

Emergentes technologies dans les réseaux d'observation des écosystèmes marins

Comment la nouvelle technologie peut aider la biologie marine à progresser la connaissance des écosystèmes océaniques.

Voici la situation: 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, entraînant une avancée et une amélioration à long terme des services écosystémiques.

TRIATLAS est un projet de recherche qui se concentre particulièrement sur ce problème. Pour la première fois et grâce à la nouvelle technologie, 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 édifié non seulement pour améliorer les mesures des propriétés physiques et chimiques, mais aussi, pour la première fois, pour les propriétés biologiques à la même échelle spatiale et temporelle. Ces méthodologies nous permettent d'étudier à la fois l'habitat et les communautés biotiques, ainsi que le fonctionnement de l'écosystème.

Pour étudier l'océan et ses populations, des plus petits organismes aux plus grands poissons, nous avons besoin d'observations. Comprendre

Qu'est-ce que l'océanographie ?

- En océanographie physique, les chercheurs étudient le mouvement des masses d'eau, comme les courants océaniques. Ils mesurent les températures, la salinité, les directions 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 plus grand jusqu'aux poissons, de la surface au fond de l'océan.

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 PIRATA, plusieurs croisières dans l'Atlantique Tropical et Sud ont recueilli un grand nombre de données biologiques et environnementales.

L'acoustique sous-marine, également connue comme sondeurs, et les capteurs d'imagerie tels que les caméras in situ fournissent des données précieuses sur les écosystèmes marins.



L'utilisation des sondeurs présentait plusieurs avantages

Les sondeurs sont des instruments très typiques 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 sondeur peut être utilisé en même temps que le bateau continue son parcours, sans nécessité d'arrêt. Il peut échantillonner toute la colonne d'eau jusqu'à quelques milliers de mètres en un clin d'œil. Cela place l'hydroacoustique comme une importante méthode dans la recherche en haute mer. Enfin, l'acoustique est une méthode non invasive pour l'échantillonnage biologique, ce qui permet de mesurer les abondances 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 inverse, des progrès ont été réalisés pendant TRIATLAS pour catégoriser les différents types d'échos provenant des crustacés et des poissons.

L'utilisation de techniques d'imagerie présente plusieurs avantages

Des images de tous les planctons et particules dans la colonne d'eau peuvent être obtenues après des collectes au filet et des analyses microscopiques ou directement in situ avec une caméra montée sur des plateformes CTD/rosette attachées au navire de recherche ou montées sur des flotteurs autonomes tels que 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. Cependant, la difficulté est la taille du volume pour l'observation et la résolution faible. Ils peuvent être utilisés pour estimer les nombres et la biomasse de larges groupes de plancton mais rarement pour des estimations de la bio-

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 des températures de la surface de la mer et des vents de surface – un peu comme son cousin mieux connu dans le Pacifique, El Niño.

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.

diversité.

Les flotteurs ARGO sont une sorte de robots qui flottent dans l'océan à différentes profondeurs en collectant des données dans la colonne d'eau. Dans TRIATLAS, des capteurs appelés UVP6LP ont été montés sur des flotteurs ARGO et déployés dans l'océan. Pendant un an et demi, les instruments ont surveillé l'équateur, dans le système Angola et Benguela, avant que le flotteur ARGO ne soit récupéré. Ils ont acquis des données océanographiques de base (CTD, O₂, fluorescence) et des images de particules et de plancton de la surface à une profondeur de 2000 mètres. Ces nouvelles observations ont été combinées avec des ensembles de données optiques et d'images existants.

Toutes les données et images des flotteurs ARGO ont été analysées en laboratoire. La difficulté a été constatée pendant la classification du nombre massif d'images qui nécessitent certaine validation des chercheurs avant tout. C'est là que l'AI pourrait jouer un rôle crucial, avec de nouveaux algorithmes pour reconnaître les types et les traits de plancton identifiants.

Les déploiements réussis pendant TRIATLAS aideront également à développer de meilleurs



algorithmes d'AI pour trier non seulement le plancton mais aussi les particules qui ont une

infinité de formes dans l'océan.

L'héritage TRIATLAS: Activité pour la liaison, et 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 cellules 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, la normalisation et la collecte de données sur les distributions de taille de différents composants des écosystèmes pélagiques dans l'Atlantique tropical, subtropical et sud.

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

Nous avons utilisé ces données pour construire leurs spectres de taille de biovolume normalisés (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 indicateurs pertinentes pour les prédictions des écosystèmes dans le contexte du changement climatique.

Pendant TRIATLAS, une activité pour serrer la cohésion partenariale a été entreprise à travers

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

Le partenaire TRIATLAS, l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles – ISRA-CRODT, a été sélectionné comme institution hôte pour l'équipement (UVP6, zooscan et planktoscope). 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 futurs projets dans lesquels cette infrastructure d'imagerie ouest-africaine sera impliquée.

Nous prévoyons la nécessité d'une surveillance côtière des ressources naturelles et récoltées dans l'environnement côtier et également dans les upwellings. Combiner ces instruments d'imagerie avec les capteurs acoustiques sera la prochaine étape à venir.

L'activité de cohésion 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 informations de contact

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

- Pavane 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.