

Lettre d'Intension de réponse à l'appel d'offres LEFE 2013
"Les Enveloppes Fluides et l'Environnement"
3 Septembre 2012

Pascale Delecluse (Météo-France) et Claire Périgaud (MoonClimate)

Projet d'amélioration des produits diffusiométriques pour contribuer au suivi de niveaux océaniques avec satellites et modèles de météo/vagues/marées et climat

Les objectifs du projet que nous proposons sont de travailler sur le contenu des vecteurs diffusiométriques pour la géophysique afin :

- de mieux en comprendre et analyser le contenu
- et de le rendre cohérent avec la physique des échanges à l'interface air-mer.

Depuis plus de 20 ans, les satellites diffusiométriques (ERS, QuikSCAT, ASCAT, Oceansat2) ont permis de réaliser une observation continue des échanges d'énergie à l'interface air-mer. La GMF (Geophysical Model Function) a été développée de façon spécifique à chaque satellite pour transformer les mesures acquises par les diffusiomètres en données géophysiques. Les GMFs ont été choisies pour fournir des vecteurs interprétés jusqu'ici comme des vents de surface « air-mer », que nous appellerons « vecteurs-vent » ci-après. La spécificité des diffusiomètres est de restituer un champ 2D, dont les composantes zonale et méridienne sont saisies de façon instantanée. La couverture obtenue par les fauchées d'acquisition de ces satellites a permis de restituer un champ dont la résolution spatio-temporelle très intéressante a été largement exploitée par la prévision météorologique qui a développé un système d'assimilation opérationnelle de ces « vecteurs-vent ». De plus, la prévision océanique s'en est servie pour forcer la circulation des océans à l'échelle globale comme à l'échelle régionale. La longueur de la couverture obtenue permet également de s'intéresser à ces observations pour commencer à explorer le climat.

Cependant, les analyses et résultats obtenus à partir de ces « vecteurs-vent » soulèvent des questions importantes : d'une part, les « vecteurs vents » présentent des biais systématiques d'un satellite à l'autre dans les champs de divergence / convergence à grande échelle. D'autre part, leur composante cross-équatoriale est systématiquement plus forte, en particulier pour QuikSCAT, que celle des vents produits par les centres météorologiques. Cette convergence équatoriale est trop forte pour être purement atmosphérique, elle ne peut pas non plus être expliquée par le cisaillement entre « Vents » et « Courants » observés par les bouées à la surface des océans: elle nécessiterait une divergence équatoriale océanique 5 fois plus forte que celle observée (**Figure 1, référence 1**).

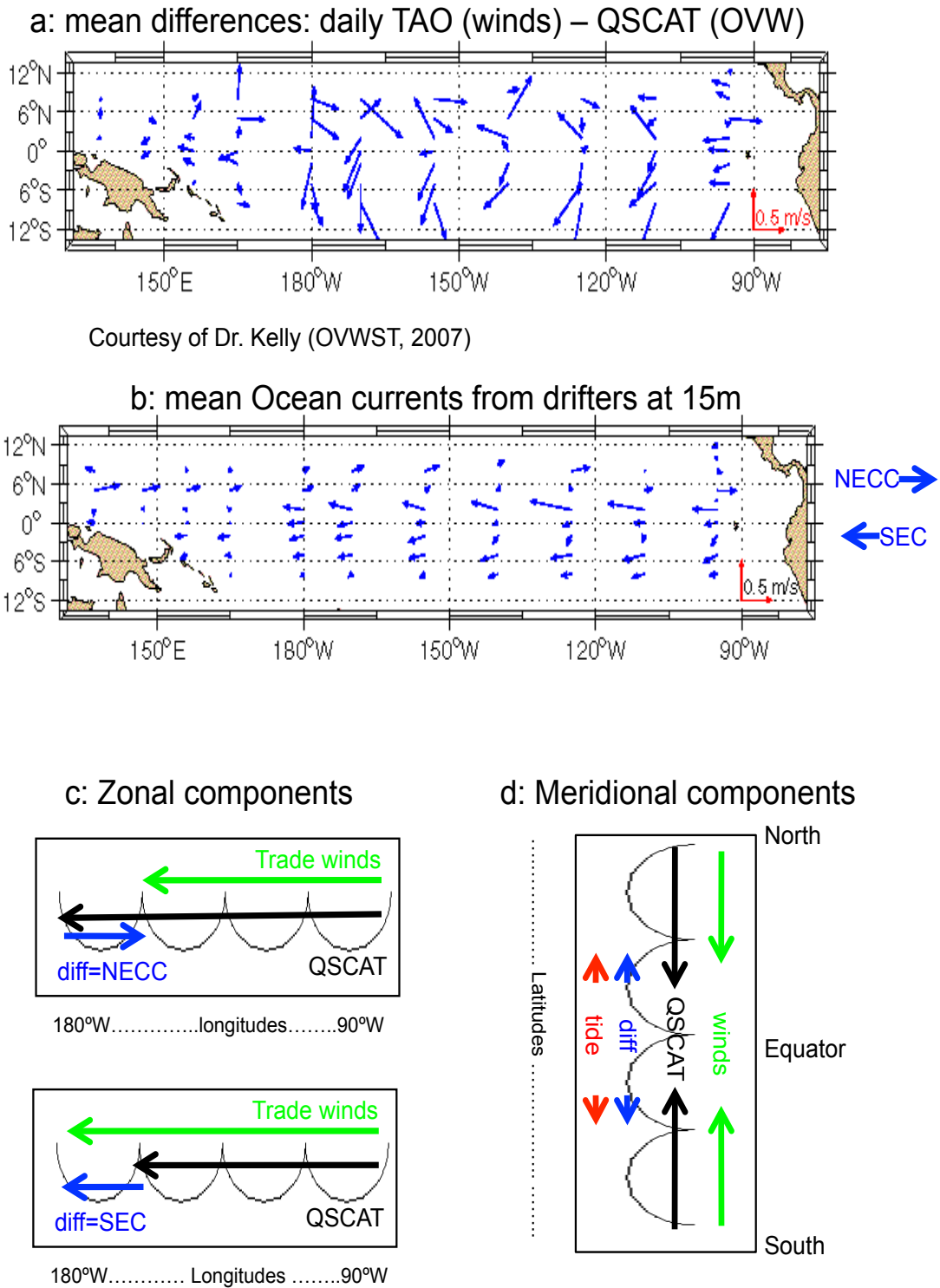


Figure 1 : Moyenne multi-annuelle a) de la différence entre vents observés par les bouées et par QuikSCAT, b) des courants observés en subsurface. La renverse des courants (c) entre le South Equatorial Current (SEC) et le North Equatorial Counter Current (NECC) allant dans le sens et contre les alizés (Trade winds) est bien reproduite par le cisaillement entre vents et QuikSCAT, mais pour la composante méridienne (d), la divergence océanique doit être complétée par celle des flux de marée pour expliquer la convergence de QuikSCAT.

En conséquence, l'utilisation de ces « vecteurs-vent » pour forcer la dynamique océanique globale conduit à des erreurs significatives dans le niveau de la mer, ainsi que dans la stratification thermique et haline de toute la colonne d'eau. Les biais des « vecteurs-vent » affectent les champs de forçage à chaque saisie instantanée des directions et se retrouvent donc en permanence dans l'état moyen qui montre des grandes structures trop contrastées entre l'hémisphère Nord et Sud pour être réelles. Outre l'état moyen, chaque saison s'en trouve erronée, et les événements interannuels simulés ne reproduisent pas les observations : les « vecteurs-vent » manquent de calibrage à l'échelle planétaire.

L'analyse des « vecteurs-vent » montre qu'il faut utiliser l'échantillonnage spatial et temporel spécifique des satellites sur leur orbites héliosynchrones pour pleinement caractériser le contenu géophysique de ce qui est détecté depuis l'espace, en sus des vents météorologiques, tout en traitant les aliasings spécifiques à chaque satellite sur son orbite. Il faut noter que les signaux issus des diffusiomètres sont particulièrement sensibles parce qu'ils enregistrent une information vectorielle (et non scalaire) : cet enjeu de direction se répercute dramatiquement sur les grands courants équatoriaux qui, de par leur plus grande stabilité directionnelle que celle des courants des latitudes tempérées, sont particulièrement affectés par ces biais systématiques entre composante méridienne et zonale tant dans leur état moyen que dans leur variabilité intra-mensuelle, saisonnière et décennale. Nous bénéficions d'un gros travail de simulations de climat depuis 1993 qui ont été validées aux observations altimétriques et ont déjà mis en évidence que les erreurs simulées de topographie dynamique des océans sont indépendantes du modèle et de sa grille de résolution dans les tropiques (**référence 2**).

L'interprétation que nous proposons est que les signaux enregistrés par les diffusiomètres mesurent des vecteurs d'énergie air-mer qui comprennent des effets d'interactions entre vents, courants, vagues et marées qui doivent être ré-analysés dans une vision plus globale du système en revisitant des hypothèses de séparabilité fréquentielle, et de repère géo centré orbitant dans le voisinage du plan écliptique. Il s'agit donc d'aller au-delà de l'approche des GMFs actuelles pour préciser le contenu physique enregistré dans les « vecteurs-vent » et trouver une meilleure utilisation de ces signaux, à grande échelle, pour analyser et comprendre les évolutions et événements climatiques des dernières décennies, depuis 1991.

Le projet que nous proposons comporte plusieurs actions à mener en parallèle :

- mieux identifier le contenu géophysique des signaux enregistrés par les diffusiomètres et en travailler l'échantillonnage par différents satellites pour les interpréter dans une grille commune
- analyser la structure des « vecteurs énergies » via leur contribution aux différentes composantes du moment angulaire terrestre pour calibrer/valider les vecteurs à l'échelle planétaire
- estimer les différents composantes du moment angulaire océanique à partir de simulations océaniques forcées par des réanalyses, ou des champs satellites, afin d'identifier les différences et les interpréter en fonction du travail du vent, des vagues et marées
- réfléchir aux choix à faire pour améliorer la consistance entre les hypothèses utilisées par les modélisateurs et celles utilisées dans le traitement des données spatiales.

Ce projet ambitieux s'appuie sur la collaboration de plusieurs domaines de compétence. Il faut réunir des spécialistes du traitement du signal diffusiométrique, des astronomes/géodésiens qui s'intéressent au repère terrestre, à sa définition et à ses variations, des océanographes spécialistes des interactions vagues/courants, marées/courants, et

courant/vent, ainsi que des modélisateurs pour travailler à la mise en cohérence entre physique des modèles et physique des observations spatiales.

L'océan est concerné au premier chef par les « vecteurs-vent » du fait de son inertie considérable qui le rend particulièrement enclin à intégrer les signaux sur de grandes échelles de temps, mais l'atmosphère doit également en porter la trace. L'analyse des 3 composantes simulées du moment angulaire de l'atmosphère et des 3 composantes océaniques simulées dans les différentes configurations de forçage par les « vecteurs vent » est l'outil clef de modélisations avec et sans observations diffusiométriques que nous utiliserons pour valider les choix de référence espace-temps que nous allons tester afin de les rendre consistants avec les séries temporelles de mouvements des pôles et longueur du jour, ces 3 composantes étant très bien observées depuis longtemps, y compris depuis les débuts de l'océanographie spatiale en 1991. Le problème est particulièrement critique à résoudre pour les signaux saisonniers (**références 3 et 4**).

Nous espérons, par cette lettre, vous avoir convaincu de l'intérêt immédiat et long terme de ce projet, en particulier de l'importance à réunir progressivement les compétences interdisciplinaires nécessaires pour parvenir dans les années à venir à réconcilier les observations spatiales et la physique du système Terre traitée par les modélisateurs.

Références :

1) Analyses et collocations de produits de « vents » diffusiométriques :

Kelly K.A., Dickinson S., McPhaden M.J., & Johnson G.C.. (2004): Ocean currents evident in satellite wind data, *Geophys. Res. Letters*, 28(12), 2469-2471.

Bentamy A., Croize-Fillon D. & Perigaud C. (2008): Characterization of ASCAT measurements based on buoy and QuikSCAT wind vector observations, *Ocean Sci.*, 4, 265-274 (2008).

Voir:http://cersat.ifremer.fr/data/discovery/by_parameter/ocean_wind/mwf_quikscat

2) Produits d'océans observés et simulés avec produits de forçage atmosphérique. Deux

types de forçage atmosphérique produits par les centres de réanalyse (NCEP/NCAR et ECMWF/ERA), et les produits CORE (dont la climatologie des vents utilise celle de QuikSCAT) ont été distingués. Pour CORE, voir : Large W.G. & Yeager S.G.

(2009) Hindcast (1948-2007) forced with interannually varying dataset.

<http://www.clivar.org/organization/wgomd/core>

3 et 4) Produits océaniques et Moments Angulaires d'Océans et d'Atmosphère

Gross, R. S. (2005) Oceanic excitation of polar motion: A review in Forcing of Polar Motion in the Chandler Frequency Band: A Contribution to Understanding Interannual Climate Change, edited by HP Plag et al., 89–102, Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie **24**, Luxembourg.