« EFFETS DES PERTURBATIONS ANTHROPIQUES SUR LA BIOGÉOCHIMIE DANS L'OCÉAN CÔTIER À L'ÉCHELLE GLOBALE » PAR TIMOTHÉE BOURGEOIS

Discipline : météorologie, océanographie, physique de l'environnement / Laboratoire de recherche LSCE - Laboratoire des Sciences du Climat et de l Environnement

Résumé :
L'océan côtier subit la convergence de nombreuses perturbations anthropiques, avec le changement climatique en première ligne. Le réchauffement, l'acidification de l'océan, l'eutrophisation et la désoxygénation se combinent en menaçant les écosystèmes côtiers et les activités humaines associées. Malheureusement, la très forte hétérogénéité spatiale et temporelle de l'océan côtier limite la compréhension des processus biogéochimiques impliqués et leurs réponses face aux perturbations anthropiques. Les bases de données actuelles d'observations côtières sont encore insuffisantes et les modèles biogéochimiques océaniques globaux ont longtemps été inadaptés à l'étude de l'océan côtier global. En effet, la résolution spatiale de ces modèles était trop grossière pour résoudre de manière pertinente les processus de petites échelles. L'augmentation de la puissance de calcul des supercalculateurs permet l'utilisation de grilles de modèle

plus fines adaptées à l'étude de l'océan côtier. Dans cette thèse, nous proposons d'étudier l'évolution au cours des dernières décennies de la biogéochimie de l'océan côtier à l'échelle globale à l'aide du modèle couplé physique-biogéochimie NEMO-PISCES. Après une évaluation de la représentation globale de la biogéochimie côtière et du cycle du carbone côtier dans notre modèle océanique, nous estimons le rôle actuel de l'océan côtier dans l'absorption océanique de carbone anthropique et nous étudions l'impact de la perturbation anthropique des apports fluviaux sur la biogéochimie côtière. En utilisant 3 grilles de résolutions spatiales différentes (200 km, 50 km et 25 km), il a été estimé que l'utilisation de la grille de 50 km représente le meilleur compromis entre les trois résolutions testées et que le passage à 25 km ne montre pas d'améliorations significatives des champs biogéochimiques côtiers évalués. Après cette première évaluation, le puits de carbone anthropique de l'océan côtier a été estimé pour la première fois à partir d'un modèle 3D global. L'océan côtier absorberait ainsi seulement 4,5 % du carbone anthropique absorbé par l'océan global pour la période 1993-2012 alors qu'il représente 7,5 % de la surface océanique globale. L'absorption côtière est réduite par l'export limité du carbone anthropique vers l'océan ouvert ne permettant pas de réduire la concentration moyenne de carbone anthropique des eaux côtières au niveau de celle de la couche de mélange de l'océan ouvert. Enfin, les effets de la perturbation anthropique des apports fluviaux sur la biogéochimie côtière ont été jugés limités quant intégrés à l'échelle côtière globale. Cependant, ces perturbations sont très contrastées régionalement. La mer du Nord présente des variations biogéochimiques mineures du fait de la tendance locale modérée appliquée aux apports fluviaux en nutriments, comparée à la mer de Chine de l'Est où la forte augmentation des apports fluviaux provoque d'importants phénomènes de désoxygénation et d'acidification.

Abstract:

The coastal ocean suffers from the convergence of multiple anthropogenic stressors with climate change at the forefront. Combined stresses from global warming, ocean acidification, eutrophication and deoxygenation threaten coastal ecosystems and thus their services that humans rely on. Unfortunately, the coastal ocean's large spatiotemporal heterogeneity limits our understanding of the biogeochemical processes involved and their responses to anthropogenic perturbations. The current database of coastal observations remains insufficient, and global biogeochemical ocean models have long been inadequate to the study of the global coastal ocean. Indeed, the spatial resolution of these models has been too coarse to resolve key small-scale coastal processes. However, continual improvements in computational resources now allow global simulations to be made with sufficiently high model resolution that begins to be suitable for coastal ocean studies. In this thesis, we propose to study the evolution of the

coastal ocean biogeochemistry at the global scale over recent decades using higher resolution versions of the global physical-biogeochemical model NEMO-PISCES. After evaluating of the global representation of the coastal biogeochemistry in this ocean model, we estimate the current role of the coastal ocean in the ocean uptake of anthropogenic carbon and we study the impact of the anthropogenically driven changes in riverine inputs on the coastal biogeochemistry. From simulations made at 3 different spatial resolutions (200 km, 50 km, 25 km), we esteem that the 50-km model grid offers the best compromise between quality of results and computational cost. The upgrade to 25 km does not appear to provide significant improvement in model skill of simulating coastal biogeochemical fields. After evaluating the model, we provide an estimate of the coastal-ocean sink of anthropogenic carbon, the first study to do so with a global 3-D model. In our simulation, the coastal zone absorbs only 4.5% of the anthropogenic carbon taken up by the global ocean during 1993-2012, less than the 7.5% proportion of coastal-to-global-ocean surface areas. Coastal uptake is weakened due to a bottleneck in offshore transport, which is inadequate to reduce the mean anthropogenic carbon concentration of coastal waters to the average level found in the open-ocean mixed layer. Finally, the anthropogenic perturbation in riverine delivery of nutrients to the ocean has limited impact on the coastal carbon cycle when integrated across all coastal regions, but locally it can induce sharp biogeochemical contrasts. For example, the North Sea shows minor biogeochemical changes following the moderate local trend in nutrient riverine inputs, which is in dramatic contrast to the East China Sea where extensive deoxygenation and acidification are driven by sharp increases in riverine nutrient inputs.

INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

M. Laurent BOPP, Directeur de recherche, LSCE-CNRS / ENS - Directeur de these
M. Pierre REGNIER, Professeur, Université Libre de Bruxelles - Rapporteur
M. Wolfgang LUDWIG, Professeur, CEFREM - Université de Perpignan VD - Rapporteur
M. Goulven LARUELLE, Chargé de recherche, Université Libre de Bruxelles - Examinateur
M. Philippe BOUSQUET, Professeur, LSCE - Université de Versailles Saint Quentin en Yvelines - Examinateur
M. James ORR, Directeur de recherche, LSCE - CEA - Examinateur
Mme Isabelle DADOU, Professeur, LEGOS - Université Toulouse-III-Paul-Sabatier - Examinateur

Contact : DSR - Service FED : theses@uvsq.fr