

In L'inventaire de la biodiversité aujourd'hui. Nouvelles méthodes et découvertes. pp 43-57

2024

Ed Violaine Nicolas

ISBN papier : 9781784059866

ISBN ebook : 9781784069865

<https://archimer.ifremer.fr/doc/00896/100789/>

Archimer

<https://archimer.ifremer.fr>

Objectif Plancton : un programme de science participative pour l'étude de la diversité du plancton

Gallut Cyril ¹, Liret Céline ², Le Moal Marine ², Pondaven Philippe ³, Banovski-Klein Cécile ³, Cadier Mathilde ⁴, Charpentier Antoine ⁵, Fustec Klervi ⁶, Le Guen Julianne ², Le Roy Molène ⁷, Pichon Joëlle ², Plus Martin ⁴, Schweibold Laura ³, Sourisseau Marc ⁴, Schnell Nalani K. ⁸

¹ Institut de Systématique Évolution Biodiversité (ISYEB), Sorbonne Université, MNHN, CNRS, EPHE, UA, Station Marine de Concarneau, Place de la Croix, 29900 Concarneau, France.

² Océanopolis, Port de Plaisance du Moulin blanc, BP 91039, 29210 Brest Cedex 1, France

³ Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin, LEMAR, Institut Universitaire Européen, IUEM, Université de Brest, UBO, Rue Dumont d'Urville, 29280 Plouzané, France.

⁴ Laboratoire d'Écologie Pélagique DYNECO-PELAGOS, Ifremer, Centre Bretagne – ZI de la Pointe du Diable, CS 10070, 29280 Plouzané, France

⁵ Observatoire du Plancton, Boulevard de la Compagnie des Indes, 56290 Port-Louis, France

⁶ UMR AMURE, Institut universitaire européen de la mer, Rue Dumont d'Urville, F29280 Plouzané, France

⁷ Fonds Explore, 1 Rue des Senneurs ZI du Moros, 29900 Concarneau, France

⁸ Institut de Systématique Évolution Biodiversité (ISEYB), Muséum national d'Histoire naturelle, CNRS, SU, EPHE, UA, Station Marine de Concarneau, Place de la Croix, 29900 Concarneau, France

1. Un projet de science participative

Objectif Plancton est un programme de recherche scientifique alimenté par une initiative citoyenne. Ce projet à dimension régionale réunit scientifiques, plaisanciers, médiateurs scientifiques et grand public pour contribuer à la connaissance de l'océan sur 3 sites côtiers bretons : les rades de Brest et Lorient ainsi que la baie de Concarneau.

La grande originalité d'Objectif Plancton, c'est de réunir selon les sites, entre 5 et 17 bateaux de plaisance, qui vont réaliser, au même instant, les mêmes prélèvements à différents points de la zone d'étude, ce qui permet d'en obtenir une vision synoptique. Cela représente une opportunité inédite pour les chercheurs qui ne disposent pas des moyens de réaliser par eux-mêmes ce type d'échantillonnage. Cette opération est réalisée trois fois par an à la même période, à Brest, Lorient et Concarneau : en avril, juin et septembre. Chaque site à ses spécificités mais globalement le déroulement d'une session est similaire. Les sessions se déroulent le samedi à Brest et Concarneau ou le mercredi à Lorient. Le matin les médiateurs distribuent un kit contenant le matériel à chaque bateau participant et fournissent toutes les explications nécessaires pour mettre en œuvre correctement le protocole de prélèvement. En plus des plaisanciers, d'autres participants peuvent embarquer selon les places disponibles, ce sont souvent des étudiants ou des passionnés de nature. Les bateaux rejoignent le point qui leur a été assigné et réalisent les prélèvements à l'heure dite, puis ils rapportent les échantillons à terre, où les médiateurs et scientifiques les conditionnent pour les conserver avant analyse au laboratoire. C'est un moment privilégié de rencontre et d'échange entre les participants, les médiateurs et les scientifiques, et c'est l'occasion pour chacun de découvrir la fascinante diversité du plancton et de prendre conscience de sa fragilité. Une fois par an à chaque site, les participants et le public sont invités à une soirée de restitution où leur sont présentés les avancés du projet.

C'est en 2014 qu'Océanopolis organise pour la première fois des opérations de collecte de plancton par des plaisanciers en rades de Brest et Lorient, afin de sensibiliser le grand public à l'importance du plancton dans l'océan. Cette initiative citoyenne représente une opportunité unique d'échantillonner simultanément différents points d'un même écosystème. Les scientifiques s'en saisissent pour étudier la distribution spatiale du plancton à petite échelle. De cette rencontre naît alors le programme Objectif Plancton. Le programme va se structurer progressivement. À chaque site, une structure de médiation scientifique a pour rôle de fédérer localement les plaisanciers, de faciliter le lien entre scientifiques et usagers de la mer, de développer la diffusion et le partage des connaissances auprès des participants et du grand public : Océanopolis à Brest, l'observatoire du plancton à Lorient et le fond Explore à Concarneau. Différents partenaires scientifiques sont impliqués dans ce projet : l'Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM-UBO), l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer) et la Station Marine de Concarneau (Muséum national d'Histoire

naturelle). Côté usagers de la mer, plusieurs structures participent également : l'Amicale des plaisanciers des Marinas de Brest (APMB), la SNSM de Brest, le Centre Nautique de Fouesnant Cornouaille, le Club nautique des minahouets de Locmiquelic, l'Association des Pêcheurs Plaisanciers de la Région de Lorient, l'Amicale des pêcheurs plaisanciers de Port-Louis, les associations « Les Gléan », « Marche Avec », « Ansel » et « Astrolabe Expéditions ». Océanopolis assure la coordination de l'ensemble (voir figure 1).

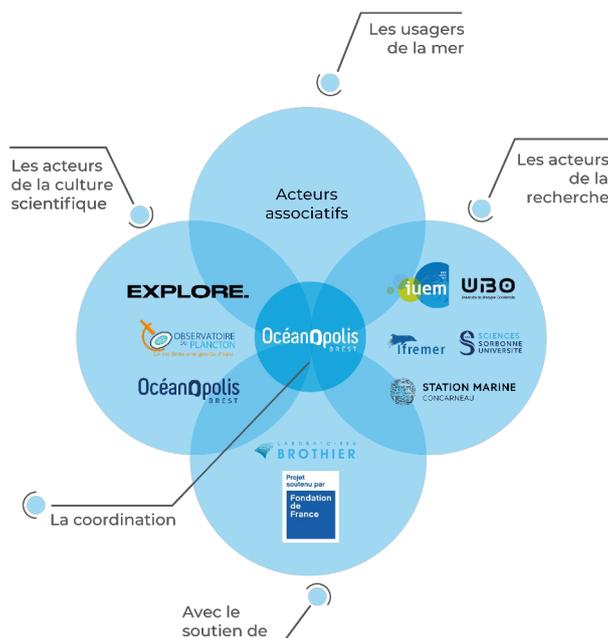


Figure 1. « L'écosystème » du programme Objectif Plancton.

2. Objectifs scientifiques

L'océan héberge une multitude d'organismes qui flottent et dérivent avec les courants. C'est le plancton, pour l'essentiel invisible à l'œil nu. Il représente plus de 95 % de la biomasse marine et abrite une diversité exceptionnelle : virus, bactéries, algues microscopiques, cellules reproductrices, larves de poissons... Leur taille varie de 0,1 µm pour les bactéries et virus, jusqu'à plus d'un mètre pour certaines méduses. Le plancton joue un rôle primordial dans le fonctionnement de l'océan et dans l'équilibre de notre planète. Le phytoplancton produit plus de 50 % du dioxygène de l'air que nous respirons et contribue à la régulation du climat. Il est également à la base de toutes les chaînes alimentaires marines.

À l'heure actuelle, l'ensemble des facteurs qui influencent la biologie et l'écologie du plancton (température, teneurs en éléments nutritifs, pH, état redox, disponibilité en lumière) sont directement perturbés par les activités humaines (Hutchins et Fu 2017), avec des conséquences sur la répartition géographique des espèces, la biodiversité et la dynamique des communautés planctoniques (e.g., Oziel et al. 2020). Ces perturbations sont d'autant plus prégnantes en zones côtières où la pression due aux activités anthropiques est la plus forte. Au processus d'eutrophisation (Cloern 2001 ; Billen et Garnier 2007) s'ajoutent d'autres perturbations telles que le changement climatique, l'apparition d'espèces exotiques envahissantes ou la pression de pêche qui déséquilibrent les communautés planctoniques et le fonctionnement des écosystèmes (Reid et al. 2000 ; Cloern 2001 ; Ragueneau et al. 2018 ; Bestion et al. 2020). La multiplicité de ces pressions et le caractère non linéaire de leurs interactions (Hewitt et al. 2016) complexifient l'identifier et la compréhension des mécanismes qui contrôlent la dynamique de la biodiversité et des communautés planctoniques marines. Évaluer la variabilité spatiale à petite échelle, et comprendre les mécanismes qui la sous-tendent – à savoir pourquoi telle espèce et pas une autre se développe à tel endroit et à telle période de l'année – présentent par conséquent un intérêt majeur. L'objectif spécifique du programme Objectif Plancton est donc de réaliser (et de relier) des observations et des études de processus in situ, à différentes échelles spatiales et temporelles, dans le but d'améliorer notre compréhension des mécanismes qui contrôlent la dynamique des communautés planctoniques côtières.

Plusieurs thématiques sont abordés : diversité, structuration et dynamique des communautés planctoniques côtières (spatiales, saisonnières et pluriannuelles) ; inventaire de la diversité de l'ichtyoplancton côtier (œufs et larves de

poissons) et leur relation avec la composition du plancton ; détection et suivi des microalgues toxiques et intégration des causes et risques pouvant y être associés.

La mise en place du programme Objectif Plancton depuis 2014 a conduit à l'émergence de nouveaux questionnements venant compléter les problématiques de recherche initiales. Tout d'abord, l'analyse du plancton s'est concentrée sur l'étude du phytoplancton et de l'ichtyoplancton. Ensuite, le programme Objectif Plancton est un programme de science participative qui repose sur l'implication des plaisanciers et participants, des médiateurs et des scientifiques. Les acteurs impliqués entretiennent des relations diverses et multiples avec les autres acteurs impliqués. Ils ont exprimé le besoin de mieux comprendre le rôle de chacun et les interactions qui se jouent entre les différentes parties prenantes et qui permettent l'inscription du programme dans les territoires et dans la durée. Ainsi, un nouveau volet en sciences humaines et sociales s'est ajouté au programme Objectif Plancton à partir de 2022.

Les sciences participatives couvrent différents champs scientifiques tels que les sciences naturelles, les sciences médicales, l'ingénierie, les sciences humaines et sociale (Haklay et al. 2021) et diverses thématiques. Ces dernières années, les projets de sciences participatives portant sur les problématiques marines et littorales se développent (Thiel et al. 2014) mais ils n'offrent qu'une faible place à ces problématiques en comparaison avec les espaces terrestres (Lagourgue 2015 ; Garcia-Soto et al. 2017 ; Sauleau et al. 2021). L'étude sociologique étudie en profondeur un programme de science participative, Objectif Plancton, afin de contribuer à une meilleure connaissance des liens entre science et société en milieu littoral et marin.

L'objectif est d'appréhender la manière dont les chercheurs en sciences humaines et sociales et les appels à projets définissent les sciences participatives et de mettre en regard ces processus avec une étude approfondie sur le terrain du programme Objectif Plancton. Il s'agit de se focaliser sur les acteurs qui rendent possible la production de connaissance sur le plancton. Pour ce faire, nous combinons trois méthodes d'enquêtes : une revue de la littérature scientifique et grise portant sur les processus de définition des sciences participatives, la réalisation d'entretiens semi-directifs auprès des plaisanciers, scientifiques, médiateurs et coordinateurs et la mise en place d'un dispositif d'observation participante durant les temps de collectes des échantillons, les ateliers de fabrication ou de réparation du matériel et lors des différentes commissions internes au programme.

3. Matériel et Méthode

Objectif Plancton est déployé en rades de Brest et Lorient et en baie de Concarneau (figure 2). À Brest, ce sont 17 points de prélèvement qui couvrent la zone, 7 en rade de Lorient et 5 en baie de Concarneau, (figure 3), soient 29 stations au total. Les sessions de prélèvement ont lieu trois fois par an à chaque site, en avril, juin et septembre.

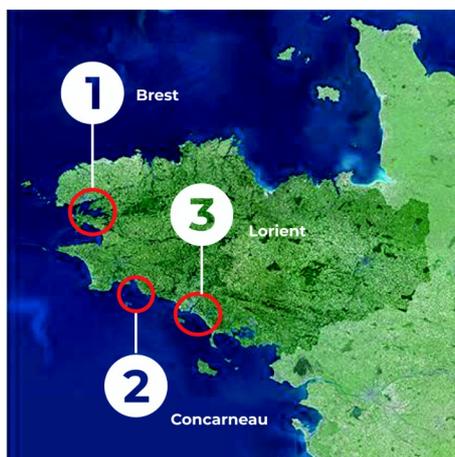


Figure 2. Les trois sites d'Objectif Plancton.



Figure 3. Points de prélèvement en rades de Brest (1) et Lorient (3) et en baie de Concarneau (2).

Au départ d'Objectif Plancton, les scientifiques, les médiateurs mais également des participants du programme ont travaillé collectivement à la conception et à l'adaptation d'outils de collecte simples à mettre en œuvre par les plaisanciers. En effet, le matériel scientifique mis en œuvre à bord des navires océanographiques est trop technique, onéreux et encombrant pour les bateaux de petites tailles, tels que les voiliers ou semi-rigides qui constitue la « flotte » d'Objectif Plancton. Des ateliers de fabrication de filets à ichtyoplancton (servant à prélever les œufs et larves de poissons téléostéens) ont été organisés plusieurs années de suite afin d'équiper les trois sites. Ces filets sont nécessairement « faits maison » puisqu'ils n'existent pas sur le marché à l'heure actuelle dans la configuration conçue pour les spécificités d'Objectif Plancton. Les scientifiques et médiateurs ont travaillé également sur les protocoles de collecte afin de disposer d'un document, commun aux trois sites, détaillant les différents types d'échantillons à collecter. Ces protocoles présentent aux participants les procédures à suivre pour effectuer les collectes d'échantillons en mer et comment les conserver jusqu'au retour à terre. Ce document reprend les explications et démonstrations délivrées par les médiateurs scientifiques avant chaque sortie en mer. Le tout est repris dans une vidéo que les participants peuvent également consulter à bord en cas de doute.

Un travail important a également été réalisé pour uniformiser les kits de matériel de prélèvement disponibles sur chacun des trois sites. Ces kits sont constitués des outils suivants :

- un disque de Secchi pour mesurer la turbidité de l'eau ;
- différents bidons et flacons pour contenir les prélèvements ;
- un thermomètre pour mesurer la température de l'eau au point de prélèvement ;
- un sac isotherme et de la glace pour conserver certains prélèvements (phytoplancton et ichtyoplancton) ;
- différents types de filets selon ce qui doit être prélevé pour analyse en laboratoire (filet à phytoplancton (20 µm), filet à ichtyoplancton (500 µm, ouverture de 50 cm)) ;
- un tube collecteur servant à prélever de l'eau de mer pour la récolte du phytoplancton et l'analyse au laboratoire des paramètres suivants : salinité, concentrations en nutriments, teneurs en pigments photosynthétiques, abondance cellulaire, biomasse totale et composition de la matière organique ;
- du lugol acide pour conserver certains échantillons de phytoplancton jusqu'à leur analyse en microscopie optique en laboratoire
- Une fiche de prélèvement pour relever les métadonnées associées.

Afin d'analyser et de comparer les sites sur le long terme, un ensemble de paramètres sont relevés à chaque sortie en mer à chacun des points de collecte :

- température : mesurer la température de l'eau de mer pour connaître les variations spatiales pouvant expliquer des habitats différents ainsi que les changements pluriannuels ;

- Ph : mesurer le potentiel hydrogène de l'eau (c'est-à-dire la concentration de l'ion hydrogène), permettant d'en définir le caractère acide ou basique ;
- Salinité : mesurer la quantité de sels dissous dans l'eau. Sa valeur est accessible par la mesure de la conductivité ;
- turbidité : estimer la quantité de matières en suspension en mesurant la clarté de l'eau ;
- chlorophylle a : mesurer ce pigment qui permet aux algues de capter la lumière nécessaire à la photosynthèse, est une manière de déterminer la quantité de phytoplancton.
- sels nutritifs : quantifier les concentrations en nitrates et nitrites, phosphates et silicates présents dans l'eau de mer. Ces nutriments majeurs permettent de faire le lien entre la diversité et la répartition du plancton et certains facteurs environnementaux du milieu ;
- abondance cellulaire des organismes photosynthétiques : par cytométrie l'ensemble des organismes cellulaires (même ceux de petite taille invisible en microscopie optique) sont dénombrés et classés selon leur composition pigmentaire globale ;
- taxonomie du phytoplancton : décrire et dénombrer la diversité du plancton végétal ;
- taxonomie de l'ichtyoplancton : décrire la diversité des larves et œufs de poissons.

Au retour à terre les participants rapportent le matériel de prélèvement, les échantillons collectés et la fiche de prélèvement contenant les métadonnées associées. Les échantillons sont traités par les scientifiques et les médiateurs afin de les conditionner pour la conservation et l'analyse au laboratoire.

4. Axes de recherche

Deux axes structurent les travaux de recherche du programme Objectif Plancton : un axe portant sur le zooplancton (en particulier les larves de poissons), et un axe portant sur le phytoplancton. Ce dernier axe comporte lui-même trois volets d'étude : un volet environnemental avec l'analyse des nutriments et leur lien avec le plancton végétal (rades de Brest et de Lorient), un volet attaché à déterminer la diversité (taxonomie et cytométrie) et un volet axé sur les algues toxiques (rade de Brest).

4.1. Ichtyoplancton

Les dernières recherches relatives à l'ichtyoplancton dans cette zone datent de la fin des années 1960 et il apparaissait donc nécessaire d'actualiser ces données bien anciennes. L'objectif est de connaître la diversité des larves de poissons présentes dans cette zone marine. Les espèces sont inventoriées et caractérisées, d'une part d'un point de vue morphologique, et d'autre part d'un point de vue génétique. Objectif Plancton permet ainsi d'élaborer un suivi spatio-temporel de ces larves de poissons et d'analyser à terme les fluctuations de ce zooplancton en lien avec le changement global. Deux types d'identification sont réalisés : à partir d'observations réalisées au stéréomicroscope (ZEISS® SteREO Discovery.V20) avec caméra lucida (ZEISS® Axiocam 506 color) et avec une identification génétique si nécessaire. Les larves et œufs de poissons (figure 4) sont déterminées, autant que possible, à l'espèce sur la base de critères morphologiques. Les caractères utilisés pour l'identification des larves sont les suivants : la forme générale, la longueur de l'intestin, l'arrangement de la pigmentation (mélanophores), et le nombre de myomères (Russell 1976). Certaines espèces, d'une même famille ou d'un même genre, sont très difficilement discriminables sur la base des critères morphologiques. Dans ce cas les spécimens sont également analysés à partir d'une identification génétique. Un prélèvement de tissu est réalisé sur la larve de poisson afin d'en extraire le patrimoine génétique, puis la séquence génétique d'un fragment de référence (une partie du gène de la cytochrome oxydase sous-unité I) est caractérisée, afin de servir de code barre génétique. La séquence génétique obtenue est comparée à une bibliothèque de références contenant des millions de séquences de très nombreuses espèces, (Ratnasingham et Hebert 2007). La larve inconnue peut ainsi être identifiée. Une fois identifiés, les spécimens sont inventoriés et vont alimenter la collection patrimoniale du Muséum national d'Histoire naturelle. C'est le premier fond de larves de poissons téléostéens marins de la façade atlantique nord-est. Entre 2015 et 2022 ce sont environ 1300 larves qui ont été récoltés. Ces larves correspondent à 34 espèces appartenant à 20 familles différentes. Ce projet se poursuivra dans les prochaines années et sur la base de ces données, d'éventuels changements futurs dans la composition des espèces pourront être détectés et mis en relation avec les paramètres environnementaux du milieu.

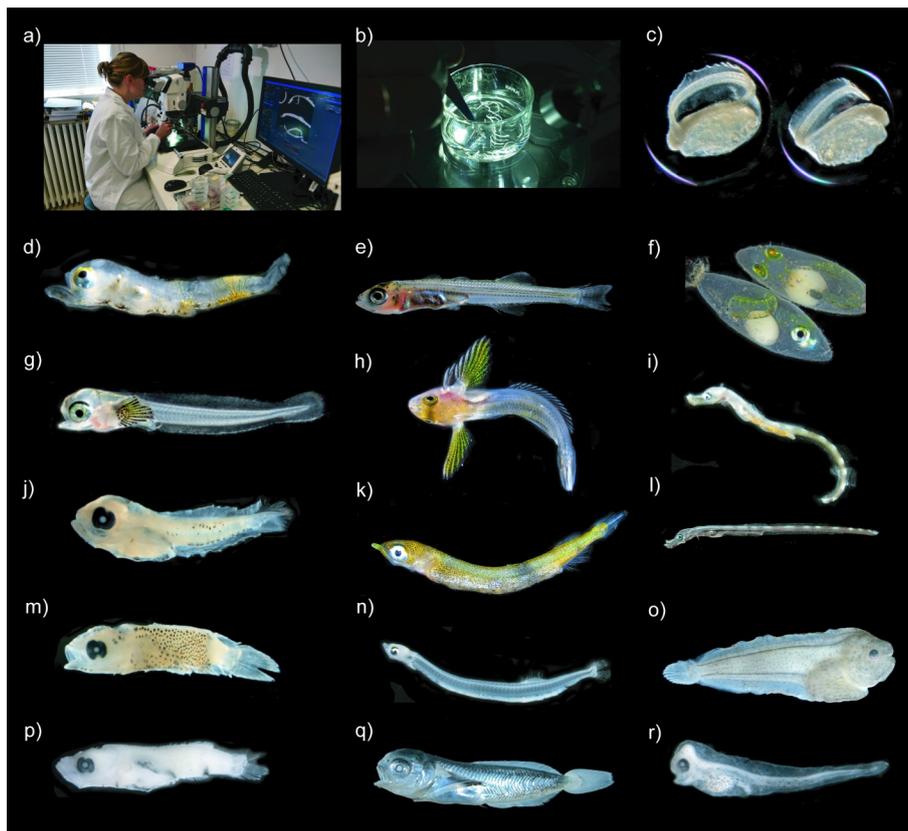


Figure 4. Identification morphologique des larves de poissons et quelques exemples de larves. a) observations réalisées au stéréomicroscope (ZEISS® SteREO Discovery.V20) avec caméra lucida (ZEISS® Axiocam 506 color) © Pierre-François Watras INTERNEP ; b) échantillon © Pierre-François Watras INTERNEP ; c) œufs de sardine (*Sardina pilchardus*) ; d) gobie (Gobiidae sp.) ; e) prêtre (*Atherina presbyter*) ; f) œufs de gobie (Gobiidae sp.) ; g, h) blennie mordocet (*Lipophrys pholis*) ; i) hippocampe (*Hippocampus* sp.) ; j) dorade grise (*Spondyliosoma cantharus*) ; k) orphie (*Belone belone*) ; l) syngnathe (Syngnathidae sp.) ; m) crénilabre melops (*Symphodus melops*) ; n) sardine (*Sardina pilchardus*) ; o) sole commune (*Solea solea*) ; p) cténolabre (*Ctenolabrus rupestris*) ; q) motelle (Gaidropsaridae sp.) ; r) barbue (*Scophthalmus rhombus*).

4.2. Phytoplancton

L'analyse couplée entre les variations spatio-temporelles des communautés phytoplanctoniques et les données environnementales a été réalisée uniquement pour la rade de Brest jusqu'à 2020. Ces analyses sont dorénavant menées sur les trois sites. Des échantillons de phytoplancton prélevés en septembre 2014, septembre 2019 et septembre 2020 en rade de Brest ont été analysés par microscopie optique, et couplés à différents paramètres environnementaux (salinité, température et concentrations en sels nutritifs). Cette étude met en évidence une variabilité spatiale (à l'échelle de quelques kilomètres) et temporelle des communautés phytoplanctoniques ($> 5 \mu\text{m}$) prélevées à la même période de l'année. En septembre 2014, la rade était dominée par de petites microalgues du nanophytoplancton (diamètre inférieur à $10 \mu\text{m}$, voir figure 5) à hauteur de 85 % de l'abondance totale pour chaque station, alors qu'en 2020, à la même période, elle était dominée à 90 % par des diatomées du microphytoplancton (taille supérieure à $10 \mu\text{m}$, voir figure 6). Concernant la variabilité spatiale, la composition des communautés phytoplanctoniques en rade n'est pas homogène, avec des zones qui peuvent présenter des accumulations locales de tel ou tel taxon. D'un point de vue spatial, ces accumulations locales, corrélées par la présence de certains sels nutritifs ainsi que l'augmentation ou la diminution de la salinité et de la température, et dépendantes de la circulation des masses d'eau, peuvent avoir des implications notamment en termes de suivi et de compréhension de la dynamique des efflorescences d'espèces toxiques (par exemple l'espèce de dinoflagellé *Alexandrium minutum*). La poursuite de ce suivi spatial, dans le cadre du programme Objectif Plancton, devrait donc permettre, à terme, d'affiner les connaissances sur le déterminisme des efflorescences phytoplanctoniques en rade de Brest.

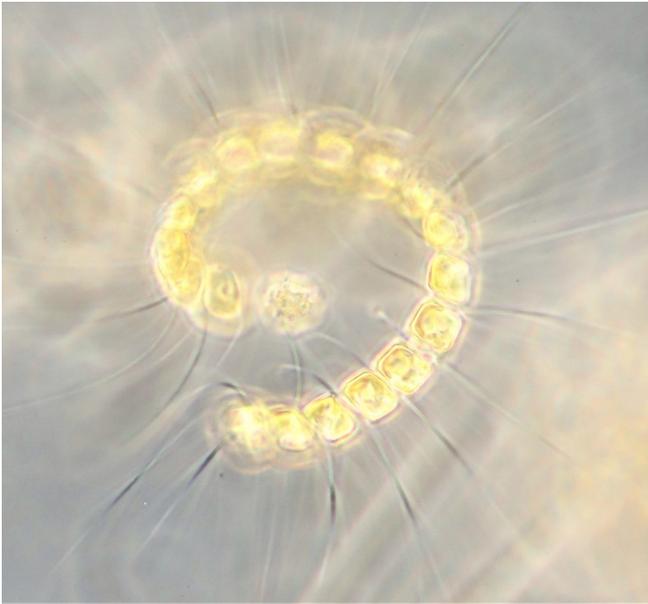


Figure 5. Nanophytoplancton : chaîne de *Chaetoceros cf. debilis*, ($10 \mu\text{m}$ par cellule) (source Laura Schweibold).

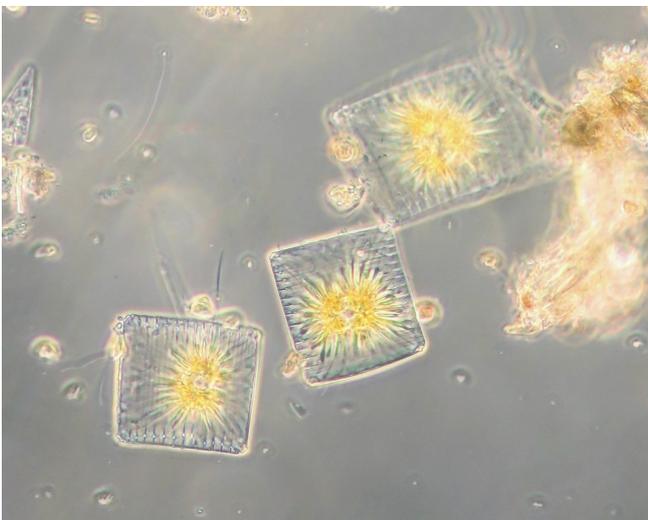


Figure 6. Microphytoplancton : *Striatella unipunctata*, (environ 100 µm de côté) (source Laura Schweibold).

Plusieurs méthodes d'analyse des échantillons de phytoplancton sont utilisées : analyses chemotaxonomiques, FlowCam, cytométrie et microscopie. Les analyses chemotaxonomiques, via l'outil d'analyse Chemtax, permettent de reconnaître les grands groupes de plancton végétal présent dans chaque échantillon grâce à la signature de leurs pigments photosynthétiques identifiés et quantifiés pour chaque échantillon en HPLC. Il est ainsi possible de déterminer les contributions relatives des groupes phytoplanctoniques par rapport à l'abondance totale contenue dans un échantillon. En parallèle, les échantillons sont analysés avec le FlowCam, dont le principe est simple : un flux d'eau provenant des échantillons collectés est envoyé à travers la machine qui photographie et mesure chaque particule présente, en fournissant de nombreuses données associées : taille, diamètre, biovolume, concentration, fluorescence, etc. Cette méthode a l'avantage de créer une banque d'images des communautés présentes à un instant t dans la Rade sur le long terme. L'analyse cytométrique permet de déterminer les abondances totales de cellules phytoplanctoniques sur l'ensemble de leur spectre de taille (de 0,2 µm à plusieurs mm). Elles sont déterminées par grand groupe selon leurs compositions pigmentaires spécifiques. Les résultats montrent des variations fortes et rapides de la distribution spatiale de ces groupes en rade de Brest aux échelles saisonnières et interannuelles. Les analyses par microscopie demandent beaucoup de temps, mais elles ont l'avantage d'être fiables et précises. Ces outils permettent de travailler sur la taxonomie du phytoplancton de la rade de Brest, et ainsi de compter et de décrire les organismes phytoplanctoniques recueillis dans les prélèvements. La classe, le genre et l'espèce des taxons dominants sont déterminés pour chaque échantillon afin de calculer des indices de diversité et de comparer les proportions des différentes classes de phytoplancton entre les points de prélèvement d'une part et les saisons et années d'autre part. Ainsi, on a pu observer qu'il existe une structuration spatiale forte des communautés phytoplanctoniques, à l'échelle de la rade de Brest.

Les échantillons collectés dans le cadre du programme Objectif Plancton intéressent certains scientifiques spécialistes d'autres disciplines. Ainsi par exemple, des chercheurs étudiant les microplastiques ont sollicité l'équipe d'Objectif Plancton pour obtenir des échantillons en rade de Brest, afin de connaître l'abondance des particules de microplastiques et leur répartition pour étudier la dynamique de circulation de ces particules dans la rade.

4.3. Sciences humaines et sociales

Le programme Objectif Plancton se focalise sur l'étude du plancton. L'analyse en sciences humaines et sociales se concentre sur les êtres humains qui permettent la production de connaissances sur le plancton. Le programme mobilise différents acteurs que nous avons regroupés ainsi : scientifiques, médiateurs scientifiques, participants et coordinateurs. Chaque type d'acteur participe au projet pour diverses raisons et y joue un rôle différent. Pour les besoins de l'analyse nous avons créé des idéotypes, des catégories qui permettent l'analyse, qui ont vocation à apporter des clés de compréhension sur les motivations des acteurs à contribuer à un programme de sciences participatives sans prétendre à l'exhaustivité.

Quels sont les intérêts des chercheurs à s'engager dans le programme de sciences participatives Objectif Plancton ? Le point le plus évident est l'apport matériel et logistique. Les scientifiques ne disposent pas d'assez de bateaux pour mettre en place un protocole tel que celui décrit ci-dessus. Sans ce contexte de sciences participatives ce type de protocole ne pourrait pas être mis en place. Ensuite, les chercheurs participent avec une volonté de transmettre que l'on retrouve également chez les autres acteurs impliqués. Au sein du programme les scientifiques travaillent avec des stagiaires (de la licence au master) et encadrent des doctorants. Durant les journées de collecte et de restitution des résultats, ils présentent leur métier ainsi que les enjeux scientifiques liés au plancton. Enfin, les chercheurs prennent du plaisir à faire leur métier dans ce contexte, sur le terrain. Ils échangent avec des personnes qu'ils ne côtoient pas au quotidien et répondent à des questions différentes de celles posées par leurs pairs.

Quel est le rôle des médiateurs scientifiques ? La notion de transmission est essentielle. Ils transmettent divers types de connaissances : des savoirs techniques (manipulation du matériel en mer) ; des savoirs sur le plancton ; sur les sciences et sur le métier de chercheur ; sur les enjeux environnementaux (pollutions plastiques par exemple). Ils contribuent également à transmettre les informations et questions dont leur font part les participants aux scientifiques (un tube collecteur un peu lourd à manipuler par exemple). Ils organisent les journées de collecte et de restitution, souvent en collaboration avec les scientifiques et les coordinateurs. Ils doivent contacter les participants, trouver le bon nombre de bateaux, associer différentes personnes pour composer les équipages, préparer le matériel, etc. Ils veillent au bon déroulement des journées afin que les échantillons soient collectés et remis aux scientifiques selon les conditions prévues par le protocole.

Quelles sont les motivations des participants à s'impliquer dans un programme tel que Objectif Plancton ? Les participants évoquent le plaisir qu'ils éprouvent à contribuer au programme : le plaisir d'une sortie en mer, d'accueillir sur son bateau, de se retrouver, de contribuer à un projet scientifique, de regarder le plancton, etc. La curiosité est également l'un des moteurs de la participation (qui vaut pour les autres catégories d'acteurs également). Ils ont hâte de découvrir le plancton : qu'y-a-t-il dans les échantillons qu'ils ont ramenés ? Ils apprennent à voir le plancton à l'œil nu dans les échantillons collectés mais également à identifier certaines espèces de plancton une fois l'échantillon sous le microscope. Enfin, la transmission est également un élément clé de la participation. Elle prend différentes formes : autour de la science et du plancton, autour du paysage et de l'environnement proche, autour de la pratique de la plaisance et se réalise par l'embarquement de lycéens et d'étudiants, l'invitation d'amis à bord du bateau, la venue de la famille et des enfants notamment, la création de nouvelles relations, etc.

De quelle manière les coordinateurs contribuent-ils au programme ? Ils veillent à son bon déroulement. Ils initient la recherche de financements permettant au programme de s'inscrire dans la durée (embauche de stagiaires et de doctorants, production et entretien du matériel de collecte, réalisation d'outils de médiations, etc.). Les coordinateurs s'occupent également de la valorisation du programme. Accompagnés des autres acteurs, ils présentent le programme dans différents contextes : journées de l'océan, journées d'échange avec les parties prenantes, etc. Les coordinateurs assurent la structuration du programme et le lien entre les sites (par la mise en place de journées de collecte inter-sites où les acteurs d'un site participent à la collecte des autres sites une fois par an par exemple) et entre les acteurs (par l'animation des commissions scientifique, médiation et communication. Les coordinateurs sont les interlocuteurs de tous les autres acteurs, ils jouent un rôle de facilitateur.

Les rôles et les motivations peuvent donc être identifiés par groupes d'acteurs mais, sur le terrain, les rôles s'hybrident bien souvent et les motivations sont partagées.

5. Conclusion

Le programme Objectif Plancton, né de la rencontre entre plaisanciers, médiateurs scientifiques et chercheurs, est un programme régional de science participative qui s'inscrit dans le temps long avec objectif principal d'étudier les mécanismes sous-jacents de la variabilité temporelle et spatiale du plancton en milieu côtier soumis à fort marnage. La participation de nombreux plaisanciers aux sessions de récoltes d'échantillons permet d'obtenir une vision inédite de la composition des communautés planctoniques. Les premiers résultats ont permis de réaliser un inventaire des larves de poissons téléostéens de la zone d'étude, d'analyser la composition et la dynamique des communautés phytoplanctoniques ainsi que des espèces de phytoplancton toxiques. Objectif Plancton est également une formidable opportunité pour sensibiliser le public à l'extraordinaire richesse du plancton, à son rôle dans le fonctionnement des écosystèmes marins et à sa nécessaire protection.

Au cours de ces dernières années la structuration du programme Objectif Plancton a permis de développer des liens étroits entre les différents acteurs. Cette construction collective du lien Science-Société a conduit à identifier de nouveaux besoins, des attentes spécifiques et communes, et une volonté de partager à travers de nouvelles actions. Il s'est avéré notamment important d'étudier l'ensemble du compartiment zooplanctonique, ce qui sera par conséquent l'objet de prochains développements du projet. Enfin, fort de son succès sur le vieux continent, Objectif Plancton s'exporte au Québec où un nouveau site sera mis en place dans le fjord du Saguenay.

6. Bibliographie

Bestion, E., Barton, S., García, F.C., Warfield, R., Yvon-Durocher, G. (2020). Abrupt declines in marine phytoplankton production driven by warming and biodiversity loss in a microcosm experiment. *Ecol. Lett.*, 23(3), 457–466.

Billen, G., Garnier, J. (2007). River basin nutrient delivery to the coastal sea: Assessing its potential to sustain new production of non-siliceous algae. *Mar. Chem.*, 106(1-2), 148–160.

Cloern, J.E. (2001). Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 210, 223–253.

Garcia-Soto, C., Van der Meeren, G.I., Busch, J.A., Delany, J., Domegan, C., Dubsky, K., Fauville, G., Gorsky, G. (2017). Advancing citizen science for coastal and ocean research. Position paper 23, European Marine Board, Ostend.

Haklay, M., Fraisl, D., Greshake Tzovaras, B., Hecker, S., Gold, M., Hager, G., Ceccaroni, L., Kieslinger, B., Wehn, U., Woods, S., Nold, C., Balázs, B., Mazzonetto, M., Ruefenacht, S., Shanley, L.A., Wagenknecht, K., Motion, A., Sforzi, A., Riemenschneider, D., Dorler, D., Heigl, F., Schaefer, T., Lindner, A., Weißpflug, M., Mačiulienė, M., Vohland, K. (2021). Contours of citizen science: a vignette study. *R. Soc. Open Sci.*, 8(8), 202108.

- Hewitt, J.E., Ellis, J.I, Trush, S.F. (2016). Multiple stressors, nonlinear effects and the implications of climate change impacts on marine coastal ecosystems. *Glob. Chang. Biol.*, 22(8), 2665–2675.
- Hutchins, D.A., Fu, F. (2017). Microorganisms and ocean global change. *Nat. Microbiol.*, 2, 17058.
- Lagourgue, L. (2015). État des lieux de la science participative sur les algues et proposition de voies d'utilisation et de valorisation des données intrantes. Essai présenté au Centre universitaire de formation en environnement et de développement durable de l'Université de Sherbrooke, Québec.
- Oziel, L., Baudena, A., Ardyna, M., Massicotte, P., Randelhoff, A., Sallée, J.-B., Ingvaldsen, R.B., Devred, E., Babin, M. (2020). Faster Atlantic currents drive poleward expansion of temperate phytoplankton in the Arctic Ocean. *Nat. Commun.* 11, 1705.
- Ragueneau, O., Raimonet, M., Mazé, C., Coston-Guarini, J., Chauvaud, L., Danto, A., Grall, J., Jean, F., Paulet, Y.-M., Thouzeau, G. (2018). The Impossible Sustainability of the Bay of Brest? Fifty Years of Ecosystem Changes, Interdisciplinary Knowledge Construction and Key Questions at the Science-Policy-Community Interface. *Front. Mar. Sci.*, 5, 124.
- Ratnasingham, S., Hebert, P.D.N. (2007). bold: The Barcode of Life Data System (<http://www.barcodinglife.org>). *Mol. Ecol. Notes*, 7(3), 355–364.
- Reid, P.C., Battle, E.J.V., Batten, S.D., Brander, K.M. (2000). Impact of fisheries on plankton community structure. *ICES J. Mar. Sci.*, 57(3), 495–502.
- Russell, F.S. (1976). *The Eggs and Planktonic Stages of British Marine Fishes*. Academic Press, London.
- Sauleau, P., Poisson, P., Ruault, R. (2021). Les sciences participatives dédiées à la mer et au littoral breton : état des lieux, recommandations et prospectives pour les universités ISblue. Rapport de recherche. IUEM Institut Européen de la Mer, Plouzané.
- Thiel, M., Penna-Díaz, M.A., Luna-Jorquera, G., Salas, S., Sellanes, J., Stotz, W. (2014). Citizen Scientists and Marine Research: Volunteer Participants, Their Contributions, and Projection for the Future. Dans *Oceanography and Marine Biology - an annual Review*. Volume 52, Hughes, R.N., Hughes, D.J., Smith, I.P. (dir.). CRC Press, Boca Raton, 257-314.