

## La vie au cœur des tourbillons océaniques témoigne de leur histoire

*Si on comprend de mieux en mieux la physique et l'écologie des tourbillons océaniques, leur productivité biologique ne peut pas toujours être expliquée par les processus observés à un moment donné. Dans le canal du Mozambique, la modélisation permet de montrer qu'elle dépend aussi de leur histoire.*



La production biologique primaire des océans est issue de la photosynthèse des micro-algues. Elle dépend de nutriments (nitrates, phosphates, silicates,...) qui ne sont pas recyclés à 100% dans la couche de surface, à cause de la sédimentation d'une partie de la matière organique vers les couches profondes. Cet appauvrissement est cependant compensé par l'apport d'eaux plus riches en nutriments, transportées latéralement ou verticalement par différents mécanismes hydrologiques, parmi lesquels les tourbillons de moyenne échelle (de 50 à 500 km). Une idée répandue est que l'activité biologique d'un tourbillon est liée au mouvement ascendant ou descendant de l'eau selon qu'il est de type cyclonique ou anticyclonique, conduisant à un enrichissement ou un appauvrissement. Mais la réalité est beaucoup plus complexe et la biogéochimie d'un tourbillon dépend de son histoire et de son interaction avec d'autres structures de méso-échelle ou avec le plateau continental.

L'objectif de l'article est d'analyser l'histoire de tourbillons présentant des caractéristiques biologiques (nutriments, chlorophylle) différentes en surface : leur production planctonique est-elle stimulée par l'injection verticale de nutriments dans leur centre, ou par le transport vers le large et la rétention d'eaux côtières productives ?

La zone d'étude est le canal du Mozambique, où le niveau d'énergie tourbillonnaire est un des plus élevés au monde ; il s'y forme chaque année quatre ou cinq tourbillons d'un diamètre atteignant 300 km et pouvant s'étendre de la surface jusqu'au fond. Leur rôle écologique primordial a été mis en évidence à tous les niveaux de l'écosystème, depuis le phytoplancton jusqu'aux thons en passant par le zooplancton, les oiseaux de mer et leurs proies.

L'étude a associé un modèle de circulation (formation et déplacement des tourbillons) et un modèle de biogéochimie (niveaux trophiques et cycles des nutriments). Ces modèles ont été initialisés à partir d'un jeu de données mensuelles issu d'observations et de simulations. Avant de lancer la simulation

sur la période étudiée (cinq ans), la stabilisation des modèles a été obtenue en les faisant tourner sur les cinq années précédentes. La comparaison avec les données satellite montre que, malgré quelques différences, la simulation reproduit bien les structures à grande échelle de la circulation dans le canal du Mozambique et les réponses biogéochimiques associées. Plusieurs tourbillons apparus après la stabilisation ont été sélectionnés, et les résultats des modèles ont permis d'en retracer l'évolution depuis leur naissance.

Des situations très diverses ont été rencontrés, mettant en jeu des tourbillons cycloniques (C1 à C3) ou anticycloniques (A1 à A4).

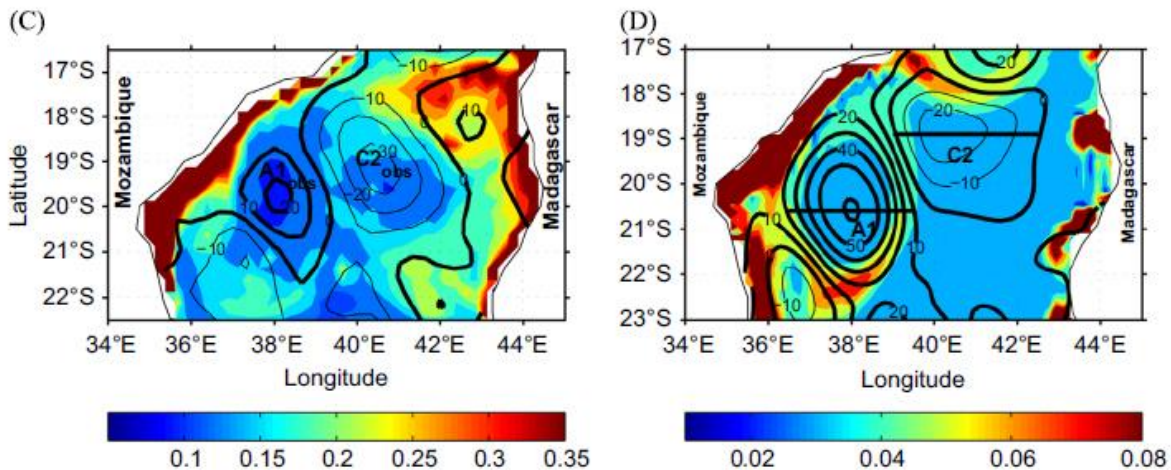
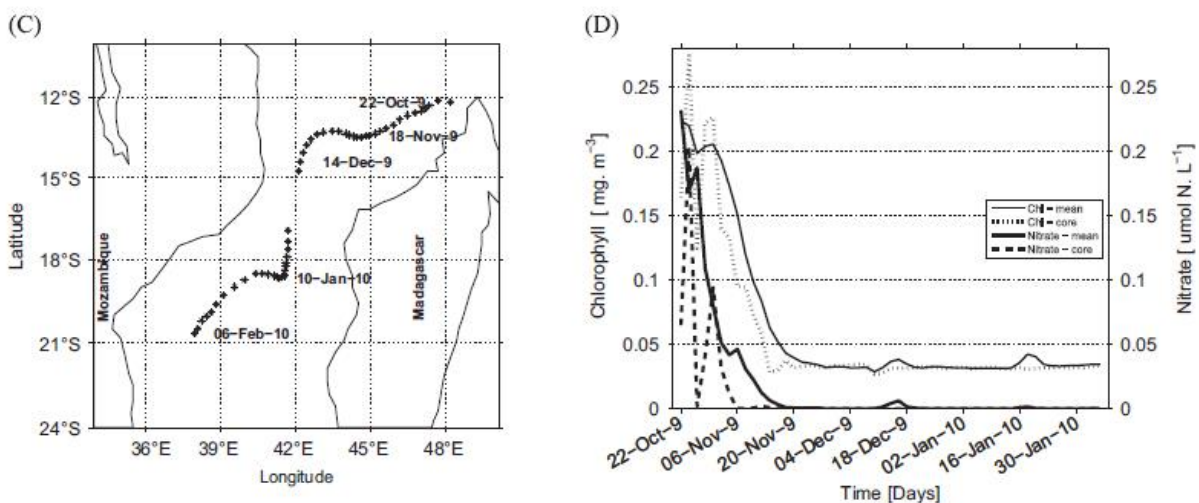


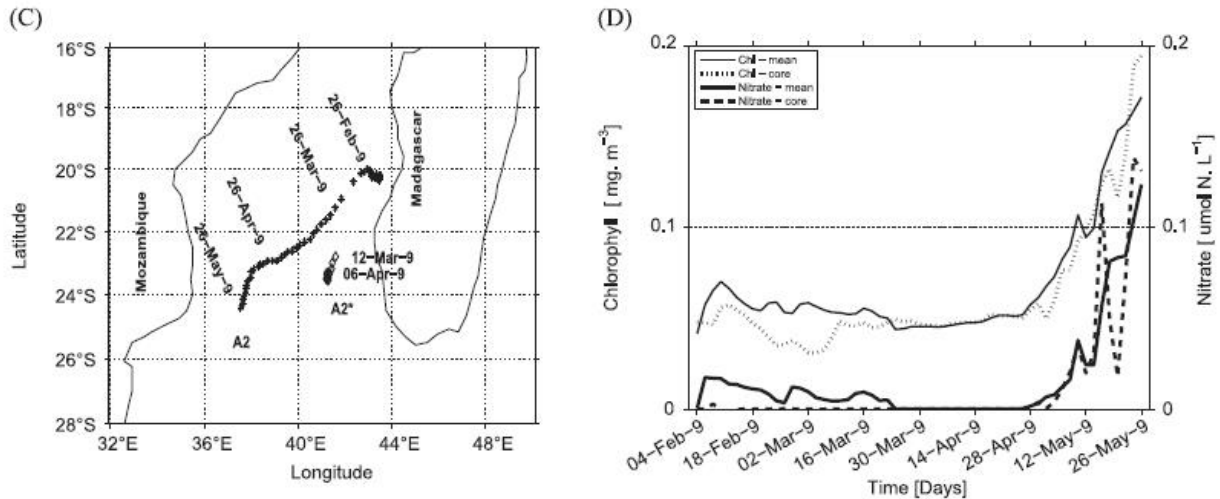
Image satellite (à gauche) et sortie de modèle (à droite) montrant les tourbillons A1 et C2. Les couleurs indiquent la concentration de chlorophylle et les contours l'anomalie du niveau de la mer (plus élevé dans A1, plus bas dans C2)

- C1 est né au sud de Madagascar et a dérivé vers l'ouest-sud-ouest ; les concentrations en nitrate et chlorophylle, initialement élevées, ont diminué progressivement faute d'apport extérieur significatif.
- à sa formation, le tourbillon A1 a entraîné des eaux côtières du nord de Madagascar, assez riches en nutriments. Ce stock initial a été rapidement épuisé par le phytoplancton ; au cours de son déplacement, l'anneau s'est légèrement enrichi à deux reprises des nutriments d'eaux côtières dont sa trajectoire s'était rapprochée.



Trajectoire et concentrations en nitrate et en chlorophylle du tourbillon A1

- C2 est né dans les eaux extrêmement pauvres du centre du canal du Mozambique et s'est déplacé vers l'ouest sans bénéficier d'aucun mécanisme d'enrichissement.
- né au même endroit, A2 était pauvre en nitrates et s'est encore appauvri en se fondant avec un autre tourbillon anticyclonique. Ce n'est que dans le dernier mois de son existence qu'il a changé de trajectoire et s'est enrichi par injection latérale de nutriments.



*Trajectoire et concentrations en nitrate et en chlorophylle du tourbillon A2*

- A3 a parcouru presque tout le canal du Mozambique du nord au sud ; les nitrates y ont soutenu la production planctonique jusqu'à ce le stock de fer disponible pour les algues soit épuisé.
- on a également suivi deux tourbillons interagissant avec le plateau continental du Mozambique. A4 était pauvre en chlorophylle en son centre mais plus riche en périphérie, au nord-ouest et au sud ; lors de son déplacement, sa zone périphérique sud s'est confondue avec C3, qui était riche en chlorophylle.

L'étude de ces situations a montré que les caractéristiques d'un tourbillon observé à un instant donné peuvent être trompeuses car elles sont le résultat des conditions de sa naissance puis de son histoire pendant plusieurs mois.

Les trois tourbillons anticycloniques (A1, A2 et A3) avaient des concentrations de nitrate et de chlorophylle variant de 1 à 100. A1 et A3 avaient leur maximum de nitrate à leur naissance près du plateau continental et n'ont pas reçu d'apports de nutriments pendant leur trajet de trois mois dans le Canal du Mozambique. L'enrichissement de A2 s'est produit à la fin de sa trajectoire quand il s'est rapproché de la côte. L'interaction des tourbillons avec le domaine côtier les enrichit, mais c'est aussi un mécanisme assurant le transport des nutriments côtiers vers le large.

Les caractéristiques différentes des tourbillons cycloniques (C1 et C2) pouvaient aussi s'expliquer par leur origine. C2 s'est formé dans des eaux peu productives et n'a pas évolué significativement pendant le mois de son trajet. Au contraire, C1 est né dans une région de remontées d'eaux profondes riches en nutriments (upwelling côtier) ; il en a gardé les plus fortes concentrations de surface de nitrate, ainsi que la plus forte production biologique.

Ces exemples soulignent la complexité de l'écosystème et l'utilité des modèles pour l'étude des mécanismes responsables de la production primaire dans les tourbillons ; la démarche de modélisation pourra être étendue en y incluant les niveaux trophiques supérieurs (prédateurs).

## L'article

José Y.S., [Aumont O.](#), [Machu E.](#), [Penven P.](#), Moloney C.L., Maury O., 2014. Influence of mesoscale eddies on biological production in the Mozambique Channel: several contrasted examples from a coupled ocean-biogeochemistry model. *Deep-Sea Research II*, 100: 79-93.

## Les auteurs

Ce travail résulte de la collaboration de chercheurs de laboratoires français (le [Laboratoire de physique des océans](#) de l'IUEM à Brest et l'UMR "[Ecosystèmes Marins Exploités](#)" à Sète) et sud-africains ([Marine Research Institute](#) de l'Université de Cape Town).

## La revue

Fondée en 1953, la revue *Deep-Sea Research* s'est scindée en 1993 avec la création d'une nouvelle revue ([Deep-Sea Research II: Topical Studies in Oceanography](#)) qui n'édite pas des articles isolés mais des numéros thématiques, issus de projets internationaux et interdisciplinaires ou de colloques scientifiques. C'est ainsi que le numéro 100, paru en février 2014, regroupe 17 articles (220 pages) consacrés aux dynamiques de méso-échelle et aux réponses écosystémiques dans le canal du Mozambique.

## Contacts

Auteurs : consulter [l'annuaire de l'IUEM](#)

Service Communication et médiation scientifique : [communication.iuem@univ-brest.fr](mailto:communication.iuem@univ-brest.fr)

## L'Actu des publis

Une rubrique à retrouver chaque mois sur le site de l'IUEM :

<http://www-iuem.univ-brest.fr/fr/science-et-societe/sciences-pour-tous/actu-des-publis>