

Effects of river delivery of nutrients and carbon on the biogeochemistry of the Arctic Ocean

Thèse de doctorat de l'Université Paris- Saclay et de l'Université Libre
de Bruxelles préparée à l'Université Versailles Saint-Quentin en
Yvelines

École doctorale n°129 Sciences de l'Environnement en Île-de-France (SEIF)
Spécialité de doctorat: Océan, atmosphère, climat et observations spatiales

Thèse présentée par

Jens Terhaar

Composition du Jury :

Philippe Bousquet Professeur, LSCE-IPSL, Gif-sur-Yvette	Examineur
Tatiana Ilyina Professeur, Max-Planck-Institut für Meteorologie, Hamburg	Rapporteur
Nicolas Gruber Professeur, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich	Rapporteur
Lei Chou Professeur, Université libre de Bruxelles	Examineur
Leif Anderson Professeur, Göteborgs universitet	Examineur
Laurent Bopp Professeur, École Normale Supérieure de Paris	Directeur de thèse
Pierre Regnier Professeur, Université libre de Bruxelles	Co-Directeur de thèse
James Orr Directeur de recherche, LSCE-IPSL, Gif-sur-Yvette	Responsable CEA

Titre : Les effets du transport de carbone et sels nutritifs sur la biogéochimie de l'océan Arctique sous l'effet du changement climatique

Mots clés : Biogéochimie, océan Arctique, débit fluvial, changement climatique

Résumé : Malgré une faible superficie à l'échelle globale, les zones côtières océaniques représentent des zones clés pour la production primaire des océans et de l'acidification, jouant ainsi un rôle important dans le cycle du carbone global. Ce sont des zones fortement influencées par les fleuves, en particulier en zone Arctique. Mais l'impact de ces apports fluviaux pour l'Océan Arctique est encore largement inconnu en raison du faible nombre d'observations dû aux conditions hostiles qui règnent dans cette zone. Ce travail de thèse a pour objectif d'améliorer notre compréhension de l'influence des apports fluviaux en carbone et nutriments pour l'Océan Arctique.

La première partie de ce travail de thèse a d'abord permis d'évaluer les performances de plusieurs versions du modèle biogéochimique océanique NEMO-PISCES dans l'Océan Arctique. En analysant les résultats du modèle pour des résolutions horizontales variables, j'ai pu montrer l'importance des apports latéraux pour l'inventaire de carbone

anthropique de l'Océan Arctique. Ces résultats ont ensuite permis d'ajuster une méthode d'estimation du carbone anthropique à partir d'observations pour l'océan Arctique.

Dans la deuxième partie, une estimation des flux de carbone et de nutriments provenant de l'ensemble des fleuves arctiques a été construite à partir d'une série d'observations. En utilisant ces flux pour forcer le modèle biogéochimique, j'ai ainsi montré que les apports fluviaux expliquent jusqu'à 24 % de la production primaire dans l'océan Arctique. Ces apports réduisent en même temps de 20% l'absorption de CO₂ par l'océan et diminuent saisonnièrement l'acidification de l'océan en surface. Finalement, des simulations idéalisées m'ont permis de quantifier la sensibilité de la biogéochimie de l'océan Arctique aux changements futurs d'apport de carbone et de nutriments par les fleuves. Cette sensibilité est de faible amplitude à l'échelle de l'océan Arctique, mais très importante dans les zones côtières et à proximité de l'embouchure des fleuves.

Title : Effects of river delivery of nutrients and carbon on the biogeochemistry of the Arctic Ocean

Keywords : Biogeochemistry, Arctic Ocean, riverine delivery, climate change

Abstract : Coastal oceans play an important role in the carbon cycle and are hotspots of ocean primary production and ocean acidification. These coastal regions are strongly influenced by rivers, especially in the Arctic. Despite the importance of the riverine delivery of carbon and nutrients, their effect on the Arctic Ocean is still poorly understood due to hostile conditions and the consequently low number of observations. This thesis aims at improving our understanding of the influence of Arctic riverine delivery of carbon and nutrients by using ocean biogeochemical models.

The first part of the thesis evaluated the model skills of the ocean biogeochemical model NEMO-PISCES in the Arctic Ocean. By analyzing model results at different horizontal resolutions, the importance of lateral influx from the adjacent oceans for anthropogenic carbon cycle in the Arctic Ocean was

demonstrated. These results were then used to adjust a previously published data-based estimate of anthropogenic carbon storage in the Arctic Ocean and the corresponding ocean acidification.

In the second part, a pan-Arctic observation-based dataset of riverine carbon and nutrient fluxes was created. This dataset was then used to force the ocean biogeochemical model and the river fluxes were quantified. River fluxes have been shown to sustain up to 24% of Arctic Ocean primary production, to reduce the air-sea CO₂ uptake by 20%, and to reduce surface ocean acidification seasonally. Eventually, idealized simulations were made to quantify the sensitivity of the Arctic Ocean biogeochemistry to future changes in riverine delivery of carbon and nutrients. Sensitivities are of small magnitude on a pan-Arctic scale, importance in the coastal areas, and the dominant factor close to river mouths.

