

Technologies émergentes au sein des réseaux d'observation des écosystèmes marins

Comment les nouvelles technologies peuvent aider la biologie marine et à faire progresser nos connaissances des écosystèmes océaniques ?

Situation actuelle : Le Sud de l'Atlantique tropical est beaucoup moins étudié que l'Atlantique Nord. Il y a un manque d'observation et de connaissance du vaste Atlantique Sud, entravant ainsi une conservation efficace et durable et l'amélioration des services écosystémiques.

TRIATLAS est un projet de recherche qui se concentre particulièrement sur ce problème. Pour la première fois et grâce aux nouvelles technologies, il existe maintenant un point de départ pour étudier davantage les écosystèmes de cette région. Pendant la période du projet de 2019 à 2023, une série de technologies avancées a été développée et partagée entre les partenaires coopérants dans l'océan Atlantique sud. Le projet a été conçu non seulement pour améliorer les mesures des propriétés physiques et chimiques, mais aussi, pour la première fois, les propriétés biologiques aux mêmes échelles spatiales et temporelles. De telles méthodologies nous permettent d'étudier à la fois l'habitat et les communautés biotique, ainsi que le fonctionnement de l'écosystème.

Pour étudier l'océan et tout ce qui y vit, des plus petits planctons aux grands organismes,

Qu'est-ce que l'océanographie ?

- En océanographie physique, les chercheurs étudient le mouvement des masses d'eau, comme les courants océaniques. Ils mesurent la température, la salinité, la direction et la vitesse des courants.
- En océanographie chimique, les chercheurs étudient la chimie de l'océan, comme le pH, l'oxygène et le carbone dans les masses d'eau, et à quelle profondeur.
- En océanographie biologique, les chercheurs étudient à quoi ressemble la communauté des organismes vivants à différentes profondeurs, y compris les bactéries, le plancton jusqu'aux poissons, de la surface jusqu'au fond de l'océan.

nous avons besoin d'observations. Comprendre les changements actuels et futurs nécessite une référence de départ pour évaluer les variations. Il est important de prendre en compte les variations naturelles de l'écosystème pour mieux comprendre les éventuels changements liés au climat.

Comment les écosystèmes océaniques ont-ils été observés ?

Pendant le projet TRIATLAS et le projet PI-RATA, plusieurs campagnes océanographiques dans l'Atlantique Tropical et Sud ont recueilli un grand nombre de données biologiques et environnementales.

L'acoustique active, utilisant des échosondeurs, et les capteurs d'imagerie tels que les caméras in situ fournissent des données précieuses sur les écosystèmes marins.



L'utilisation des échosondeurs présente plusieurs avantages

Les échosondeurs sont des instruments qu'on retrouve couramment sur les navires de recherche et de pêche modernes, utilisés pour la navigation, la cartographie et la détection des structures sous-marines et des poissons. Un échosondeur peut enregistrer des données en continu. Il peut échantillonner toute la colonne d'eau jusqu'à quelques milliers de mètres en un clin d'œil. Cela place l'acoustique active comme une méthode prédominante dans la recherche en haute mer. Enfin, l'acoustique est une méthode non invasive pour l'échantillonnage biologique, ce qui permet de mesurer les densités de poissons dans les aires marines protégées et les réserves.

L'un des inconvénients majeurs de cette méthode réside dans la nature abstraite des données qui ne sont que des "échos" au lieu d'images ou d'animaux réels. En utilisant la modélisation inversée pendant TRIATLAS, des progrès ont été faits pour catégoriser les différents types d'échos provenant des crustacés et des poissons.

L'utilisation de techniques d'imagerie présente plusieurs avantages

Des images des planctons et des particules dans la colonne d'eau peuvent être obtenues suite à des collectes au filet et des analyses microscopiques et avec une caméra montée sur des plateformes CTD/rosette ou montée sur des flotteurs autonomes tels que les ARGO.

L'avantage de l'imagerie in situ est la possibilité de détecter et de reconnaître rapidement des organismes ou des particules fragiles qui pourraient être détruits pendant la collecte au filet. Cependant, l'inconvénient de cette technique est le faible volume d'observation et de la faible résolution. L'imagerie peut être utilisée pour estimer les nombres et la biomasse de grands groupes de plancton mais rarement pour des estimations de la biodiversité. Les flotteurs

Un phénomène naturel affectant les écosystèmes

Dans l'Atlantique tropical et austral, il existe un phénomène naturel affectant le cycle de l'océan. Il est appelé le Mode Méridional de l'Atlantique, et il domine les variations de température de la surface de la mer et des vents de surface –comme le phénomène « El Niño » dans le Pacifique.

La série temporelle de haute qualité du programme TRIATLAS a contribué à une meilleure compréhension des processus qui régissent les cycles de l'océan dans l'Atlantique tropical oriental.

ARGO sont des robots qui flottent dans l'océan à différentes profondeurs et qui collectent des données dans la colonne d'eau. Au sein du projet TRIATLAS, des capteurs appelés UVP6LP ont été montés sur des flotteurs ARGO et ont été déployés dans l'océan. Pendant un an et demi, les instruments ont collectés des données à l'équateur, dans le système d'Angola et du Benguela, avant que le flotteur ARGO ne soit récupéré. Ils ont acquis des données océanographiques (CTD- température, salinité- oxygène et fluorescence) et des images de particules et de plancton de la surface jusqu'à une profondeur de 2000 mètres. Ces nouvelles observations ont été combinées avec des ensembles de données optiques et d'images existantes.

Toutes les données et les images des flotteurs ARGO ont été analysées en laboratoire. La difficulté a été de constater pendant la classification du nombre massif d'images nécessitant une validation par des experts. C'est là que l'intelligence artificielle pourrait jouer un rôle crucial, avec le développement de nouveaux algorithmes pour reconnaître les types et les traits des planctons identifiés.

Les déploiements réussis pendant TRIATLAS aideront également à développer de meilleurs



algorithmes d'intelligence artificielle non seulement pour trier le plancton, mais aussi les

particules qui ont une infinité de formes dans l'océan.

L'héritage TRIATLAS : Activité de réseautage et le renforcement des capacités

L'un des principaux accomplissements de TRIATLAS a été la création d'un groupe de travail sur les "Spectres de taille des petites particules aux gros poissons", avec des chercheurs de nombreuses institutions du Brésil, d'Afrique et d'Europe.

Ce groupe de travail a été actif dans la collecte et la normalisation de données sur les distributions de taille des différents composants des écosystèmes pélagiques dans l'Atlantique tropical, subtropical et sud.

Nous avons collecté des données sur le plancton de la taille du picoplancton, du nanoplancton, du microplancton et du macrozooplancton capturé au filet (> 500 microns), jusqu'aux tailles plus grandes des communautés de poissons mésopélagiques, des macroinvertébrés pélagiques, et des particules détectées par les capteurs.

Nous avons utilisé ces données pour construire leurs spectres de taille normalisés en biovolume (NBSS) dans de nombreux écosystèmes marins distincts à travers l'océan Atlantique. Nos analyses indiquent que les écosystèmes plus chauds et moins productifs soutiennent un nombre inférieur d'organismes de grande taille, avec des conséquences pertinentes pour les prédictions des écosystèmes dans un contexte du changement climatique.

Pendant TRIATLAS, l'activité de réseautage a été entreprise à travers la participation au ré-

seau I/ITAPINA et à travers le renforcement des capacités. TRIATLAS a également donné l'opportunité aux scientifiques de proposer à la communauté ouest-africaine une infrastructure de surveillance du plancton dans le cadre du projet Plankt'Eco.

L'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles – ISRA-CRODT, partenaire de TRIATLAS, a été sélectionné comme institution hôte pour l'équipement (UVP6, zooscan et planctoscope). Le personnel technique de cet institut et d'autres bénéficiera d'une formation et d'une assistance en imagerie pélagique dans le cadre du projet Plankt'Eco.

L'activité à long terme de cette infrastructure dépendra des projets futurs dans lesquels cette infrastructure d'imagerie ouest-africaine sera impliquée.

Nous prévoyons la nécessité d'une surveillance côtière des ressources naturelles et exploitées dans l'environnement côtier et également dans les upwellings. La prochaine étape consistera à combiner ces instruments d'imagerie avec des capteurs acoustiques.

L'activité de réseautage a permis aux scientifiques de TRIATLAS de proposer un projet pour financer les capacités d'observation par imagerie en Afrique de l'Ouest.



Auteurs et coordonnées

Cette note politique a été réalisée par le projet TRIATLAS Horizon 2020 de l'UE, avec des contributions des personnes suivantes :

- Pavanee Angelee Annasawmy, Université de Bretagne Occidentale, France
- Tim Dudeck, ZMT Bremen, Allemagne
- Yawouvi Dodji Soviadan Sorbonne Université, France
- Rainer Kiko, Sorbonne Université, France, et GEOMAR Helmholtz-Zentrum für

Ozeanforschung Kiel, Allemagne

- Lars Stemmann, Sorbonne Université, France
- Gudrun Urd Sylte, Université de Bergen, Norvège
- Ralf Schwamborn, UFPE, Recife, Brésil
- Rubens M. Lopes, UFPE, Recife, Brésil

Contact

Lars Stemmann
lars.stemmann@imev-mer.fr

Références

- Drago, L., T. Panaiotis, J.-O. Irisson, M. Babin, T. Biard, F. Carlotti, L. Coppola, L. Guidi, H. Hauss, L. Karp-Boss, F. Lombard, A. M. P. McDonnell, M. Picheral, A. Rogge, A. M. Waite, L. Stemmann, and R. Kiko. 2022. Global Distribution of Zooplankton Biomass Estimated by In Situ Imaging and Machine Learning. *Frontiers in Marine Science* 9. doi:10.3389/fmars.2022.894372
- Picheral, M., C. Catalano, D. Brousseau, H. Claustre, L. Coppola, E. Leymarie, J. Coindat, F. Dias, S. Fevre, L. Guidi, J. O. Irisson, L. Legendre, F. Lombard, L. Mortier, C. Penkerch, A. Rogge, C. Schmechtig, S. Thibault, T. Tixier, A. Waite, and L. Stemmann. 2022. The Underwater Vision Profiler 6: an imaging sensor of particle size spectra and plankton, for autonomous and cabled platforms. *Limnology and Oceanography Methods* 20: 115–129. doi:10.1002/lom3.10475
- Kiko, R., M. Picheral, D. Antoine, M. Babin, L. Berline, T. Biard, E. Boss, P. Brandt, F. Carlotti, S. Christiansen, L. Coppola, L. de la Cruz, E. Diamond-Riquier, X. D. de Madron, A. Elineau, G. Gorsky, L. Guidi, H. Hauss, J.-O. Irisson, L. Karp-Boss, J. Karstensen, D. Kim, R. M. Lekanoff, F. Lombard, R. M. Lopes, C. Marec, A. M. P. McDonnell, D. Niemeyer, M. Noyon, S. H. O'Daly, M. D. Ohman, J. L. Pretty, A. Rogge, S. Searson, M. Shibata, Y. Tanaka, T. Tanhua, J. Taucher, E. Trudnowska, J. S. Turner, A. Waite, and L. Stemmann. 2022. A global marine particle size distribution dataset obtained with the Underwater Vision Profiler 5. *Earth System Science Data* 14: 4315–4337. doi:10.5194/essd-14-4315-2022
- Irisson, J.-O., S.-D. Ayata, D. J. Lindsay, L. Karp-Boss, and L. Stemmann. 2022. Machine Learning for the Study of Plankton and Marine Snow from Images. *Annual review of marine science* 14: 277–301. doi:10.1146/annurev-marine-041921-013023



Ce projet a reçu un financement du programme de recherche et d'innovation Horizon 2020 de l'Union européenne dans le cadre de la convention de subvention n° 817578.