



Université de Bretagne Occidentale

Ecole Doctorale

Sciences de la Mer et du Littoral

Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin

AVIS DE SOUTENANCE DE THESE

Le vendredi 13 décembre 2019 à 14h

à l'institut Universitaire Européen de la Mer, amphithéâtre "A", Technopôle Brest-Iroise, Plouzané

Madame SIEGELMAN-CHARBIT LIA

soutiendra une thèse de doctorat sur le sujet suivant :

"Ageostrophic dynamics in the ocean interior".

Le jury sera ainsi composé :

- **M. COLIN DE VERDIERE ALAIN, Professeur Emérite**
Univ. de Bretagne Occidentale - PLOUZANE
- **M. D'OVIDIO FRANCESCO, Chargé de Recherche**
Université P. et M. Curie - PARIS 05EME
- **M. KLEIN PATRICE, Directeur de Recherche**
IFREMER - Centre Bretagne - PLOUZANE
- **M. LAPEYRE GUILLAUME, Chargé de Recherche**
Ecole Normale Supérieure - PARIS 05EME
- **MME MORROW ROSEMARY, Directrice de Recherche**
Observatoire Midi-Pyrénées - TOULOUSE
- **M. RIVIERE PASCAL, Maître de conférences**
Univ. de Bretagne Occidentale - PLOUZANE

invité(e) :

- **M. GULA JONATHAN, Maître de conférences**
Univ. de Bretagne Occidentale - PLOUZANE
- **MME SYLVESTRE-BARON ANNICK, Chef de Projet**
CNES - TOULOUSE

A BREST, le 06 décembre 2019

Le Président de l'Université de
Bretagne Occidentale,



M. GALLOU

Présidence
3, rue des Archives
CS 93837
29238 Brest cedex 3

www.univ-brest.fr

Titre : Dynamique agéostrophique dans l'océan intérieur

Résumé

L'océan est le plus grand réservoir d'énergie solaire de notre planète. La quantité de chaleur qu'il est capable de stocker est modulée par sa circulation complexe, opérant sur une vaste gamme d'échelles allant du centimètre à la dizaine de milliers de kilomètres. Cette thèse s'intéresse à deux types de processus océaniques: les tourbillons de mésoéchelle, d'une taille de 100 à 300 km, et les fronts de sous-mésoéchelle, d'une taille inférieure à 50 km. L'idée communément admise est que les mouvements agéostrophiques de sous-mésoéchelle sont principalement confinés à la couche de mélange océanique de surface et sont faibles dans l'océan intérieur. Cette vision classique de la dynamique océanique repose sur l'hypothèse que l'océan intérieur est en équilibre quasi-géostrophique, empêchant la formation de forts gradients de densité en profondeur. Cette thèse remet en question ce paradigme en se basant sur des observations CTD *in situ* à haute résolution collectées par des éléphants de mer instrumentés, des images satellite d'élévation de la surface de l'océan, et des sorties de modèle à haute résolution dans le Courant Circumpolaire Antarctique. Les résultats indiquent que les mouvements agéostrophiques sont (i) générés par le champ tourbillonnaire de mésoéchelle via des processus de frontogenèse, et (ii) ne sont pas limités à la couche de mélange de surface ; bien au contraire, ils pénètrent dans l'océan intérieur jusqu'à 1000 m de profondeur. Ces fronts agéostrophiques de sous-mésoéchelle sont associés à d'importants flux de chaleur dirigés de l'intérieur de l'océan vers la surface, d'une amplitude comparable aux flux air-mer. Cet effet peut potentiellement altérer la capacité de stockage de chaleur de l'océan et devrait être le plus fort dans les zones tourbillonnaires telles que le Courant Circumpolaire Antarctique, le Kuroshio et le Gulf Stream, les trois courants clefs du système climatique. Il apparaît ainsi que les fronts agéostrophiques de sous-mésoéchelle représentent une voie importante, mais encore largement méconnue, pour le transport de chaleur, de nutriments et de gaz entre l'intérieur et la surface de l'océan, avec des répercussions potentiellement majeures pour les systèmes biogéochimique et climatique.

Title: Ageostrophic dynamics in the ocean interior

Abstract

The ocean is the largest solar energy collector on Earth. The amount of heat it can store is modulated by its complex circulation, which spans a broad range of spatial scales, from centimeters to thousands of kilometers. This dissertation investigates two types of physical processes: mesoscale eddies (100-300 km size) and submesoscale fronts (≤ 50 km size). To date, ageostrophic submesoscale motions are thought to be mainly trapped within the ocean surface mixed layer, and to be weak in the ocean interior. This is because, in the classical paradigm, motions below the mixed layer are broadly assumed to be in quasi-geostrophic balance, preventing the formation of strong buoyancy gradients at depth. This dissertation introduces a paradigm shift; based on a combination of high-resolution *in situ* CTD data collected by instrumented elephant seals, satellite observations of sea surface height, and high-resolution model outputs in the Antarctic Circumpolar Current, we show that ageostrophic motions (i) are generated by the background mesoscale eddy field via frontogenesis processes, and (ii) are not solely confined to the ocean surface mixed layer but, rather, can extend in the ocean interior down to depths of 1 000 m. Deep-reaching ageostrophic fronts are shown to drive an anomalous upward heat transport from the ocean interior back to the surface that is larger than other contributions to vertical heat transport and of comparable magnitude to air-sea fluxes. This effect can potentially alter oceanic heat uptake and will be strongest in eddy-rich regions such as the Antarctic Circumpolar Current, the Kuroshio Extension, and the Gulf Stream, all of which are key players in the climate system. As such, ageostrophic fronts at submesoscale provide an important, yet unexplored, pathway for the transport of heat, chemical and biological tracers, between the ocean interior and the surface, with potential major implications for the biogeochemical and climate systems.