important dans le cas où l'on souhaiterait poursuivre l'expérimentation durant l'hiver 2019/2020.

Ressources DSM :

DSM/EC ~30h.j : Ludovic Bouilloud (ECGC) et Raphaël Legrand (Energie)

Le chiffrage des ressources consacrées en ETP pour cette activité sur l'année à venir :

	Thème principal	Thème secondaire
Personnel permanent	15 h.j (DSM)	15 h.j (DSM)
Personnel non permanent		
Total (personne*an)		

Budget ;

c) Les demandes de soutien à la DR

Type(s) de soutien : Soutien scientifique et technique

Le soutien demandé est i) technique pour la mise en place de l'expérimentation et son maintien en condition et ii) scientifique pour la compréhension des phénomènes physiques en jeux lors des périodes d'accumulation de neige ou de glace.

Cout RH :

CNRM/CEN ~20h.j : Yves Lejeune et Erwann Le Gac

Cout autre :

Prêt d'un PC pour suivre l'expérimentation (concentration et stockage des données des thermocouples et des webcams). Pour cela, il peut être envisagé un PC relativement ancien et prévu pour la réforme.

Autres aspects utiles à mentionner

Cette campagne de mesure est financée coté Météo-France par :

la DSM : coût RH ~30h.j

la D2C : Achat du matériel dont la webcam et les potences pour tenir les câbles.

la DSO : Fourniture de matériels pour le dispositif de mesure (concentration, cablage, etc.)

la DCT : Fourniture de câble d'alimentation et câble réseau

le CNRM : Cout RH ~20h.j

Cette campagne de mesure fait également intervenir des industriels privés :

La SNCF et RTE participent également à cette campagne au travers du don d'une section de câble chacun (SNCF : caténaire de 1,5cm de diamètre ; RTE : Câble moyenne tension de 3cm de diamètre). ENEDIS pourrait également rejoindre l'expérience (en attente de réponse de leur part après un accord de principe).

Publications

Bouilloud, Legrand and Martinoni, 2018 : La prévision probabiliste des phénomènes hivernaux impactant les réseaux aériens. Mines, Revue des ingénieurs #495, Janvier/Février 2018.

Bouilloud L., Legrand R., Vionnet. V, Lac C., 2017. Forecasting of winter phenomena impacting the energy sector, 4th International Conference Energy & Meteorology, 27-29 juin 2017, Bari (Italie).

Keita, 2018 : Développement d'un modèle simplifié de transfert d'énergie entre un solide et l'atmosphère. Stage M2 soutenue à l'Université de Reims, Champagne-Ardennes. Coencadrement, Ludovic Bouilloud, Raphaël Legrand et Julie Capo.

Dispersion atmosphérique

Nom de l'équipe : DSM/EC/ENV

Responsable de la fiche : Gaëlle Collin

Missions de l'équipe :

Au sein du département Etudes & Conseil de la direction des Services Météorologiques, la division Environnement et Santé a pour rôle, dans les domaines de la qualité de l'air, des urgences environnementales et de la santé, d'assurer la coordination technique nationale des activités de Météo-France et de réaliser ou faire réaliser les développements de méthodes, de produits ou de services ainsi que les études spécifiques au domaine. Elle organise le dialogue avec les correspondants internes et externes de Météo-France et assure le transfert d'expertise nécessaire.

En particulier elle a la charge des outils opérationnels utilisés pour suivre la dispersion atmosphérique (utilisation notamment pour le VAAC, CMRS, CTBTO ,,,)

Thème(s) concerné(s) : *9- Environnement atmosphérique et météo urbaine.*

Description générale de l'activité de recherche

Inséré dans les plans d'assistance internationaux de l'OMM, de l'AIEA, de l'OTICE et de l'OACI, ainsi que dans l'organisation nationale de crise, Météo-France apporte son expertise dans le processus d'évaluation de l'impact d'un accident pouvant entraîner un rejet de polluants dans l'atmosphère ou dans le processus de suivi des cendres volcaniques émises suite à une éruption.

Météo-France peut également intervenir dans le processus de détermination de l'origine d'une pollution détectée par exemple dans le cadre du CTBTO par l'utilisation du code de rétro-diffusion, ou par l'utilisation du code de rétro-trajectographie pour d'autres besoins opérationnels ou à des fins d'études.

Cette fiche concerne plus particulièrement la chaîne opérationnelle MOCAGE « Accident » et la chaîne opérationnelle PERLE :

Chaîne opérationnelle MOCAGE « Accident » (dispersion longue distance)

A l'échelle globale, dans le cadre de ses responsabilités de CMRS (Centre Météorologique Régional Spécialisé), de VAAC (en anglais Volcanic Ash Advisory Centers, ou Centre Consultatif sur les Cendres Volcaniques) et au sein du CTBTO (en anglais Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization, ou Organisation du Traité d'interdiction complète des essais nucléaires), Météo-France dispose de MOCAGE « Accident », une version spécifique du modèle de chimie-transport MOCAGE dédiée au transport et à la dispersion, aux échelles régionale à globale, de gaz ou aérosols chimiquement passifs émis à partir de sources ponctuelles. Utilisé en mode inverse, MOCAGE Accident permet de simuler des rétro-panaches apportant des informations spatio-temporelles sur l'origine d'une pollution détectée (back-tracking) dans le cadre du CTBTO.

Chaîne opérationnelle PERLE (dispersion courte distance)

Le système PERLE (pour Programme d'Evaluation des Rejets Locaux d'Effluents) est l'outil utilisé pour simuler le rejet accidentel et le transport/dispersion de polluants nucléaires ou chimiques à courte distance (échelle départementale à régionale), répondant ainsi principalement au besoin d'appui dans un cadre

national. La maintenance et les évolutions du système, opérationnel depuis début 2006, constituent une action de fond de DSM/EC/ENV.

PERLE est actuellement basé sur le forçage d'un modèle lagrangien de dispersion (LPDM, code « freeware » développé à l'Université du Colorado) par un modèle météorologique à méso-échelle. Trois modèles météorologiques sont proposés au prévisionniste lors de la gestion d'une urgence environnementale, correspondant à 3 filières opérationnelles PERLE :

- IFS/Méso-NH/LPDM : système activable sur l'ensemble du globe. Les fichiers de couplage sont calculés au CEPMMT sur un domaine spatial limité au strict minimum afin de minimiser les volumes à rapatrier à Météo-France. Une simulation Méso-NH est alors lancée sur le calculateur du Centre de Calcul de Météo-France (en utilisant 1 grille à résolution 2 km , centrée sur le point de rejet) afin d'alimenter le modèle de dispersion LPDM.
- ARPEGE/Méso-NH/LPDM : activable sur le globe mais privilégiée sur les régions où ARPEGE dispose de la plus forte résolution horizontale. Les champs météorologiques de grande échelle sont directement issus des fichiers historiques de la prévision ARPEGE.
- AROME/LPDM : activable sur le domaine de calcul de AROME France. Les champs météorologiques nécessaires au forçage de LPDM sont extraits des fichiers historiques du modèle opérationnel AROME (à 1,3 km de résolution).

Plusieurs formats de mise à disposition des sorties de LPDM sont proposés (au format image « png », au format vectoriel « kmz » ...)

a) Bilan année passée

Chaîne opérationnelle MOCAGE « Accident » (dispersion longue distance)

En 2018, les travaux visant à la finalisation de l'augmentation de MOCAGE Accident ont abouti : passage à 0,1° (forçage ARPEGE) ou 0,125° (forçage IFS°) sur une zone de 40°*40° autour de la source. Les post-traitement notamment ont été validés et passés opérationnels.

Par ailleurs, 2017 a été marquée par les développements pour mettre en place la chaîne permettant à Météo-France de tenir son nouveau rôle de CMRS Non nucléaire.

ENV a été impliqué dans un exercice d'intercomparaison des sorties de modèles de dispersion organisé par l'IRSN sur le cas de l'épisode de détection de Ruthénium 106 en Europe fin 2017.

Enfin, DSM/EC/ENV a été très impliqué par la contribution à différents exercices nationaux et internationaux.

Le chiffrage des ressources consacrées en ETP pour cette activité sur l'année passée :

	Thème principal	Thème secondaire
Personnel permanent	1 ETP ENV	
Personnel non permanent		
Total (personne*an)	1 ETP ENV	

Budget ; autres.

Chaîne opérationnelle PERLE (dispersion courte distance)

En 2018, des développements de sécurisation du code LDPM ont été menés à bien, dans l'attente de son remplacement définitif par FLEXPART. D'autre part, en collaboration avec le LACY, l'investigation des fonctionnalités de FLEXPART s'est poursuivie. Au final, une version flexpart-mto avec un code répondant à des exigences opérationnelles de robustesse et de maintenance est mis à disposition au sein de l'équipe.

Mise en œuvre d'une configuration OLIVE/VORTEX de FullPos externe AROME OM ou FRANCE pour la production de données d'entrée de FLEXPART (grille horizontale régulière, niveaux proches de ceux du modèle). C'est la brique de base d'une future configuration AROME/FLEXPART opérationnelle.

Le chiffrage des ressources consacrées en ETP pour cette activité sur l'année passée :

	Thème principal	Thème secondaire
Personnel permanent	1 ETP ENV	
Personnel non permanent		
Total (personne*an)	1 ETP ENV	

Budget ; autres.

b) Objectifs année à venir

Chaîne opérationnelle MOCAGE « Accident » (dispersion longue distance)

Résumé :

- Révision des pos-traitements MOCAGE Accident (nettoyage des posts-traitements actuels inclus dans le code MOCAGE (CONSIG, CONPRE), mutualisation des post-traitements de création de GRIB2 et de tracés entre MOCAGE, PERLE actuel et FLEXPART)
- Passage à Vortex de MOCAGE Accident (pour faciliter le passage oper)
- Poursuite des actions liée à la mise en place des produits demandés dans le cadre de nos responsabilités internationales,(CMRS non nucléaire), dont exercice spécifique
- Contribution à des exercices internationaux et nationaux, dont VOLCEX organisé en 2019 par la France
- Travail sur le terme source (faisabilité de la prise en compte d'un terme source surfacique, prise en compte du module d'émissions FPLUME)
- Travail sur la prise en compte de la chaîne d'assimilation en double (cf fiche interface Cendres Volcaniques)
- Suite de l'exercice d'intercomparaison (notamment avec MOCAGE & FLEXPART) sur l'épisode de Ru

Le chiffrage des ressources consacrées en ETP pour cette activité sur l'année à venir :

	Thème principal	Thème secondaire
Personnel permanent	1 ETP DSM	
Personnel non permanent		
Total (personne*an)	1 ETP DSM	

Budget ; autres.

Chaîne opérationnelle PERLE (dispersion courte distance)

Mise en place d'une configuration opérationnelle PERLE AROME/FLEXPART sur les domaines OM et FRANCE au premier semestre (premier trimestre si possible).

Montée de version Meso-NH pour les filières PERLE/IFS et PERLE/ARPEGE.

Poursuite de l'intercomparaison IRSN Ru106 (premier trimestre probablement).

	Thème principal	Thème secondaire
Personnel permanent	1 ETP ENV	
Personnel non permanent		
Total (personne*an)	1 ETP ENV	

c) Les demandes de soutien à la DR

Type(s) de soutien : Préciser le ou les types de soutien demandés (financier ; scientifique ; technique ; autre)

→ support de COMETS/Plasma pour les montées de niveau éventuelles Mocage Accident et garantir un compatibilité de cette filière avec les montées de niveau du code Mocage

→ collaboration avec le LACY pour le travail sur FLEXPART

Autres aspects utiles à mentionner

Publications

DIRAG

Régionalisation du changement climatique aux Antilles Guyane (AG2C)

Nom de l'équipe : DIRAG/EC-MPF

Missions de l'équipe : Réalisation d'études dans le cadre d'un programme d'actions DIRAG 2017-2021 et pour répondre aux nombreuses sollicitations des territoires dans des cadres institutionnels ou commerciaux. Sur le volet études et dans le cadre de partenariat l'équipe est amenée à mobiliser de la ressource externe pour dynamiser certaines actions et augmenter son niveau de compétence ceci en collaboration technique et scientifique des services centraux (CNRM, DIROP, DSM ..). Cette stratégie régionale indispensable permet à Météo-France DIRAG, en sus de sa mission de sécurité des personnes et des biens dans les territoires français, de figurer d'une part comme acteurs scientifiques de référence (notamment dans le domaine du climat) face à des organismes scientifiques qui ont des délégations présentes sur chaque territoire (BRGM, Universités, ...), puis d'autre part de se donner une capacité technique d'échange et de collaboration avec l'environnement international proche (Caraïbes, Amérique)

Thème(s) concerné(s) (à choisir parmi les 12 thèmes de la comptabilité analytique, si nécessaire deux thèmes peuvent être mentionnés)

*Les 12 thèmes de la comptabilité analytique sont les suivants : 1- Etude Cyclogenèse et de leur prévisibilité, 2- Etude des phénomènes météorologiques de méso-échelle, 3- Prévision numérique synoptique, 4- Prévision numérique de méso-échelle, 5- **Etude climat et changement climatique**, 6- Prévision saisonnière, 7- Hydrométéorologie, 8- Océanographie (Modélisation et instrumentation) , 9- Environnement atmosphérique et météo urbaine, 10- Etude du manteau neigeux des avalanches, 11- Instrumentation aéroportée, 12- Instrumentation in situ – télédétection, NA – Non affectés à un thème particulier.*

Description générale de l'activité de recherche

Le besoin de disposer des projections régionalisées est exprimé par différents organismes de recherche dans le cadre d'études d'impact. La meilleure connaissance territoriale du changement climatique par les décideurs et usagers est attendue de Météo-France DIRAG dans l'ensemble des territoires français de la DIRAG, territoires connus pour leurs diverses vulnérabilités (cyclones, pluies extrêmes, submersion marine...). Les collaborations scientifiques sur le changement climatique et ses impacts sont l'objet d'une prospection continue.

Sur les Antilles, après les travaux de descente d'échelle réalisés par Philippe Cantet (2014), il y a un besoin de travailler sur la période de projections plus récente 2030-2080, développer la connaissance climatique inter-île notamment afin de préciser les projections (récupération des données homogénéisées Dominique, Ste Lucie).

L'exploitation des données projetées et la valorisation des résultats reste donc à poursuivre sur les territoires de Guadeloupe et Martinique :

- Travail sur les précipitations extrêmes et les indices climatiques
- Travail sur les cyclones à l'échelle du domaine d'étude

Aux Antilles une publication des travaux de Philippe Cantet a été produite en 2014 : Lien : <http://www.tellusa.net/index.php/tellusa/article/view/24065>

En Guyane, Il existe un besoin de produire des études d'impact à des résolutions plus fine que celle d'ARPEGE Climat. Un rapport mettant à jour des rapports 2012 et 2013 en Guyane a été produit en 2015

Lien : http://diragene-virt.dirag.meteo.fr/wordpress/Nos_rapports/2015/Changement_Climatique/Rapport_%20Projections_RCP%20Guyane_102015.pdf

La question plus générale de la faisabilité technique d'une descente d'échelle dynamique sur la Guyane se pose également car ALADIN-CLIMAT pour la Guyane n'avait pas été envisagé dans ses versions précédentes par le CNRM.

Le projet C3AF (Changement climatique et conséquences aux Antilles françaises) sur PO 2014-2020 FEDER Guadeloupe, projet coordonné par l'Université des Antilles avec l'implication du BRGM notamment et l'UMR GRED de l'Université de Montpellier est entré en vigueur en septembre 2016

Dans le workpackage 1 du projet Météo-France DIRAG en collaboration de l'Université des Antilles se propose en effet d'approfondir la connaissance de l'évolution des aléas :

- 1) Analyse des évolutions des températures, précipitations, des effets saisonniers et pluies extrêmes
- 2) Modélisation de l'activité cyclonique sur le bassin Atlantique au cours du XXIème siècle
- 3) Modélisation maille fine des zones d'intérêt sur la Guadeloupe (UA)
- 4) Modélisation des états de mer par forçage atmosphérique

Ce projet se réalise en interne en collaboration du CNRM (F. Chauvin), Alice Dalphinnet (DIROP/MAR) et l'équipe étude DIRAG, et sollicite la mobilisation de ressources externes (2 fois 24 mois chercheur en CDD sur 3 ans).

Un post doc (Romain Pilon) sur le volet dynamique des cyclones dans le contexte du changement climatique a été à poste du 1^{er} septembre 2016 au 31 janvier 2018.

Un post doc (Ali Bel Madani) sur le volet état de mer a exercé du 1er décembre 2016 au 30 décembre 2017. Il a été maintenant recruté à MF/DIRAG comme ingénieur d'études Climat (CDD).

Deux nouveaux post doc sont maintenant à poste pour travailler sur les projections climatiques et le climat régional (descente d'échelle dynamique et statistique) et de poursuivre les travaux sur le changement climatique et les états de mer. Il s'agit de Pierre-Christian Dutrieux du 1er juin 2018 au 30 avril 2019 et de Philippe Cantet du 1er novembre 2018 au 30 mai 2019.

a) Bilan année passée

Mobilisation et encadrement post doc collaborant avec F. Chauvin sur la nouvelle version stretchée d'ARPEGE Climat sur la zone Antilles (Présent : 1970-2014, futur 2020-2080, scénario RCP 8.5) sur la

période 2016-2017. Exploitation des simulations ARPEGE-Climat sur le bassin cyclonique Atlantique, afin de détecter d'éventuels changements de fréquence, d'intensité et travailler sur la distribution géographique des phénomènes cycloniques.

Les données :

Concernant la période historique (2 jeux de simulations) :

- SST observées mensuelles : « ARPEGE H » ;
- SST de CMIP 5 avec correction quantile-quantile vers les observations : « ARPEGE H mSST »

Concernant la période future 2020-2080, une simulation d'ensemble (5 membres) SST de CMIP5 et anomalies du changement climatique : « ARPEGE F »

Mobilisation et encadrement post doc travaillant sur les états de mer aux Antilles en lien avec les forçages atmosphériques fournis. Réalisation des simulations MFWAM (50 kms-10 kms) et WW3 (200m) en mode étude.

Présentation du projet aux rencontres R&D 2017 puis des premiers résultats à l'AGU (Nouvelles Orléans – décembre 2017).

Le chiffrage des ressources consacrées en ETP pour cette activité sur l'année passée :

	Thème principal	Thème secondaire
Personnel permanent	P. Palany : 3,4 mois N. Morié : 1,7 mois A. Dalphinnet : 0,4 mois F. Chauvin : 1,7 mois C. Montout : 0,8 mois	
Personnel non permanent	Non permanent : R. Pilon : 12mois A. bel Madani : 12 mois	
Total (personne*an)	2,6 h*an	

Budget FEDER consommé :

Non permanent : 146 k€

Déplacements : 9 k€

Bilan ETP 2018 (en cours) :

Permanent MF

P. Palany : 2 mois

N. Morié : 1 mois

F. Chauvin : 1,7 mois

C. Montout : 0,8 mois

A. Bel Madani : 2,1 mois

Non permanent :

R. Pilon : 1 mois

P-C Dutrieux: 7 mois

P-Cantet : 2 mois

Budget FEDER consommé :

Non permanent : 61 k€

Déplacements : 4,5 k€

b) Objectifs année à venir

Finaliser les travaux, fournir les données nécessaires au WP5 du projet en charge de la valorisation et communication des résultats (géo-indicateurs de risques), participation aux séminaires scientifiques régionaux (Antilles françaises) et internationaux (Amérique, Europe). Publier les résultats.

La liste des ressources consacrées : liste des personnels impliqués en personnel permanent Météo-France et en personnel non permanent avec chiffrage des ETP prévus sur l'année à venir pour cette activité ; budget ; autres.

Le chiffrage des ressources consacrées en ETP pour cette activité sur l'année à venir :

	Thème principal	Thème secondaire
Personnel permanent	P. Palany : 2 mois N. Morié : 0,8 mois F. Chauvin : 1,7 mois C. Montout : 0,8 mois B. Madani : 2,3 mois	
Personnel non permanent	P-C Dutrieux : 4 mois P. Cantet : 5 mois	
Total (personne*an)	1,45 h*an	

Budget FEDER consommé :

Non permanent : 67 k€

Déplacements : 4,5 k€

c) Les demandes de soutien au CNRM

Financements : stages, missions... ; interaction avec des équipes de recherche : séminaire, expertise, participation à des GT...

2018 :

Mission AMS ou AGU en 2019 pour un chercheur (demande appui CNRM) : 2900 euros

Autres aspects utiles à mentionner

Le financement FEDER ne prend pas en charge les missions internationales dans un cadre recherche des organismes scientifiques.

Publications

Les publications seront recensées d'après la typologie suivante : publications dans des revues à comité de lecture, publications dans d'autres revues, résumés longs d'intervention à des conférences, posters, rapports liés à des projets ou contrats, notes internes, rapports de stage, autres.

Rapport d'avancement produits dans le cadre du projet FEDER.

Nombre de publications dans des revues à comité de lecture visé en 2018/2019 : 2 (en cours)

Etude de l'état de mer aux Antilles Guyane (SEAAG)

Nom de l'équipe : DIRAG/EC-MPF

Missions de l'équipe : Réalisation d'études dans le cadre d'un programme d'actions DIRAG 2017-2021 et pour répondre aux nombreuses sollicitations des territoires dans des cadres institutionnels ou commerciaux. Sur le volet études et dans le cadre de partenariat l'équipe est amenée à mobiliser de la ressource externe pour dynamiser certaines actions et augmenter son niveau de compétence ceci en collaboration technique et scientifique des services centraux (CNRM, DIROP, DSM ..). Cette stratégie régionale indispensable permet à Météo-France DIRAG, en sus de sa mission de sécurité des personnes et des biens dans les territoires français, de figurer d'une part comme acteurs scientifiques de référence (notamment dans le domaine du climat) face à des organismes scientifiques qui ont des délégations présentes sur chaque territoire (BRGM, Universités, ...), puis d'autre part de se donner une capacité technique d'échange et de collaboration avec l'environnement international proche (Caraïbes, Amérique)

Thème(s) concerné(s) (à choisir parmi les 12 thèmes de la comptabilité analytique, si nécessaire deux thèmes peuvent être mentionnés)

*Les 12 thèmes de la comptabilité analytique sont les suivants : 1- Etude Cyclogenèse et de leur prévisibilité, 2- Etude des phénomènes météorologiques de méso-échelle, 3- Prévision numérique synoptique, 4- Prévision numérique de méso-échelle, 5- Etude climat et changement climatique, 6- Prévision saisonnière, 7- Hydrométéorologie, **8- Océanographie (Modélisation et instrumentation)**, 9- Environnement atmosphérique et météo urbaine, 10- Etude du manteau neigeux des avalanches, 11- Instrumentation aéroportée, 12- Instrumentation in situ – télédétection, NA – Non affectés à un thème particulier.*

Description générale de l'activité de recherche

La mise à jour des études sur la houle et surcote cyclonique aux Antilles (2002) a abouti en novembre 2017, alors que la saison cyclonique 2017 venait nous rappeler toute l'urgence du travail sur la submersion marine pour les îles des Antilles françaises (Impact d'IRMA sur le littoral de Saint Martin, MARIA sur les îles de Guadeloupe). Sur la Guyane il y a une fragilité dans l'exercice de prévision de la mer dangereuse à la côte. Il faut donc d'une part améliorer l'aide à la décision des prévisionnistes pour la gestion de la vigilance, d'autre part renforcer nos compétences et connaissances sur la dynamique côtière le long du littoral guyanais, notamment en terme de durée de retour du risque de submersion marine dans le cadre de collaboration régionale (existence d'un observatoire de la dynamique côtière).

Les moyens nécessaires à ces travaux ne sont pas entièrement disponibles à la DIRAG. La DIRAG collabore de plus en plus avec Dirop/Mar sur le volet R&D et est à la recherche régulière de partenaires pour pouvoir renforcer ses ressources afin de réaliser les actions d'études. La fiche R&D SEAAG a été mise en place afin de tracer les efforts DIRAG sur le sujet.

Un fort investissement a donc été mis en DIRAG depuis 2012 pour acquérir de la compétence technique sur la question des états de mer côtier avec l'appui de moyens externes et le renforcement de la coordination

avec Dirop/Mar. Des efforts ont aussi été accomplis pour consolider la méthodologie permettant la mise à jour des productions 2002, notamment d'une part la question de la reconstitution des vents cycloniques pour l'amélioration des forçages des modèles de surcote et d'état de mer, d'autre part l'amélioration de la robustesse du traitement statistique des données. Le rapport final a été fourni à la DEAL Martinique fin 2017 et une présentation des résultats a été effectuée début 2018. http://diragene-virt.dirag.meteo.fr/wordpress/Nos_rapports/2017/Mer/Rapport_final_MF_seastate_deal_112017.pdf

Le projet de recherche C3AF financé sur le FEDER (Région Guadeloupe) plus récent a permis de mobiliser également un chercheur en océanographie superficielle qui s'intéresse aux états de mer dans le contexte du changement climatique, avec une vision de l'évolution des forçages (dynamique des cyclones). Une capacité de rejoue de la chaîne opérationnelle MFWAM, MF/Shom WW3 à des fins d'études avec l'appui de Dirop/Mar a alors été mise en place.

Dans le cadre de convention de R&D partagés avec la DEAL de Guyane sur la connaissance de l'aléa côtier, de premiers résultats ont été obtenus pour l'évaluation des durée de retour des états de mer au large mais également une étude de sensibilité des états de mer (courantologie, bancs de vase).

Point à surveiller :

L'Université des Antilles (Laboratoire LARGE) a conforté en 2013 son avance sur le sujet de la submersion marine aux Antilles notamment grâce au projet Interreg Tsunahoule. L'Université des Antilles s'est positionné en Guadeloupe auprès des collectivités et institutionnels comme référent scientifique sur la question de la submersion marine. C'est le cas notamment pour la DEAL en Guadeloupe qui dans le cadre de la révision du PPRN a communiqué sur leurs travaux. Le projet C3AF (Conséquences du changement climatique aux Antilles françaises), projet en collaboration de l'Université des Antilles (LARGE), du BRGM, et de l'Université de Montpellier (GRED) répond à la stratégie de collaborer avec l'Université des Antilles en ayant plus d'interaction et compréhension sur leurs travaux. Cette collaboration a permis de renforcer les liens entre l'UA (Y. Krien) et Dirop/Mar mais également de mieux comprendre les choix techniques (SCHISM) et les méthodologies mises en œuvre en DIRAG.

a) Bilan année passée

Aux Antilles, dans le cadre de la reprise et finalisation des études pour la DEAL Martinique, Nicolas Morié a finalisé le travail sur les niveaux de retour d'état de mer lié au passage de cyclone dans nos zones littorales avec une introduction d'un wave set up avec SWAN 1D http://diragene-virt.dirag.meteo.fr/wordpress/Nos_rapports/2017/Mer/Rapport_final_MF_seastate_deal_112017.pdf

Ces efforts permettent en 2018 de travailler à la mise en place d'une production pour l'aide à la décision submersion pendant cette saison cyclonique 2018. 41 transects 1D mobilisés en Guadeloupe et Martinique permettant sur les réseaux d'échéances d'Hycom Oper et WW3 Oper de calculer avec le modèle XBEACH 1D un profil de hauteur d'eau moyenne pour chaque point identifié à la côte. Une présentation de ces travaux a été faite sous la forme d'un poster aux dernières rencontres R&D 2018.

Pour la Guyane (Projet SEAGUY), Robert Osinski a travaillé sur l'analyse des données de forçage et de réanalyse d'état de mer disponibles et l'analyse de sensibilité des modèles compte tenu des spécificités sur le littoral (bancs de vase, marée, ...). Ce travail d'étude a permis de réaliser un catalogue des événements sévères et le calcul des durées de retour de houle et d'état de mer associées en dehors de la zone côtière. Les effets de la courantologie sur les états de mer à la côte ont pu également être explorés. Un rapport intermédiaire a été produit :

http://diragene-virt.dirag.meteo.fr/wordpress/Nos_rapports/2018/Mer/Rapport_intermediaire_SEAGUY.pdf

Pour le projet C3AF (Changement climatique et conséquences aux Antilles françaises) , une première production de projections climatiques des états de mer a été réalisée avec le modèle MFWAM 0.5. Les résultats ont été présentés lors de l'AGU 2017 (Nouvelles Orléans) : A. Belmadani, P. Palany, A. Dalphinnet, R. Pilon, F. Chauvin (2017), Future Changes in Cyclonic Wave Climate in the North Atlantic, AGU Fall Meeting poster NH51A-0110.

En 2018, une descente d'échelle (WW3 200 m) a été réalisée. Elle est en cours d'exploitation.

Le chiffrage des ressources consacrées en ETP pour cette activité sur l'année passée :

	Thème principal	Thème secondaire
Personnel permanent	1 ETP (80 %) : N. Morié, 1 ETP (10%) : P. Palany	
Personnel non permanent	1 ETP (5 mois) sur projet d'études Guyane à compter du 1 ^{er} août 2017 : chercheur Robert Osinski. Financement DEAL Guyane. 1 ETP (12 mois) sur projet C3AF (état de mer et changement climatique) : chercheur Ali Bel Madani. Financement FEDER (Région Guadeloupe)	
Total (personne*an)	2,4 h*an	

Budget ; autres.

La liste des ressources consacrées (2018) :

Permanent : 1 ETP (80 %) : N. Morié, 1 ETP (10%) : P. Palany, 1 ETP (12%) : A. Bel Madani

Non permanent (post doc) :

1 ETP (3 mois) sur projet d'études Guyane : chercheur Robert Osinski. Financement DEAL Guyane. Ce contrat s'est interrompu à la demande du chercheur pour convenance personnelle. Un nouveau contrat est en cours de signature .

1 ETP (1 mois) sur projet C3AF (état de mer et changement climatique) : chercheur Pierre-Christian Dutrieux Financement FEDER (Région Guadeloupe) sous encadrement A. Bel Madani ayant intégré Météo-France.

b) Objectifs année à venir

Avancement de la connaissance des états de mer côtiers en Guyane, amélioration des produits d'aide à la décision submersion marine aux Antilles.

2019 :

Reprise et finalisation des travaux de R. Osinski dans la convention avec la DEAL de Guyane :

- Reprise en main des données de forçage et de la chaîne de modélisation des états de mer MFWAM/WW3 (200 m) pour application aux côtes guyanaises.
- Etude d'événements météo-marins récents, tests de sensibilité à la marée.
- Construction d'une approche empirique opérationnelle pour l'estimation des états de mer à la côte guyanaise basée sur la localisation des bancs de vase à l'aide de l'imagerie satellite (collaboration avec le CNRS)
- Analyse détaillée de la problématique des observations et des états de mer à la côte (observation humaine et réseau d'observateurs, autres moyens techniques disponibles).
- Réalisation de cartographie des états de mer, documentation des événements météo-marins et prise en compte des effets à la côte.

Sur les Antilles :

Etude d'événements météo-marins extrêmes afin de mieux qualifier les produits d'aide à la décision submersion marine développés.

Efforts sur l'introduction du probabilisme concernant la surcote, d'abord en se rapprochant des méthodes mises en œuvre par la NOAA et le NWS (Présentation de J. Rhome au dernier comité des ouragans) puis de la DIROI utilisant des cônes de trajectoires dynamiques basés sur les prévisions d'ensemble CEP ou PEARP.

Le modèle de surcote MF utilisé dans sa forme déterministe en complément d'HYCOM 2D offre une résolution de 200 m mais a certaines limites (grilles régulières, code non parallélisé) notamment quand on souhaite introduire des bathymétries de meilleure résolution. Le retour d'expérience sur le projet C3AF a permis de tester une version SCHISM (grille non-structurée + parallélisation MPI) sur domaine local (d'abord St Martin, St Barthélémy) pour appréhender la surcote totale. Les premiers résultats sont encourageants. Le modèle SCHISM sera utilisé pour tester des configurations probabilistes de surcote.

Autres :

Finalisation et valorisation des travaux du projet C3AF sur le changement climatique et les états de mer par analyse des sorties WW3 (200m). Etude également de l'évolution des houles de nord en dehors de la période cyclonique.

Le chiffrage des ressources consacrées en ETP pour cette activité sur l'année à venir :

	Thème principal	Thème secondaire
Personnel permanent	1 ETP (40 %) : N. Morié, 1 ETP (10%) : P. Palany, 1 ETP (12%) : A. Bel Madani	
Personnel non permanent	1 ETP (11 mois) sur projet d'études Guyane à compter du 1 ^{er} février 2019 : chercheur Robert Osinski. Financement DEAL Guyane. 1 ETP (7 mois) sur projet C3AF (climat régional, état de mer et changement climatique) : chercheur P-C Dutrieux. Financement FEDER (Région Guadeloupe)	
Total (personne*an)	2,5 h*an	

c) Les demandes de soutien au CNRM

Financements :

Projet SEAGUY :

Appui (selon thématique) pour la participation du chercheur aux rencontres R&D 2019 (1200 euros)

Projet C3AF : besoin exprimé par ailleurs (fiche AG2C)

Autres aspects utiles à mentionner

Publications

Les publications seront recensées d'après la typologie suivante : publications dans des revues à comité de lecture, publications dans d'autres revues, résumés longs d'intervention à des conférences, posters, rapports liés à des projets ou contrats, notes internes, rapports de stage, autres.

Projet SEAGUY :

Rapports d'avancement projet : un rapport intermédiaire (février 2018), rapport intermédiaire et final (2019)

Note technique sur les travaux sur le probabilisme et les états de mer. Lien avec le projet TIREX.

Publication (au moins 1) commencé en 2018, à finaliser en 2019 dans des revues à comité de lecture dans le cadre du projet C3AF.

DIROI

Régionalisation du changement climatique sur le Sud-Ouest de l'Océan Indien

Nom de l'équipe : DIROI/EC

Responsable de la fiche : Marie-Dominique LEROUX

Missions de l'équipe : Bureau d'études, climatologie

Thème(s) concerné(s) : (à choisir parmi les 12 thèmes de la comptabilité analytique, si nécessaire deux thèmes peuvent être mentionnés). *Les 12 thèmes de la comptabilité analytique sont les suivants : 1- Étude Cyclogenèse (et cyclones) et de leur prévisibilité (dont prévision d'ensemble) ; 2- Étude des phénomènes météorologiques de méso-échelle, 3- Prévision numérique synoptique, 4- Prévision numérique de méso-échelle, 5- Étude climat et changement climatique, 6- Prévision saisonnière, 7- Hydrométéorologie et Agrométéorologie, 8- Océanographie (Modélisation et instrumentation), 9- Environnement atmosphérique et météo urbaine, 10- Étude du manteau neigeux des avalanches, 11- Instrumentation aéroportée, 12- Instrumentation in situ – télédétection, NA – Non affectés à un thème particulier.*

Étude climat et changement climatique (5)

Description générale de l'activité de recherche

a) Bilan année passée

- Prise de poste de Marie-Dominique Leroux au bureau d'études en décembre 2017
- Formation de Marie-Dominique Leroux au CNRM (équipe MOSCA, Samuel Somot) sur la mise en œuvre du modèle ALADIN-climat (février 2018, 2 semaines)
- Réflexion sur le domaine de simulation à mettre en œuvre pour couvrir un maximum de territoires et de thématiques (permettant de répondre en parallèle aux divers objectifs de la DIROI).
- Simulations tests avec ALADIN-climat sur une période historique avec Era-Interim comme modèle coupleur (1^{er} semestre 2018) : Echec du modèle à simuler des cyclones quelque soit la taille du domaine
- Simulations tests sur une période historique en forçant le modèle par un run ArpegeV6-T359 uniforme (50 km) de Fabrice Chauvin (1^{er} semestre 2018) : bonne climatologie du modèle en terme de cyclones et de précipitations. Le domaine finalement retenu couvre environ 30° de latitude par 40° de longitude pour une résolution de 12 km.
- une simulation test sur une période historique en forçant le modèle par un run ArpegeV6-T127 uniforme de Pierre Nabat (en cours, septembre 2018) pour le même domaine. Coupler avec un modèle à cette résolution ouvrirait des portes pour réaliser un jeu de simulations ALADIN couplées à un ensemble de simulations CMIP6.
- Positionnement de DIROI/EC comme partenaire technique du projet de simulations climatiques haute résolution sur l'océan Indien financé par le programme Adapt'Action de l'AFD : montage du projet et de la convention COI-Météo-France. Premier comité de pilotage le 21 septembre 2018 :Présentation de la configuration du modèle retenue (domaine, relief sur les îles, etc.), des premiers résultats sur les années de test historiques (comparaison des précipitations modèle sur le bassin et sur La Réunion avec la climatologie) et des perspectives.

La liste des ressources consacrées : liste des personnels impliqués en personnel permanent Météo-France et en personnel non permanent

Marie-Dominique LEROUX, François BONNARDOT

Le chiffrage des ressources consacrées en ETP pour cette activité sur l'année passée :

	Thème principal	Thème secondaire
Personnel permanent	9 homme*mois	
Personnel non permanent		
Total (personne*an)	0,75 personne*an	

Budget ; autres.

b) Objectifs année à venir

Résumé : Rédiger une synthèse de l'activité de recherche pour l'année à venir, en 3 lignes maximum.

Les simulations climatiques à haute résolution avec ALDIN-CLIMAT v6 sur le sud-ouest de l'océan Indien seront poursuivies en 2019 : simulations historiques et projections avec un ou plusieurs scénarios et un ou plusieurs modèles coupleurs issus de CMIP6.

Texte libre décrivant les objectifs de l'année à venir.

Pour 2019, il a été décidé, en accord avec le CNRM :

- la mise en œuvre des simulations ALADIN-Climat sur le domaine identifié en utilisant comme modèle coupleur :

- ArpegeV6-T127 uniforme ou, si cette configuration n'est pas pertinente pour la simulation du climat sur notre bassin (saut de résolution trop important),
- ArpegeV6-T359 uniforme forcé par des SST provenant de CNRM-CM5 et débiaisées : une simulation sur la période historique et une simulation de projection sur au moins 50 ans.

- une réflexion sur le ou les futurs modèles coupleurs (issu des modélisations CMIP6) et sur les scénarios climatiques.

- une réflexion sur la possibilité à plus long terme de mettre en œuvre des simulations régionales à plus haute résolution avec AROME-climat

DIROI/EC contribuera aussi au volet C3 du programme RenovRisk-Cyclone (pilote par le LACy) via ces simulations.

La liste des ressources consacrées : liste des personnels impliqués en personnel permanent Météo-France et en personnel non permanent

Marie-Dominique LEROUX, François BONNARDOT

Le chiffrage des ressources consacrées en ETP pour cette activité sur l'année à venir :

	Thème principal	Thème secondaire
Personnel permanent	8 homme*mois	
Personnel non permanent		
Total (personne*an)	0,67 personne*an	

Budget ; autres.

c) Les demandes de soutien à la DR

Type(s) de soutien : Préciser le ou les types de soutien demandés (financier ; scientifique ; technique ; autre)

Financements : stages, missions... ; interaction avec des équipes de recherche : séminaire, expertise, participation à des GT...

- **soutien technique et scientifique** : support à distance de GMGEC pour la réalisation des simulations régionales avec différents scénarios du GIEC et divers modèles coupleurs issus de CMIP6.

- **soutien technique** : restarts des simulations (historique et projection) du modèle ArpegeV6-T359 uniforme forcé par des SST provenant de CNRM-CM5 et débiaisées (Fabrice Chauvin) ou du modèle ArpegeV6-T127 (Pierre Nabat) selon la configuration qui sera retenue fin 2018.

- **soutien financier, technique et scientifique** : 1 séjour au CNRM/MOSCA (1 semaine) sur ALADIN-climat avant ou après la formation changement climatique (1 semaine) en mars 2019 (1 billet d'avion entre La Réunion et Toulouse : 1000 euros)

Autres aspects utiles à mentionner

Publications

Les publications seront recensées d'après la typologie suivante : publications dans des revues à comité de lecture, publications dans d'autres revues, résumés longs d'intervention à des conférences, posters, rapports liés à des projets ou contrats, notes internes, rapports de stage, autres.

Note interne : Compte-rendu de mission du 1^{er} comité de pilotage du projet de simulations climatiques haute résolution sur l'océan Indien financé par le programme Adapt'Action de l'AFD (septembre 2018).

DSO/CMR

Exploitation de la polarimétrie radar en bande S, C et X

Nom de l'équipe : DSO/CMR/DEP

Responsable de la fiche : Nicolas Gaussiat

Missions de l'équipe :

Au sein du Centre de Météorologie Radar (CMR), la division CMR/DEP mène une veille scientifique et technologique et développe une offre en nouveaux produits opérationnels, valorise son activité de R&D au travers de publications scientifiques, de participations à des conférences et, le cas échéant, de dépôts de brevets.

Thème(s) concerné(s) : *12- Instrumentation in situ – télédétection*

Description générale de l'activité de recherche

a) Bilan année passée

1) Exploitation de la polarimétrie pour l'amélioration de la qualité des lames d'eau (Nan Yu):

Le développement de la nouvelle chaîne polarimétrique V2+ est terminé. Cette version apporte des améliorations techniques pour le calcul du Phidp0 et le dépliement de la phase. Le KDP est désormais utilisé pour estimer la lame d'eau. Une évaluation a été faite pour comparer la qualité du produit de cette nouvelle chaîne avec celles de la chaîne opérationnelle. Les résultats de l'évaluation confirment que la V2+ permet de mieux estimer le taux de précipitation sur dans les situations convectives extrêmes, notamment en présence de précipitations intenses et de grêle. Une nouvelle version de SERVAL (SERVAL 1.2) qui porte cette évolution est en mode intégration depuis le 20 septembre 2018 et la procédure de COMOD est en cours pour une mise en opérationnel en décembre 2018.

Un nouvel algorithme de filtrage de Phidp et de l'estimation adaptative de KDP a été présenté à la conférence européenne sur le radar en météorologie et hydrologie (ERAD 2018). Les résultats sont encourageants. Cet algorithme permet de mieux filtrer les perturbations de Phidp liées aux effets du NBF (non uniforme beam filling) et au thêta (backscattering). Le nouvel algorithme a aussi été testé par les collègues de l'Institut des géosciences de l'environnement (IGE). Leurs retours montrent le bénéfice de cet algorithme en région montagneuse.

L'étude sur la couche de fusion a bien avancé par la collaboration avec IGE. Les observations grenobloises confirment le renforcement de l'atténuation dans la couche de fusion avec peu de rotation de phase.

Le papier sur l'exploitation opérationnelle des radars bande X en montagne a été accepté par le journal de Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society en avril 2018.

Une version spéciale du SERVAL pour simuler les impacts d'un changement de radar sur la mosaïque a été proposé. Avec elle, une étude sur le changement de fréquence du radar de Bollène (S->C) a été réalisée.

2) Exploitation de la polarimétrie pour l'amélioration du typage des hydrométéores (Clotilde Augros) :

Une étude d'intercomparaison des données polarimétriques du radar bande X de Moucherotte ainsi que du radar X-Port de l'IGE (Grenoble) a été réalisée, avec pour objectif d'étudier le potentiel des données polarimétriques pour comprendre les processus microphysiques affectant les hydrométéores glacés. Pour cela la technique des QVP (« Quasi Vertical Profiles ») a été appliquée : les données brutes ont été moyennées sur tous les azimuts (pour X-Port) et dans un secteur de 20° en direction d'X-Port pour Moucherotte, puis affichées en fonction de l'altitude et du temps. Cette étude a permis de mettre en évidence des structures très particulières en altitude : bandes de Zdr et ou de Kdp attribuées aux processus

de croissance des cristaux (aggrégation ou déposition), et qui semblent précéder l'intensification des précipitations au sol. Une présentation des cas étudiés a été faite lors de la conférence ERAD 2018. Un rapport synthétisant l'ensemble des cas étudiés sera rédigé d'ici la fin d'année.

Les données du MRR de l'IGE (vitesse et réflectivité à la verticale du radar) ont également été étudiées mais n'ont pas pu être pleinement exploitées parce qu'elles ne semblaient pas suffisamment fiables (au moment de l'étude, l'IGE n'avait pas acquis suffisamment d'expertise pour qu'elles puissent être exploitables et servir de référence). L'objectif était de vérifier si les signatures des variables polarimétriques en conditions givrantes observées avec le radar de Plabennec (et les données in-situ AIRBUS) étaient visibles aussi sur un radar bande X en zone de montagne.

D'autre part, une présentation de travail sur le givrage réalisé en 2017 a été faite au workshop givrage de l'ONERA-IMFT (juin 2018). La participation à cette réunion a permis de discuter avec AIRBUS Helicopter et a abouti à la signature d'une convention permettant la fourniture des données in-situ AIRBUS à Météo France, lors des prochaines campagnes (neige et givrage). Ces données pourront être utilisées à l'avenir pour l'évaluation du typage des hydrométéores.

3) Exploitation de la polarimétrie pour la caractérisation des processus microphysiques dans les orages sévères

Un projet de modélisation sur le cas de la tornade de Gerbépal a été co-encadré par Clotilde Augros. Les élèves ont en particulier pu mettre en évidence sur les images radar des signatures caractéristiques des supercellules (colonnes de Zdr, arc de Zdr, anneaux de RhoHV et Zdr). Ce travail a été en partie poursuivi avec le co-encadrement du stage de Maximilien Montangon, qui a développé un algorithme (simple) de détection des colonnes de Zdr (qui traduisent les zones de fortes ascendances au sein des orages) et montré une assez bonne corrélation avec les détection de grêle par l'algorithme de typage des hydrométéores.

4) Utilisation de simulations AROME pour la détermination d'une correction PVR à haute résolution (Tony Le Bastard) :

Poursuite du travail de thèse sur l'exploitation des profils verticaux de précipitation simulés par AROME pour produire une correction PVR spécifique à chaque pixel radar. Les premiers résultats sur un cas stratiforme en plaine montrent un apport significatif sur l'estimation de la lame d'eau, particulièrement à distance du radar. Les zones de virgas (précipitations n'atteignant pas le sol) en amont du front sont mieux appréhendées. La réduction du RMSE sur l'estimation des cumuls horaires au niveau des pluviomètres avoisinent 10%. L'apport est d'autant plus significatif dans les zones où l'isotherme zéro degré avait mal été estimé par la méthode opérationnelle.

Ces travaux ont été présentés en juillet à la conférence radar européenne (ERAD). Un article est en cours de rédaction.

La liste des ressources consacrées : liste des personnels impliqués en personnel permanent Météo-France et en personnel non permanent

Le chiffrage des ressources consacrées en ETP pour cette activité sur l'année passée :

	Thème principal	Thème secondaire
Personnel permanent	2.1 ETP	
Personnel non permanent	1 ETP	
Total (personne*an)	3,1 ETP (dont thèse)	

Budget ; autres.

b) Objectifs année à venir

Résumé : Rédiger une synthèse de l'activité de recherche pour l'année à venir, en 3 lignes maximum.

Test de la relation d'auto-consistent sur les données de La Réunion, optimisation des relations KDP-R, Zh-R pour les régions tropicales et rédaction d'un papier sur la chaîne polarimétrique V3 (Nan Yu). Article sur la correction PVR à haute résolution soumis d'ici fin 2018 et étude étendue à d'autres cas de plaine et de montagne.

La liste des ressources consacrées : liste des personnels impliqués en personnel permanent Météo-France et en personnel non permanent

Le chiffrage des ressources consacrées en ETP pour cette activité sur l'année à venir :

	Thème principal	Thème secondaire
Personnel permanent	1,1	
Personnel non permanent	1	
Total (personne*an)	2,1 ETP (dont thèse)	

c) Les demandes de soutien à la DR

Type(s) de soutien : Un soutien financier de 1500 € pour que les travaux menés sur ces sujets puissent être présentés à la conférence radar 2019 de l'AMS au Japon.

<https://www.ametsoc.org/index.cfm/ams/meetings-events/ams-meetings/39th-international-conference-on-radar-meteorology/>

Autres aspects utiles à mentionner

Publications :

Publications dans des revues à comité de lecture :

Yu, N., N. Gaussiat and P. Tabary, 2018, Polarimetric X-band weather radars for quantitative precipitation estimation in mountainous regions. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society (Accepted)

Augros, C. , Caumont, O. , Ducrocq, V. and Gaussiat, N. (2018), Assimilation of radar dual-polarization observations in AROME model. Q.J.R. Meteorol. Soc. Accepted Author Manuscript. . doi:[10.1002/qj.3269](https://doi.org/10.1002/qj.3269)

Conférences :

Augros, C., Yu, N., Gaussiat, N. « CHARACTERIZATION OF THE VERTICAL PROFILES OF DUAL-POLARIZATION RADAR OBSERVATIONS IN AND ABOVE THE BRIGHT BAND AT S, C AND X-BANDS » ERAD-2018-Wageningen

Le Bastard, T., Caumont, O., Gaussiat, N., Karbou F. « ON THE USE OF NWP MODEL OUTPUTS TO PRODUCE RADAR VPR CORRECTIONS » ERAD-2018-Wageningen

Yu, N. and N. Gaussiat. « QUANTIFICATION OF MEASUREMENT ERROR OF POLARIMETRIC X-BAND RADARS IN MOUNTAINOUS REGIONS » ERAD-2018-Wageningen

Yu, N. and N. Gaussiat. « A MONOTONIC ALGORITHM FOR ESTIMATION OF THE SPECIFIC DIFFERENTIAL PHASE
» ERAD-2018-Wageningen

Rapports :

Évaluation de l'impact opérationnel du choix de la bande S ou C pour le futur radar de Bollène, 03/2018

Développement et validation de la nouvelle chaîne des traitements polarimétriques V2+, 08/2018

Traitement des données I & Q

Responsable de la fiche : Nicolas Gaussiat

Missions de l'équipe :

Au sein du Centre de Météorologie Radar (CMR), la division CMR/DEP mène une veille scientifique et technologique et développe une offre en nouveaux produits opérationnels, valorise son activité de R&D au travers de publications scientifiques, de participations à des conférences et, le cas échéant, de dépôts de brevets.

Thème(s) concerné(s) : *12- Instrumentation in situ – télédétection*

Description générale de l'activité de recherche

a) Bilan année passée

Suite au départ de Ruben le travail sur la variabilité de la réfractivité a du être abandonné et celui sur le traitements des signaux faibles mis en standby jusqu'à ce qu'une nouvelle ressource puisse être mobilisée sur ce sujet.

Le stage proposé sur la validation de la méthode de filtrage FILCOH a été pourvu et le travail prévu a pu être réalisé. Le travail réalisé par Maryam Maslek Elayam montre que la méthode proposée est efficace pour les rapports signal à échos fixes importants et pour les fenêtres glissantes de petite taille mais que les performances de cette méthode ne sont pas meilleures que celles obtenues avec un filtre par soustraction de la moyenne par fenêtre glissante (FIR) appliqué aux séries temporelles I et Q. Le filtre par soustraction de la moyenne de la moyenne glissante a été appliqué aux données réelles et une amélioration significative des erreurs de dépliements Doppler a été obtenue sur zones d'échos fixes. Cependant l'impact du filtrage sur les variables polarimétriques n'est pas neutre et doit être mitigé en adaptant la largeur filtre au rapport signal à echo fixe estimé.

Le stage réalisé au LATMOS par Pierre Lepetit a porté sur une méthode d'identification et de filtrage des échos non météorologique (sans distinction de type) par apprentissage profond. Les résultats obtenus montrent que de telles méthodes sont efficaces et peuvent être particulièrement adaptées au filtrage des échos fixes.

Le chiffrage des ressources consacrées en ETP pour cette activité sur l'année passée :

	Thème principal	Thème secondaire
Personnel permanent	0.1 ETP	
Personnel non permanent	0.5 ETP	
Total (personne*an)	0,6 ETP	

Budget ; autres.

b) Objectifs année à venir

Les activités de recherche et développement en 2019 sur l'exploitation des données I & Q comprennent :

- L'encadrement d'un stage sur l'amélioration de la méthode opérationnelle d'identification des échos non météorologiques et le co-encadrement d'un stage sur les méthodes d'apprentissage profond pour l'identification et le filtrage des échos non météorologiques.
- la poursuite du travail de validation des méthodes de filtrage en 3-PRT sur des données simulées et réelles afin d'aboutir au choix de la méthode à mettre en œuvre dans CASTOR.
- La modification du traitement des signaux faibles.
 - Mise en œuvre de la soustraction du bruit sur les données de réflectivité.
 - Exploitation des données des voies H et V pour améliorer la réflectivité minimum détectable.

Le chiffrage des ressources consacrées en ETP pour cette activité sur l'année à venir :

	Thème principal	Thème secondaire
Personnel permanent	1,1	
Personnel non permanent	1	
Total (personne*an)	2,1 ETP	

c) Les demandes de soutien à la DR

Type(s) de soutien : Un soutien financier de 1500 € pour que les travaux menés sur ces sujets puissent être présentés à la conférence radar 2019 de l'AMS au Japon.

<https://www.ametsoc.org/index.cfm/ams/meetings-events/ams-meetings/39th-international-conference-on-radar-meteorology/>

Autres aspects utiles à mentionner

Rapport :

Test des méthodes de filtrage des échos fixes pour l'amélioration de la qualité des images radars, 09/2018

DSO/DOA

Mesure embarquée de la concentration en aérosols volcaniques

Nom de l'équipe : DSO/DOA/IED

Missions de l'équipe : La Division Innovation Etude et Déploiements du DOA est chargée des activités d'études, de développement des logiciels et de conception générale des nouveaux systèmes d'observation en altitude. Elle en pilote le déploiement pour le premier site. Elle est responsable du déploiement et de la maintenance corrective et évolutive des logiciels des systèmes opérationnels.

Les principaux domaines d'action de cette division sont :

La veille technologique en télédétection et nouveaux systèmes de mesure in situ

La réalisation d'études sur l'évaluation et les comparaisons d'instruments d'observation d'altitude

Le développement informatique, la maintenance évolutive des logiciels opérationnels et de contrôle,

L'analyse et la préparation de nouveaux déploiements dans le réseau altitude (déploiement, documentation, formation, transfert de la gestion des nouveaux systèmes vers l'autre division du département).

Elle participe et coordonne des campagnes de mesure sur le terrain

Thème(s) concerné(s) : 12- *Instrumentation in situ – télédétection*

Description générale de l'activité de recherche

a) Bilan années passées

Rappel de l'objectif initial : Rendre possible et opérationnel le lancement d'une sonde LOAC (Light Optical Particle Counter) en cas d'éruption volcanique, ainsi que la récupération des données et de la sonde et le traitement des données.

Les sondes LOAC sont destinées à compléter le dispositif mis en place par M-F pour détecter les nuages de cendres volcaniques pouvant survoler le territoire national en cas d'éruption

Après détection par un ou plusieurs des lidars (et télémètres) du réseau, et avis du VAAC (il y aura un suivi par MOCAGE-Accident) il est prévu de positionner notre lidar dit -mobile- au plus près du nuage de cendres et d'envoyer ces sondes sous ballon in situ pour affiner la mesure de la distribution en taille et la concentration en particules afin d'en déduire un dépassement éventuel de seuil ne permettant plus les vols dans cette zone.

L'implication du CNRM (GMEI/MNPCA+4M) consistait en

a) Etudier la sonde en laboratoire (Action MNPCA), par comparaison avec d'autres analyseurs ou compteurs de particules

- b) Etudier la sonde sur un portique en extérieur (Action 4M)
- c) Etudier la sonde sous ballon captif en altitude (4M+DOA)
- d) Etudier la sonde sous ballon libre et la récupérer (4M+DOA)

Bilan :

2016 :

Présentation faite du projet en réunion DOA/GMEI, DSO/CNRM et réunion C&D

Prise de contact avec le CNRM/GMEI (et accord) pour traiter les 4 premiers points (voir au-dessus).

Achat de 10 sondes Modem M10S spéciales pour le sondage LOAC disponibles pour les tests

Prêt au CNRM/GMEI d'un banc de RS MODEM pour l'acquisition des mesures

Accord pour achat d'une sonde LOAC supplémentaire

2017 :

Phase 1 :

Prêt au CNRM/GMEI/MNPCA de deux sondes LOAC pour étude en labo

Tests en labo effectués et renvoi des sondes au constructeur pour vérification après détection d'un mauvais fonctionnement

Visite du constructeur au CNRM et nouveaux tests montrant :

- une hyper-sensibilité des sondes à son environnement (magnétique, atmosphérique, chimique)
- la nécessité de bien calibrer la sonde avant tout lancement (précautions à prendre dans la procédure de préparation)
- la nécessité de tester la sonde en extérieur sur portique avant les tests sous ballon captifs (prévus à Lannemesan au CRA)

Conclusions de la phase 1

→ Il faut prendre un peu de temps pour analyser les données. Actuellement le logiciel d'acquisition ne fournit pas directement la distribution dimensionnelle des particules mais les séries temporelles de concentrations par classe.

→ Il faut évaluer quantitativement les tests réalisés

→ Il faut encore tester les LOAC en extérieurs et les comparer avec des capteurs de référence avant d'envisager le déploiement sous ballon.

Cette sonde est extrêmement sensible à de multiples paramètres (non satisfaisant pour une utilisation en atmosphère non contrôlée).

2018 :

Phase 2 : Modification du nom de la fiche et création d'une nouvelle fiche programme « Mesure embarquée de la concentration en aérosols volcaniques »

Cette phase n'a finalement pas pu se dérouler selon le planning envisagé. Elle sera reconduite en phase 3.

**Il a été décidé que la précédente Fiche Programme (phase 1) était close.
La LOAC ne peut être la solution pour le besoin DOA ; c'est ce qu'il faut retenir.**

liste des personnels impliqués en personnel permanent Météo-France : 0,5hm à DOA, 1HM à GMEI

liste des personnels impliqués en personnel non permanent Météo-France : néant

Budget DOA : achat d'une troisième sonde : 7ke

b) Objectifs année à venir

Fin de la phase 2 (T4-2018) et début phase 3 (2019)

Certaines actions repoussées en 2017 se feront donc fin 2018 (sous le couvert de la nouvelle FP) afin de finir complètement la procédure entamée lors des précédentes fiches (phases 1 et 2)
MNPCA envisage en parallèle la possibilité d'étudier une sonde (MetOne), dans le cadre d'une veille techno, pour **estimer son potentiel de réponse** au besoin DOA (concentration des cendres volcaniques)

Ces actions à conclure en 2018 sont donc :
-test de la LOAC sous ballon captif au CRA (vs sonde MetOne) ; 4M et MNPCA
-test de la LOAC en extérieur sur portique (MNPCA)

Les tests au CRA permettront surtout à MNPCA de confirmer la faisabilité de mesures avec la MetOne sous un ballon car des tests antérieurs ont été positifs en labo.

A l'issue de ces tests, un rapport sera rédigé par MNPCA.

Phase 3 : Nouvelle Fiche programme 2018-2019

Mesure embarquée de la concentration en aérosols volcaniques

Objectif : déterminer le meilleur système (compteur de particule optique+vecteur) pour voler dans un nuage de cendre entre le sol et au-delà de la tropopause, capable de qualifier et quantifier les aérosols volcaniques - mesurer la concentration en particules (Ash). L'action s'oriente plus vers de la veille technologique et une montée en compétence dans les possibilités d'envol embarqué.

Cette troisième phase consiste à déterminer quel instrument (compteur de particules embarqué -CPE) permettrait de répondre à la demande de DOA selon ses critères d'utilisation opérationnelle (cf. procédure de déploiement du lidar mobile de Toulouse).

Les compétences de 4M en matière de suivi (et anticipation de trajectoire) de sonde sous ballon et après largage avec parachute sont à acquérir par DOA : cela implique une participation de DOA à des campagnes de terrain avec récupération de sonde avec une formation assurée par 4M.

Dans le cas de l'achat d'un nouveau type de sonde CPE par DOA, 4M devra effectuer des tests de faisabilité.

4M pourrait aussi participer à l'habillage de la CPE (MetOne?) avec un émetteur Iridium, un gps etc.. pour le suivi et la transmission des données.

Il faut savoir que les performances et le choix des sondes n'est pas indépendant du vecteur (poids, pompe, compatibilité, orientation etc..) ;

Parallèlement MNPCA travaille sur des vecteurs (drônes), mais pour le moment, rien n'est prévu à court et à moyen terme pour une étude vecteur+sonde de mesure des cendres.

Le largage d'un drone équipé d'un compteur de particules (la concentration dérivera d'une estimation de la masse volumique des particules) depuis un ballon reste toujours une solution à exploiter : à suivre par contre avec l'ONERA.

liste des personnels impliqués en personnel permanent Météo-France : 0,5hm à DOA, 1HM à GMEI (4M + MNPCA)

liste des personnels impliqués en personnel non permanent Météo-France : néant

Budget : missions éventuelles pour veille technologique, séminaires, GT ;

Achat d'un compteur de particules embarquable sur vecteur ? -> 15Ke (DSO/DOA)

c) Les demandes de soutien au CNRM

Le soutien demandé s'appuie sur les compétences des équipes 4M et MNPCA du GMEI

Autres aspects utiles à mentionner

Publications

Cette fiche s'inscrit aussi dans une autre FP, celle qui concerne les Lidars Aérosols. Certains documents sont donc communs.

Mise au point de la méthode de collecte et de correction de données avions MODE-S EHS et ADS-B pour produire des données de vent et de température

Nom de l'équipe : DSO/DOA

Missions de l'équipe : La division innovation étude et déploiements (IED) du département d'observation d'altitude (DOA) est chargée des activités d'études, de développement des logiciels et de conception générale des nouveaux systèmes d'observation en altitude. Elle en pilote le déploiement pour le premier site. Elle est responsable du déploiement et de la maintenance corrective et évolutive des logiciels des systèmes opérationnels.

Les principaux domaines d'action de cette division sont :

- La veille technologique en télédétection et nouveaux systèmes de mesure in situ
- La réalisation d'études sur l'évaluation et les comparaisons d'instruments d'observation d'altitude
- Le développement informatique, la maintenance évolutive des logiciels opérationnels et de contrôle,
- L'analyse et la préparation de nouveaux déploiements dans le réseau altitude (déploiement, documentation, formation, transfert de la gestion des nouveaux systèmes vers l'autre division du département).

Elle participe à et coordonne des campagnes de mesure sur le terrain, si besoin.

Thème(s) concerné(s) : 12- Instrumentation in situ – télédétection

Description générale de l'activité de recherche

Les données MODE-S EHS sont des données de navigation émises par les transpondeurs des avions de ligne sur requête des radars secondaires du contrôle aérien; les données ADS-B sont des informations de positionnement émises régulièrement par les avions. Ces données peuvent être recueillies par les radars eux-mêmes (Mode-S) ou par des récepteurs dit « ADS-B », qui écoutent les deux systèmes et sont largement disponibles commercialement. À partir de ces données, il est possible de calculer le vent (somme vectorielle de la vitesse de l'air par rapport à l'avion et de l'avion par rapport au sol) et d'estimer la température (inversion du calcul du nombre de Mach). Dans certains cas très minoritaires, le système de l'avion fournit directement des grandeurs météorologiques (lorsque le registre dits « MRAR » est interrogé par le radar et que le système de l'avion est capable de le fournir).

L'utilisation de ces données est identifiée comme un enjeu à Météo-France (SDO), en particulier pour alimenter les systèmes de PNT de petite échelle. Le département d'observation d'altitude (DSO/DOA) a lancé plusieurs actions de collecte de ces données, et travaille sur les méthodes de calcul du vent, à la fois en collaboration avec les services européens leaders dans le domaine (KNMI, UKMO), et en développant ses outils et un savoir-faire propre.

La question encore ouverte, **et qui fait l'objet du travail de recherche décrit ici**, est la mise au point de la méthode de correction des mesures brutes. Il est établi que ces calculs sont très dépendants de la précision

des mesures de base (cap, vitesse/air), et la littérature montre qu'il est nécessaire de déterminer, puis d'appliquer une correction spécifique à chaque avion pour obtenir une mesure utilisable.

Il existe plusieurs méthodes de détermination de ces corrections (statistique de cap sur la piste, comparaison à des analyses de modèles de PNT, ...). On envisage ici d'utiliser le système d'assimilation pour corriger les mesures. Cette méthode, originale, permet de s'affranchir du calcul préalable de statistiques d'erreur, et les premiers travaux menés au GMAP montrent qu'elle est envisageable.

On cherchera aussi à déterminer comment les erreurs apprises avec cette méthode peuvent être utilisées dans un système de calcul direct du vent, indépendant de l'assimilation, par exemple pour des produits d'observation à faible latence et taux de rafraîchissement plus rapide que les cycles d'assimilation (« profileurs virtuels », par exemple).

a) Bilan année passée

A ce jour, DOA a déployé un réseau de test de 8 récepteurs couplés avec le logiciel de calcul de vent du UKMO (Lille, Caen, Brest, Trappes, Strasbourg, Toulouse, Nice, Clermont) ; les données ont permis de travailler sur le dé-doublonnage, le filtrage des erreurs manifestes, le codage au format BUFR avec les données et metadonnées nécessaires au système d'analyse prévu.

Une convention passée avec le KNMI a permis de mettre en place le logiciel de décodage du KNM sur le récepteur de Toulouse, et d'envoyer ces données vers le projet « EMADCC-processing » de concentration des données MODE-S/ADSB.

Parallèlement, des contacts avec la DSNA ont été établis pour fournir une liste de radars dont nous souhaiterions qu'ils interrogent les registres qui nous sont nécessaires, et mettre en place la transmission des données recueillies directement par les radars depuis le réseau de l'aviation civile vers celui de MF. Ceci a été formalisé par un échange de lettres et sera géré, côté MF, sous la forme d'un projet.

Dans le cadre de plusieurs stages, DOA développe un prototype de filière de calcul de vent sans correction, mais techniquement complète, depuis le décodage des données au format ASTERIX (utilisé par l'aviation civile) jusqu'à la production de fichiers BUFR.

L'incertitude de résolution induite par la troncature de la vitesse propre et du nombre de Mach transmis dans les messages a fait l'objet d'une étude analytique, montrant qu'elle est inversement corrélée à la vitesse, ce qui correspond à la pratique des centres qui utilisent déjà ces données, préférant utiliser les mesures recueillies au niveau de croisière (à plus grande vitesse) par rapport à celle en basse altitude (où l'avion vole plus lentement).

GMAP/OBS a mené une première étude de monitoring (évaluation de la qualité des données) des différentes données MODE-S disponibles (données KNMI brutes et corrigées à partir du récepteur de Toulouse, données du MUAC produites par le KNMI et celles du réseau DOA avec le logiciel Anglais) avec une comparaison aux données AMDAR. Cette étude a permis de confirmer l'utilité d'un débiaisage des

données de cap et de vitesse de l'avion par rapport à l'air et propose deux méthodes de débiaisage variationnel (simple correction variationnelle dynamique varbc des observations de u et v avec une constante, et varbc avec une constante et 2 prédicteurs lié à l'orientation de l'avion pour u et v).

b) Objectifs de l'année à venir

- Évaluer la méthode d'assimilation et de débiaisage proposée. Évaluer les éventuels développements supplémentaires nécessaires (par exemple, rapport coûts/bénéfice du développement d'un opérateur d'observations spécifique à ces mesures).
- Poursuivre le travail de caractérisation des erreurs et de leurs distributions (selon altitude, vitesse, modèle d'avion)
- Évaluer la faisabilité et la qualité d'un algorithme de débiaisage à résolution grossière utilisant le grand nombre de données disponible (de type médiane sur un cube 4D)
- Définir le dispositif-cible de collecte de données : les radars secondaires de la navigation aérienne ne reçoivent que les réponses à leurs propres interrogations, les récepteurs ADS-B permettent de recueillir les données des radars frontaliers.
- Suivre l'évolution du projet EMADCC :
 - Disponibilité et qualité des produits
 - évolution du projet, intégration au programme E-ABO d'EUMETNET

Parallèlement, cette action bénéficiera des avancées du projet « Mode-S – DSNA » :

- Mettre le place le flux opérationnel de données brutes de la DSNA vers Meteo-France
- Développer (ou faire développer par DSI/DEV) une filière opérationnelle de production de message BUFR de vent non-corrigé à partir des données ASTERIX de la DSNA

c) Les demandes de soutien au CNRM

Demande envers GMAP/OBS :

Poursuite du développement et de l'évaluation de la méthode de correction des mesures brutes basée sur l'assimilation variationnelle.

Coopération sur le contenu des BUFR produits par la filière opérationnelle

Autres aspects utiles à mentionner

La disponibilité de RH à GMAP.OBS est contrainte par le programme Aéolus.

Publications

Les rapports de stages et les notes techniques sont rassemblés sur la page spécifique à cette action sur le wiki CNRM-DSO : <http://confluence.meteo.fr/pages/viewpage.action?pageId=247746170>

Exploitation des mesures lidars aérosols

Nom de l'équipe : DSO/DOA/IED

Responsable de la fiche : Sylvain Aubert

Missions de l'équipe : La Division Innovation Étude et Déploiements du DOA est chargée des activités d'études, de développement des logiciels et de conception générale des nouveaux systèmes d'observation en altitude. Elle en pilote le déploiement pour le premier site. Elle est responsable du déploiement et de la maintenance corrective et évolutive des logiciels des systèmes opérationnels.

Les principaux domaines d'action de cette division sont :

- la veille technologique en télédétection et nouveaux systèmes de mesure in situ ;
- la réalisation d'études sur l'évaluation et les comparaisons d'instruments d'observation d'altitude ;
- le développement informatique, la maintenance évolutive des logiciels opérationnels et de contrôle;
- l'analyse et la préparation de nouveaux déploiements dans le réseau altitude (déploiement, documentation, formation, transfert de la gestion des nouveaux systèmes vers l'autre division du département).

Elle participe et coordonne des campagnes de mesure sur le terrain.

Thème(s) concerné(s) : 12- Instrumentation in situ – télédétection

Bilan

Historique précédent

Après l'éruption du volcan Eyjafjallajökull, Météo-France a mis en place un réseau dans le but de détecter et de suivre les cendres volcaniques. Ce réseau, composé de 5 lidars fixes et un lidar mobile miniMPL, est devenu pleinement opérationnel en Septembre 2016. Les choix de répartition et la densité de ce réseau a été ont été réalisés à l'aide de simulations numériques MOCAGE (études de cas).

Les données du réseau sont accessibles au VAAC en mode opérationnel. Le VAAC a notamment accès à l'interface industrielle qui présente des profils de rétrodiffusion, le ratio de dépolarisation, un typage des couches d'aérosols. Il existe une fiche DSO Produit Lidar¹. Une procédure² a été écrite pour le lidar de Toulouse dit mobile pour tout déplacement de ce lidar en cas d'alerte du VAAC (éruption volcanique qui peut impacter la circulation aérienne).

D'autre part un dispositif complémentaire de détection des cendres volcaniques existe au niveau européen : le réseau ALC - E-PROFILE programme EUMETNET. Il est constitué de lidars et télémètres dans toute l'Europe. Ce programme a bénéficié de l'action COST TOPROF qui a produit des recommandations d'utilisation de ces instruments. Dans ce cadre là, le logiciel raw2L1 du SIRTA a été étendu pour mettre de standardiser les données des différents instruments de ce réseau au niveau N1. Une filière spécifique pour les lidars MPL de Météo-France a été réalisé lors d'un stage à DOA/IED.

Les données de deux photomètres colocalisés avec les lidars sont disponibles (Toulouse et Brest) et sont concentrés sur AERONET. Le photomètre de Brest a été installé en Octobre 2017 par le LOA avec l'aide de DIRO/OBS/BREST et DOA/IED.

Un autre volet concerne le traitement des données lidars aérosols : il s'agit de parvenir à utiliser, améliorer ou développer des algorithmes de traitement des données lidars aérosols. Le but est de proposer une méthode alternative au logiciel de traitement mis à disposition par le fournisseur de lidars (SIGMA-SPACE) et d'évaluer ce dernier. Une collaboration a été mise en place avec des laboratoires extérieurs, le LOA et le SIRTA, qui ont transmis leurs algorithmes à Météo-France (BASIC et STRAT).

Les sorties industrielles ont été comparées à celle du logiciel BASIC sur quelques journées avec transport d'aérosols (poussières sahariennes). A un premier niveau d'analyse les caractéristiques générales semblent similaires entre les deux logiciels.

Le bilan Septembre 2017- Septembre 2018

Les données des lidars et de quelques télémètres du réseau de M-F sont concentrées vers la plateforme E-Profile. En 2018, ont démarré les envois vers E-PROFILE de 3 télémètres CL31 de notre réseau. E-PROFILE traite ces données et les calibre au niveau N1.5 (NRB, normalized relative backscatter)

1 *gedmf, MF_FO_Observer_Produit_ALTI_LIDAR_AEROSOLS.odt*

2 *gedmf, MF_ENR_AERO_Convention LIDAR mobile_DSAC_220817.pdf*

Une chaîne d'assimilation de ces données a été mise en place en mode expérimental à CNRM/GMGEC/PLASMA.

Une campagne d'inter-comparaison des lidars aérosols français a été mise en œuvre par le LOA. Elle inclue les lidars miniMPL (Toulouse, Trappes et Lille pour le moment) de M-F et démontre leur capacité de détection notamment pour des aérosols stratosphériques. Des différences existent toutefois avec une surestimation de l'extinction et une sous estimation du rapport lidar dans la troposphère libre par le MPL par rapport au système mobile du LOA (tous deux avec une inversion du signal BASIC). L'algorithme industriel appliqué au MPL présente les mêmes problèmes.

Enfin une nouvelle proposition de FCPLR (pour la troisième année consécutive) a été soumise avec un encadrement du LOA et un support du SIRTÀ. Il n'y a pas eu de candidats intéressés par cette proposition.

La liste des ressources consacrées

DSO/DOA : Sylvain Aubert, Olivier Traulle

Peuvent être intéressés ou impliqués dans cette action :

CNRM/GMEI/LISA, DSM/PREVI

DSM/AERO, DIROP/CMS/RD, DSM/EC/ENV, CNRM/GMGEC/PLASMA

SIRTÀ (Palaiseau), LOA (Lille)

Estimation des moyens consacrés à l'étude sur l'année en cours, avec répartition par thème scientifique :

(en personne x mois, avec la règle $1 p \times an = 11 p \times mois$, précision limitée à $0.5 p \times mois$)

Effort en personnel permanent Météo-France :

Thème principal : 2, Thème secondaire : 0

Effort en personnel non permanent (thèses, post-doc ou ingénieurs dans le cadre de contrats) : 0

Thème principal : 0, Thème secondaire : 0

Compléments (personnel CNRS, stages courts, collaborations, total des ressources humaines et financières affectées à l'étude pour les équipes de la DSO) : collaboration avec le LOA (P. Goloub et I. Popovici)

Objectifs année à venir

Résumé : L'analyse des besoins utilisateurs montrent l'exigence en données de niveau N2 (paramètres optiques) et N3 (hauteur de couche limite). Les travaux doivent donc se poursuivre pour mettre en œuvre en laboratoire les algorithmes de la communauté scientifique (BASIC) et les comparer à la filière industrielle. Dans un second temps, une consolidation pourra être menée (apport des mesures complémentaires par photomètre), estimation des concentrations massiques et des incertitudes de mesure.

En parallèle, des travaux sur la détermination de hauteur de couche limite pourraient être menés dans le cadre d'un stage.

Qualification de la donnée

Sur la plupart des instruments de mesure, la donnée produite directement par l'instrument nécessite un traitement afin d'être exploitée et de permettre de répondre au besoin. Nous avons schématiquement identifié 4 niveaux de données (Niveau_X ou Level_X en anglais), en se basant sur le modèle utilisé pour les satellites.

Dans le cas des lidars aérosols, ces 4 niveaux correspondent aux paramètres suivants :

- N0 : courant électrique délivré par le détecteur (mode de détection analogique) ou comptage du nombre de photons capté par le télescope (mode de comptage).
- N1 : profil vertical de réflectivité, ou dit encore de rétrodiffusion atténué. Cela correspond au N0 corrigé du rayonnement solaire, des réflexions internes à l'instrument, de la saturation du compteur de photons dans les basses couches.
- N1.5 : N1 calibrée, c'est-à-dire corrigée de la constante instrumentale d'étalonnage de l'instrument. Cette constante étant susceptible de varier sur des durées relativement courtes, il est préférable de la recalculer souvent, voire à chaque profil.
- N2 : profil des paramètres optiques de l'atmosphère tels que les coefficients de rétrodiffusion et d'extinction, le rapport lidar
- N3 : produits élaborés tels que la hauteur de la couche limite

Pour les données lidars aérosols, et contrairement à d'autres instruments tels que le profileur de vent, le lidar Doppler ou encore le radiosondage, il existe un écart important entre le niveau N1 et N2. Il faut donc des algorithmes de traitement élaborés permettant de traiter la donnée N1, de coupler les données des voies de détection en polarisations parallèle et perpendiculaire, et éventuellement de combiner la donnée lidar avec l'information d'autres instruments, comme un photomètre qui serait situé à proximité du lidar, afin d'aboutir aux données de niveau N2

Les besoins des utilisateurs

VAAC : il faut être dans un premier temps capable de détecter la présence d'aérosols et d'en situer l'altitude, puis d'en déterminer le type (s'agit-il bien de cendres volcaniques) et enfin (si possible) d'en connaître la concentration.

CNRM/GMGEC/PLASMA : un travail a été réalisé sur MOCAGE, permettant l'assimilation des données de niveau N1.5 (Normalized Relative Backscatter NRB) ou de niveau N2 (coefficients d'extinction et de rétrodiffusion). Le système d'assimilation n'a pas encore de statut opérationnel. La qualité des produits N2 pourrait influencer sur le choix du type de donnée à assimiler (N1.5 ou N2), sachant que l'assimilation des produits N2 est moins coûteuse numériquement et offre la possibilité de choisir les altitudes où l'information est directement assimilée.

DSM/EC/ENV : le modèle MOCAGE fournit notamment des prévisions de concentration et de taille des aérosols. La fourniture de ces mêmes produits observés par les lidars faciliterait la vérification des données produites par MOCAGE. Par ailleurs, en cas de crise volcanique, la fourniture de concentrations observées permet de vérifier les sorties fournies par le modèle MOCAGE-Accident, et le cas échéant, d'ajuster la paramétrisation du panache volcanique.

Associations de la qualité de l'air : besoin de la hauteur de la couche limite.

Calibration des satellites : besoin en données N1 et N2.

Ainsi, pour répondre à l'ensemble des besoins utilisateurs, il est nécessaire de produire des données de niveau N2.

Les algorithmes

Algorithmes de l'industriel

Le constructeur SIGMA-SPACE par l'intermédiaire du fournisseur ENVICONTROL délivre avec son logiciel une information sur le type d'aérosols et leur concentration. Notons ici que le logiciel de l'industriel permet en théorie d'utiliser une partie de l'information d'un photomètre via le serveur du site de la NASA (AERONET, Aerosol Robotic Network). A l'heure actuelle, cette interface n'est plus fonctionnelle suite à la montée de niveau d'AERONET. L'industriel a tardé à fournir un correctif et n'a pas respecté les bonnes pratiques concernant la MCO logicielle (documentation etc). Dans l'intervalle l'algorithme a fonctionné avec une valeur fixe et imparfaite de lidar ratio (valeur par défaut).

Algorithmes de recherche

Le LOA, le Laboratoire d'Optique Atmosphérique, à Lille, est un acteur majeur, sur le traitement des données lidars et photomètres couplées. Ses algorithmes s'appellent notamment BASIC et GAARLIC.

Le SIRTA est également reconnu, pour ses traitements sur les données des lidars. Son algorithme principal est nommé STRAT. Le SIRTA commence à travailler également maintenant sur la combinaison lidar/photomètre, en utilisant les algorithmes existants LIRIC et POLIPHON.

On peut également noter que ces deux laboratoires (mais également l'ONERA/DOTA de Toulouse) possèdent un lidar de recherche multi-longueur d'onde, avec voie Raman (lidar IPRAL pour le SIRTA et LILAS pour le LOA) et cherchent aussi à développer des algorithmes pour extraire des informations de typage ou de taille des aérosols exploitant la diversité des longueurs d'onde.

Travaux nécessaires pour répondre aux besoins des utilisateurs

Thème principal

L'analyse des besoins utilisateurs démontrent à minima la nécessité d'accéder aux paramètres optiques de niveau N2 (profils d'extinction et rétrodiffusion)

Afin de répondre au mieux aux besoins de ses utilisateurs, les travaux suivants devraient être menés:

1. Évaluer la qualité du logiciel fourni par l'industriel, en comparant les données produites avec des données issues d'autres algorithmes similaires (typiquement BASIC du LOA et/ou POLIPHON au SIRTA). Les logiciels recherche évoqués permettraient de fournir une référence pour évaluer le logiciel de Météo-France.
2. Évaluer l'incertitude sur les données produites par le logiciel de l'industriel (et au moins un logiciel de recherche comparable) par comparaison avec des sorties issues d'algorithmes utilisant les données d'un lidar multi-longueur d'onde et/ou avec voie Raman (typiquement les logiciels GAARLIC du LOA et LIRIC au SIRTA). Les produits calculés à partir de données d'un lidar de recherche plus puissant, multi-longueur d'onde et/ou avec voie Raman permettront de fournir une référence plus précise pour évaluer la qualité du logiciel de Météo-France
3. Évaluer l'apport d'un photomètre couplé à un lidar pour calculer les données N2, afin de déterminer l'opportunité de compléter le réseau de lidars de MF par un réseau de photomètres. Il s'agit dans ce travail de montrer, ou non, que les mesures d'un photomètre permettent d'améliorer la précision des produits N2.
4. Évaluer l'impact d'une co-localisation imparfaite entre un lidar et un photomètre sur l'apport des données du photomètre pour calculer les données N2. Ce travail permettrait de définir s'il est opportun d'utiliser les données d'un photomètre distant de plusieurs km ou dizaines de km d'un lidar de Météo-France.
5. Évaluer éventuellement l'apport d'un lidar multi-longueur d'onde et/ou avec voie Raman pour calculer les données N2, et notamment les profils de concentration, à l'échelle de l'ensemble du réseau de lidars de Météo-France. Il s'agit dans ce travail de voir s'il est possible, et pertinent, de caractériser le nuage de cendre sur un ou deux points du territoire où un lidar de Météo-France est co-localisé avec un lidar plus puissant, afin d'améliorer les produits fournis par un lidar Météo-France situé ailleurs.

Thème secondaire

De nombreux algorithmes de détermination de la hauteur de couche limite ont été évalués dans la littérature (STRAT-2D, CABAM etc). Sur ce même thème, Thomas Rieutord travaille au CNRM/GMEI/LISA sur des méthodes d'apprentissage supervisé exploitant les synergies instrumentales. Cette méthode pourrait être appliquée dans le cadre plus restrictif des données lidars aérosol dans un mode non supervisé.

Une inter-comparaison des différentes méthodes peut être menée, en prenant en compte un contexte opérationnel. Météo-France dispose de deux sites équipés de lidars et de stations de radiosondage opérant quotidiennement (Brest, Trappes). Les mesures de radiosondes pourront servir de référence commune dans le cadre de cette inter-comparaison.

Ressources prévues

	Thème principal	Thème secondaire
Personnel permanent	DSO/DOA : 3 Support scientifique CNRM/GMEI	Si stagiaire : Thomas Rieutord, CNRM/GMEI/ LISA: ~1 Sylvain Aubert, DSO/DOA/IED : ~1
Personnel non permanent		0
Compléments	Collaboration LOA	Stagiaire type M2 : 6
Total (personne*mois)	3	8

Demandes de soutien à la DR

Pas de demande de soutien financier.

Un soutien scientifique ponctuel est demandé à GMEI dans le cadre des techniques d'inversion lidar. Eventuellement un co-encadrement de stage pour la détermination de la hauteur de couche limite (Thomas Rieutord GMEI/GMEC ~ 1 h.m)

Autres aspects utiles à mentionner

Communications, participations à des ateliers ou conférences

2015 :

- présentation T. Bourcy pour l'inauguration officielle du réseau Lidar
- présentation FCPLR (O. Traullé et M. Haeffelin), Juin
- présentation O. Traullé à TOPROF Toulouse, Oct.
- cours Instruments ENM O. Traullé

2016 :

- présentation A. Dabas en collaboration avec D. Giard et O. Traullé SOERE OHP, Mars
- présentation O. Traullé TOPROF Varna, Mai
- présentation O. Traullé ISARS Varna, Mai
- proposition de stage de fin d'étude IENM, Oct
- formations E. Dubouchet pour les DIR ; Mars 2016 – Oct. 2017

2017 :

- présentation J-L. Lampin GREQA, Strasbourg, Mars
- proposition FCPLR, Juin
- participation S. Aubert à ILRC, Bucarest, Juillet
- participation S. Aubert et J-L. Lampin EMS et TOPROF, Dublin, Sept.
- participation S. Aubert et J-L. Lampin E-Profile, Prague, Sept.
- participation S. Aubert aux AEI ;Brest, Oct.
- participation J-L. Lampin AeroMetSci, Toulouse, Nov.

2018 :

- formation de 3 demi-journées réalisée par A. Dabas CNRM/GMEI à destination d'agents de DSO/DOA et du CNRM.
- participation J-L. Lampin GREQA, St Mandé, Mars.
- proposition FCPLR, Juin.

- présentation S. Aubert du réseau lidars et télémètre de M-F au workshop ACTRIS-FR, Fréjus,
- participation S. Aubert à ELC, Thessalonique, Juil.
- participation S. Aubert à la « Convective and Volcanic Clouds detection, monitoring and modeling Summer School, Oct.

Collaborations

- internes
CNRM/GMEI/LISA, CNRM/GMGEC/PLASMA, DSM/PREVI/AERO, DSM/EC/ENV, DIROP/CMS/RD
- nationales
SIRTA - LOA - LMD (IPSL/LATMOS)
- internationales :
E-PROFILE, TOPROF , INTERCOMP-OMM

Projets ou contrats associés

- INTERCOMP-OMM
- CL31

ANNEXES

Les 12 Thématiques de Recherche

- 1 - Étude des cyclogénèses (et cyclones) et de leur prévisibilité (dont prévision d'ensemble)
- 2 - Études des phénomènes météorologiques de méso-échelle
- 3 - Prévision numérique synoptique
- 4 - Prévision numérique de méso-échelle
- 5 - Étude du climat et du changement climatique
- 6 - Prévision saisonnière
- 7 – Hydrométéorologie et Agrométéorologie
- 8 - Océanographie (modélisation et instrumentation)
- 9 - Environnement atmosphérique et météorologie urbaine
- 10 - Étude du manteau neigeux des avalanches
- 11 - Instrumentation aéroportée
- 12 - Instrumentation in situ et télédétection
- NA - Non affectés à un thème particulier

Répartition des effectifs selon les thématiques de recherche

Prévu 2019

Service / Thème		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	NA
DIROP	Permanents Météo	0,8	1,4		2,4				7					4,6
	Non Permanents	0,9	0		0,5				2,4					2
	Total	1,7	1,4		2,9				9,4					6,6
DSM	Permanents Météo	0,2	0,65			0,8				2			0,05	
	Non Permanents	0	0			0				0			0	
	Total	0,2	0,65			0,8				2			0,05	
DCSC	Permanents Météo							1,2						
	Non Permanents							0						
	Total							1,2						
DSR	Permanents Météo					1,45			0,9					
	Non Permanents					0,75			1,6					
	Total					2,2			2,5					
DSO	Permanents Météo												2,5	
	Non Permanents												2	
	Total												4,5	
Total personne*an	36,1	1,9	2,05		2,9	3		1,2	11,9	2			4,55	6,6

Répartition de l'effort de recherche par service

Prévu 2019

	Nombre de fiches	Effort personnel permanent personne*an	Effort personnel non permanent personne*an	Effort total personne*an
DIROP	8	16,2	5,8	22
DSM	4	3,7	0	3,7
DCSC	1	1,2	0	1,2
DSR	3	2,3	2,4	4,7
DSO	5	2,5	2	4,5
Total	21	25,9	10,2	36,1

Résultats des arbitrages financiers par service

Services	Nb FP	IF		Missions	Total 2019		Total 2018		Nb FP
		demandé	FF		demandé	alloué	demandé	alloué	
DCSC/AVH	1	0,0	0,0	2,0	2,0	2,0	4,0	1,0	2
DCSC/DEC	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	1,0	1
DCSC	1	0,0	0,0	2,0	2,0	2,0	8,0	2,0	3
DSM/AGRO	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1
DSM/ECGC	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2
DSM/EC/ENERGIE	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1
DSM/EC/Transports	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1
DSM/ENV	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1
DSM/AERO	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	0,0	1
DSM	4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	0,0	7
DIROP/COMPAS ¹	2	0,0	3,0	3,0	6,0	5,5	12,0	3,0	1
DIROP/MAR	3	0,0	0,0	6,0	6,0	5,5	11,0	4,5	3
DIROP/PI	3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3
DIROP/CMS	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3
DIROP	8	0,0	3,0	9,0	12,0	11,0	23,0	7,5	10
DIRAG	2	0,0	0,0	4,1	4,1	3,0	8,7	4,5	2
DIRNC	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	1,0	2
DIROI/hors CRC	1	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1
total DIRs	3	0,0	0,0	5,1	5,1	4,0	11,0	6,5	5
DSO/DOA	3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4
DSO/CMR	2	0,0	0,0	3,0	3,0	3,0	4,5	4,0	3
total DSO	5	0,0	0,0	3,0	3,0	3,0	4,5	4,0	7
TOTAL	21	0,0	3,0	17,1	22,1	20,0	58,5	20,0	32

Commentaires :

1: Financement frais de publications et de mission