

Les sciences participatives dédiées à la mer et au littoral breton : état des lieux, recommandations et perspectives pour les universités ISblue

Pierre Sauleau, Pauline Poisson, Riwalenn Ruault

► To cite this version:

Pierre Sauleau, Pauline Poisson, Riwalenn Ruault. Les sciences participatives dédiées à la mer et au littoral breton : état des lieux, recommandations et perspectives pour les universités ISblue. [Rapport de recherche] IUEM Institut Universitaire Européen de la Mer. 2021. hal-03226706

HAL Id: hal-03226706

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03226706>

Submitted on 15 May 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Les sciences participatives dédiées à la mer et au littoral breton : état des lieux, recommandations et prospectives pour les universités ISblue

Pierre Sauleau^{1,*} Pauline Poisson² et Riwalenn Ruault³

¹ LBCM, IUEM, Université de Bretagne Sud, Lorient, France

² Centre d'Écologie et des Sciences de la Conservation (CESCO) - UMR7204, Muséum national d'Histoire naturelle, Centre National de la Recherche Scientifique, Sorbonne Université, Station Marine, 1 place de la Croix, 29900 Concarneau, France

³ ISblue, IUEM, Université de Bretagne Occidentale, Brest, France

Résumé

L'acidification des océans, l'érosion de la biodiversité marine, la pollution chimique et biologique, la surexploitation des ressources naturelles affectent non seulement les écosystèmes marins, le trait de côte, mais aussi le patrimoine culturel du littoral atlantique. Ces grands défis vont bien au-delà des seules préoccupations des scientifiques qui, de plus en plus, s'associent avec les citoyens, non seulement pour collecter les données, mais aussi participer à la création et à la mise en œuvre de programmes de recherche.

Les relations à l'interface entre science, technologie et citoyenneté évoluent très rapidement au sein de notre société. Avec le développement du numérique, les sciences participatives dédiées à la mer et au littoral se multiplient. Le rôle pivot d'un « coordinateur en sciences participatives » devient essentiel au bon fonctionnement de ces programmes afin d'assurer une médiation entre le scientifique et le citoyen. Afin de répondre à la création de nouveaux métiers de la mer et d'assurer l'insertion professionnelle des étudiants, les sciences participatives deviennent alors une science supplémentaire à enseigner au sein des universités.

Cet article vise à présenter les enjeux du projet d'Enseignement des Sciences PARTICIPATIVES (ESPAR) dédiées au milieu marin et au littoral, porté par l'Ecole Universitaire de Recherche (EUR) ISblue (Interdisciplinary graduate School for the blue planet). Dans la première partie de cet article est présenté un état de l'art des programmes de sciences participatives menés actuellement dans le grand Ouest. Après quelques recommandations pour le développement des sciences participatives dédiées au monde marin et au littoral, sont émises diverses perspectives notamment en termes d'innovations pédagogiques à l'université.

Mots clés : mer / éducation / sciences participatives / Bretagne / université

* contact : pierre.sauleau@univ-ubs.fr ; 02 97 87 45 19

Introduction

Les différentes manières d'associer la recherche et la citoyenneté à travers les diverses disciplines scientifiques sont souvent réduites à de la médiation ou à de la vulgarisation sous forme d'article de presse, de conférences, de débats, de portes ouvertes ou d'interviews. Il s'agit plus souvent d'une restitution de la recherche plus que d'une véritable association entre chercheur et citoyen. Classiquement, le scientifique réalise l'intégralité de la recherche, du questionnement, en passant par l'analyse et jusqu'à l'interprétation des données, pour publier le travail dans une revue scientifique. Si l'impact au sein de la communauté scientifique est évidemment très important, les retombées sociales et éducatives pour le citoyen sont faibles. De leur côté, les citoyens réunis sous forme de collectif peuvent éventuellement faire appel aux compétences scientifiques du chercheur pour réaliser une prestation ou avoir un avis consultatif. L'initiative reste citoyenne, mais les retombées scientifiques et éducatives de ces actions sont relativement limitées et répondent à une problématique souvent géographiquement très localisée pour un faible nombre de personnes concernées. Entre ces deux extrêmes, il existe pour le chercheur et le citoyen d'autres manières d'interagir parmi lesquelles les sciences citoyennes. Les sciences citoyennes ou « citizen science » (Irwin 1995) sont définies dans cet article comme l'ensemble des activités de recherche scientifique dans lesquelles des citoyens (qui ne sont pas des scientifiques professionnels) s'impliquent à titre bénévole dans la collecte de données, l'analyse et/ou la valorisation du projet scientifique (Haklay 2013).

Les premières notions de sciences citoyennes apparaissent en Europe dès le XVI^e siècle, mais c'est surtout à partir des années 2000 qu'elles connaissent, dans de nombreux domaines (médecine, astronomie, ornithologie, social, etc.), une évolution importante (Bœuf *et al.*, 2012 ; Houllier et Merilhou-Goudard 2016). En France, le travail de collecte s'est accéléré avec le programme Vigie-Nature, sous la tutelle du Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN). En 2016, Vigie-Nature affichait un bilan de 90 publications d'articles scientifiques accumulées en 10 ans (Julliard 2017). Aujourd'hui, le développement de nombreux outils numériques tels que les applications sur smartphones ou tablettes permet de faciliter la collecte de données par les citoyens et d'élargir considérablement les champs d'investigations des « sciences citoyennes 2.0 » (da Silva *et al.*, 2017). En effet, chaque smartphone dispose d'un éventail d'outils tels que la localisation GPS (géolocalisation), la prise de photographie ou de vidéo, la loupe, le microphone, et d'applications telles que l'identification par reconnaissance automatisée d'espèces sur support d'images (ex. application Pl@ntNet), le partage instantané, la diffusion sur les réseaux sociaux, etc. facilitant l'engouement à interagir et au final favorisant l'implication du citoyen.

Les définitions des sciences citoyennes sont nombreuses et parfois contradictoires. Dans leur rapport, Houllier et Merilhou-Goudard (2016) traduisent les « citizen science » en sciences participatives. Bœuf *et al.* (2012), quant à eux, distinguent les sciences participatives des sciences citoyennes selon celui qui est à l'initiative du projet : le scientifique ou le citoyen. Selon ces derniers auteurs, les sciences collaboratives sont le fruit d'un véritable partenariat entre les deux. Dans la suite de cet article, nous avons choisi d'adopter la classification de Haklay (2013) elle-même inspirée de celle de Shirk *et al.* (2012). Selon cette classification, nous distinguons les sciences participatives comme un des 4 modèles des sciences citoyennes (Tableau 1).

Tableau 1. Différents modèles de sciences citoyennes ou « Citizen science »

	Sciences citoyennes			
Shirk <i>et al.</i> , 2012	Contributory	Collaborative	Co-created	Collegial
Haklay 2013	Crowdsourcing	Distributed intelligence	Participatory science	Extreme citizen science
Houllier et Merilhou-Goudard 2016	Sciences citoyennes		Recherches participatives	Community-based research
Cet article	Sciences contributives	Sciences collaboratives	Sciences participatives	Sciences communautaires
Initiateur du projet	Scientifique	Scientifique	Citoyen et/ou scientifique	Citoyen
Rôle du citoyen	Capteur de données (ex. inventaire)	Collecte, traitement et interprétation basique des données	Coopération étroite avec le scientifique, de la définition des objectifs à la valorisation des résultats	Porte toutes les étapes du projet avec l'appui du scientifique
Objectifs	Production de savoirs (publication scientifique)	Production de savoirs, initiation à la démarche scientifique	Production de savoirs, innovation scientifique et transformation de la société	Production de savoirs, transformation de la société à l'échelle de la communauté
Portée géographique	Large	Large	Locale à large	Locale
Impact scientifique	Elevé	Elevé	Elevé	Moyen
Impact sur la société	Moyen	Moyen	Elevé	Elevé

A partir de ces quelques repères clés, il s'agit ici d'essayer de classer, de façon très schématique, divers programmes selon différents degrés d'implication du citoyen sans revenir sur la typologie des sciences citoyennes. Celui-ci peut contribuer à la collecte de données (« crowdsourcing »), enrichir des collections voire collaborer au traitement et à l'interprétation basique des données (Tableau 1). Dans ces deux exemples, l'institution scientifique reste ordonnatrice dans une stratégie « top-down » et la société observatrice, respectant ainsi les exigences scientifiques relatives au traitement, à l'interprétation et à la restitution des données. Chacun y trouve son compte, l'académique, augmentant significativement le nombre et la qualité des données collectées, et le citoyen se sentant utile à la société et récompensé intellectuellement pour le travail réalisé.

Il existe cependant d'autres programmes de recherche dans lesquels le citoyen peut, à des degrés supérieurs d'implication, participer à la co-construction de l'étude, à sa mise en œuvre dans sa quasi-totalité et ainsi coopérer avec le scientifique à chaque étape du processus, du questionnement à la valorisation des résultats. Ces programmes permettent une appropriation par les citoyens des grands enjeux comme la préservation de la biodiversité. Enfin, selon un quatrième niveau d'interaction science-citoyenneté qualifié d'« extreme citizen science » ou de sciences communautaires (Giroux 2011 dans Bœuf *et al.*, 2012), une communauté de citoyens,

quel que soit son niveau d'éducation, réalise sa propre étude pour répondre à une problématique spécifique et locale, sur la base de savoirs locaux, de sa culture et avec ses propres moyens (Haklay 2013). Cette communauté interagit avec le scientifique qui cautionne le protocole, l'analyse et l'interprétation des résultats, et éventuellement apporte un soutien idéologique : l'objectif reste une production scientifique éventuellement doublée d'une transformation de la société. Les retombées se font localement, à l'échelle de la communauté, que ce soit d'un point de vue social, économique, culturel et/ou écologique.

Quel que soit le degré d'implication de la société dans ces différents modèles de sciences citoyennes, l'objectif commun final est de produire des connaissances scientifiques, car il s'agit avant tout de programmes de recherche. En plus d'apporter des réponses à un questionnement scientifique, les sciences citoyennes fournissent au citoyen de nombreux avantages : de la simple satisfaction d'avoir contribué collectivement à la production de connaissances scientifiques et d'avoir acquis personnellement un certain nombre de savoirs, à l'appropriation de compétences pour s'émanciper : l'« empowerment » que nous définissent Bacqué et Biewener (2013). Cette réponse aux besoins et intérêts des participants est rarement évaluée et affichée dans les programmes de sciences citoyennes. Pourtant, la qualité de la participation du citoyen, quel que soit le modèle du programme choisi, peut influencer sur la qualité des données et l'interprétation des résultats (Shirk *et al.*, 2012).

Certains domaines scientifiques comme les sciences naturelles (*Tela Botanica*), la médecine (*Epidemium*), les sciences sociales ou l'astronomie ont largement bénéficié des sciences citoyennes lesquelles bénéficient aujourd'hui des évolutions du numérique. Ces sciences citoyennes sont particulièrement avancées dans le domaine des sciences naturelles où les « amateurs éclairés », autodidactes et organisés en sociétés savantes, ont atteint un très haut degré d'expertise notamment dans l'élaboration d'inventaires faunistiques et floristiques. De façon surprenante, la part accordée aux sciences citoyennes et en particulier aux sciences participatives dédiées aux océans, à la mer et au littoral est beaucoup plus réduite. Par exemple, sur les 162 observatoires recensés sur le site des Observatoires Participatifs des Espèces et de la Nature (OPEN) (à la date du 31 mars 2021), actuellement moins d'une trentaine (moins de 18%) d'entre eux, encore en activité, concerne directement la mer et le littoral parmi lesquels tous ne répondent pas aux sciences participatives telles que définies dans cet article. Pourtant, les citoyens devraient être davantage sollicités par les scientifiques pour un programme de sciences participatives et ce, pour plusieurs raisons : mise à disposition de moyens matériels (ex. navires), compétences particulières dans certains domaines (ex. la plongée sous-marine), connaissances certaines en reconnaissance de différents taxons (ex. algues, mammifères marins), couverture du territoire (de l'estran à la haute mer) grâce au nombre potentiellement important de participants, etc.

Dans cette étude, nous avons souhaité présenter un inventaire le plus exhaustif possible des différents programmes de sciences citoyennes dédiés à la mer et au littoral se déroulant le long des côtes bretonnes et/ou portés par des acteurs scientifiques et/ou citoyens de la région. Afin de tenter de classer ces programmes selon le degré d'implication du citoyen, il convenait, dans un premier temps, de clarifier la nature des partenariats (contributif, collaboratif, participatif ou communautaire) qui se sont créés entre scientifiques et citoyens au cours de ces vingt dernières années. Dans un souci de clarté, les différentes actions de sciences citoyennes récemment ou actuellement menées ont été classées suivant leur répartition en mer : sur le littoral, lui-même

scindé en 3 zones, le supralittoral, le médiolittoral et l'infralittoral, et dans les zones pélagique (i.e. la haute mer) et benthique (i.e. le fond des mers) au-delà du plateau continental.

Cette répartition nous a permis de mettre en évidence des disparités dans le nombre et la nature des programmes de sciences citoyennes et de proposer dans une 2^e partie de cette étude des recommandations pour le développement des sciences participatives dédiées à la mer et au littoral. Il s'agit notamment de créer un enseignement universitaire sur les sciences participatives pour préparer le métier de « coordinateur en sciences participatives ». En effet, la pérennité de ces différents programmes est étroitement liée à leur qualité c'est-à-dire au lien entre les objectifs fixés et les intérêts des participants. C'est au coordinateur en sciences participatives de s'assurer de la crédibilité des données, de vérifier qu'elles soient adaptées aux objectifs fixés, mais aussi d'animer le programme, de diffuser les résultats, etc. Les objectifs du programme ESPAR pour l'Enseignement des Sciences PARTicipatives dédiées à la mer et au littoral dans les Universités bretonnes sont présentés dans une 3^e et dernière partie.

I. Etat des lieux des sciences citoyennes dédiées à la mer et au littoral breton

Les sciences citoyennes dédiées à la mer et au littoral impliquent la participation active de citoyens bénévoles à l'élaboration et/ou à la réalisation de toute ou partie d'un programme de recherche en lien avec une entité scientifique (Institut, Centre de recherche, Université, etc.) afin de produire des connaissances, mais également des transformations écologiques, sociales, économiques et politiques liées au milieu marin. L'objectif vise à répondre à une problématique posée par le chercheur, par un expert (aquaculteur, pêcheur, gestionnaire portuaire ou d'aire marine protégée, etc.) par une association (observatoire) et/ou par un citoyen dans les domaines de l'océanographie, de la biologie marine, de la géologie du littoral, etc.

Les mers, les océans, bien que représentant 70% de la surface de notre globe, et le littoral accueillant près de 11 % de la population mondiale dans les zones dites de basse altitude (inférieure à 10 m) (Neumann *et al.*, 2015) n'ont fait l'objet que de peu de programmes de sciences citoyennes par rapport au milieu terrestre. Ce contraste peut être probablement lié à la difficulté d'accès au milieu marin rendant plus délicate l'observation d'espèces marines ou sous-marines, par exemple. Autant, en milieu terrestre, chacun peut se munir d'une paire de jumelles, d'un smartphone, d'un ouvrage spécialisé ou d'internet pour identifier et comptabiliser la faune et flore de nos villes, villages et campagnes, autant, en milieu marin, tout est beaucoup plus compliqué, à commencer par la collecte de données. L'accès au grand large est en effet réservé aux professionnels (navigateurs, plaisanciers, marins, marins-pêcheurs, navettes de transports de passagers) dont le temps accordé aux éventuelles observations naturalistes est limité par la nature même de leurs activités. L'étage infralittoral, lors des basses mers de vives eaux, et l'étage circalittoral, sous la ceinture de laminaires, sont également difficilement accessibles réduisant le réseau d'observateurs à la communauté des plongeurs sous-marins autonomes. Au-delà, seuls les bathyscaphes et sous-marins téléguidés permettent de découvrir le benthos. Restent le supralittoral, jamais immergé, et le médiolittoral, délimité par les pleines mers de vives eaux et les basses mers de mortes-eaux, accessibles à la majorité des citoyens pour procéder aux observations.

Une autre raison peut aussi expliquer ce décalage entre sciences citoyennes terre/mer. La prise de conscience de la fragilité du milieu est relativement tardive : autant les impacts sur le milieu

terrestre (décharge illégale, déforestation, pollution atmosphérique, braconnage, érosion du littoral, etc.) sont visibles de tous avec des conséquences socio-économiques et sanitaires facilement perceptibles, autant la pollution du milieu marin est moins médiatisée et passe quasi inaperçue exceptée lors de marées noires, d'échouages de cétacés, d'accident nucléaire comme à Fukushima, ou de reportages ponctuels sur des questions d'actualité (ex. des continents de plastique). Le phénomène est d'autant moins perceptible en Bretagne que les marées, courants et vents ont tendance à « nettoyer » régulièrement le littoral et ses fonds sous-marins. Enfin, parce que justement inaccessible, le milieu marin est un espace que le scientifique s'est longtemps réservé ne jugeant pas forcément nécessaire de faire appel aux citoyens pour acquérir plus de données.

- **Le supralittoral**

Le supralittoral est l'étage du littoral toujours émergé, soumis aux embruns, vagues et vents et présente le plus fort risque d'érosion. La gestion des risques côtiers d'érosion et de submersion est une des préoccupations des géographes et géologues qui, depuis très récemment, développent des observatoires citoyens autour de la problématique des risques naturels (Tableau 2).

RIVAGES est une application smartphone, lancée en 2016 et conçue par le Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (CEREMA), qui permet au grand public de réaliser ses propres relevés du trait de côte : tracés GPS et photographies associées pour illustrer ce trait de côte. Après traitement, les tracés sont diffusés sur le site Géolittoral du Ministère de la transition écologique et solidaire. En impliquant le grand public dans la surveillance du littoral, le programme RIVAGES joue aussi un rôle en matière de sensibilisation aux problématiques liées au littoral telles que l'érosion et la protection de cet espace.

Depuis 3 ans, l'Observatoire Intégré des Risques Côtiers (OSIRISC) porté par l'Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM) – Université de Bretagne Occidentale (UBO) se concentre sur le suivi de la vulnérabilité aux risques côtiers d'érosion/submersion en Bretagne. L'objectif est de « renforcer la résilience du territoire en démontrant combien l'implication des citoyens dans la prévention des risques peut renforcer les dispositifs régionaux et nationaux ». OSIRISC repose sur un web-SIG, nommé OSI, permettant d'archiver les données spatio-temporelles d'indicateurs décrivant les quatre composantes de la vulnérabilité que sont 1) les aléas (érosion, submersion marine, migration dunaire, etc.), 2) les enjeux qui définissent avec les aléas le risque, 3) la gestion de ces risques côtiers 4) et les représentations c'est-à-dire leur perception par les gestionnaires, les riverains, habitants, etc. (Hénaff et al., 2021). OSIRISC est d'abord un projet conçu entre scientifiques et gestionnaires, mais il tend à s'élargir en impliquant le citoyen notamment dans le suivi des aléas grâce à l'application CoastAppli (Hénaff, com. pers.).

L'Observatoire Citoyen du Littoral Morbihannais (OCLM) est dédié à l'évolution du trait de côte et à la dynamique littorale. Grâce à la collecte de données, l'objectif est d'observer l'évolution physique du littoral, mais également d'améliorer sa gestion et son aménagement face aux problèmes d'érosion (Sedrati et Cochet 2015). L'OCLM est un programme piloté par

le laboratoire Géosciences Océan (LGO) de l'Université de Bretagne Sud (UBS) chargé de la mise en œuvre du protocole et assisté par le Réseau Initiatives des Eco-explorateurs de la Mer (RIEM), une association créée en 2011 et chargée de former les citoyens bénévoles. L'OCLM a également développé un nouvel outil pour suivre de façon simple l'évolution du trait de côte : grâce aux stations CoastSnap Morbihan mises en place sur le littoral, il est possible de réaliser une photographie à l'aide d'un smartphone et d'enrichir la base de données du LGO.

Face à l'érosion côtière et au risque de disparition du patrimoine culturel, une équipe de chercheurs en archéologie du milieu côtier et insulaire de l'Ouest de la France s'est réunie début 2007 au sein du Centre de Recherche en Archéologie, Archéosciences, Histoire (CReAAH) pour développer le projet ALeRT (Archéologie, Littoral et Réchauffement Terrestre). Le projet avait pour objectifs initiaux la réalisation d'un état sanitaire du patrimoine archéologique littoral et une réflexion scientifique sur la vulnérabilité des sites archéologiques côtiers. Une application pour smartphone « ALeRT Mobile » permet aux différents acteurs de terrain, chercheurs et bénévoles de l'Association Manche Atlantique pour la Recherche Archéologique dans les Îles (AMARAI) de signaler les sites archéologiques menacés et de partager ces informations dans un délai très court (Daire *et al.*, 2015).

Tableau 2. Programmes de sciences citoyennes réalisés dans l'étage supralittoral breton.

Projet	Sciences contributives		Sciences participatives	
	RIVAGES	CoastAppli (OSIRISC)	ALeRT	OCLM
Porteur du projet	CEREMA	IUEM-UBO	CReAAH et AMARAI	LGO-UBS et RIEM
Rôle du citoyen	Collecte de données	Collecte de données	Prospection littorale et suivi des sites	Collecte de données, animation, formation
Objectifs	Surveillance du littoral	Suivi des aléas	Recensement du patrimoine	Surveillance du littoral
Portée géographique	Nationale	Littoral breton	Littoral breton	Morbihan
Impact scientifique	Cartographie Géolittoral, logiciel MobiTC	Hénaff <i>et al.</i> , 2021	Daire <i>et al.</i> , 2015	Sedrati et Cochet 2015
Impact sur la société	Application Rivages, presse locale, conférences	Sensibilisation, animations, application CoastAppli	Bulletin, ouvrages, conférences, tables rondes, formations	Sensibilisation, formation du public aux protocoles scientifiques, application CoastSnap

- **Le médiolittoral**

C'est dans cette zone de balancement des marées accessible aux observateurs à pied, entre la pleine mer de vive-eau et la basse mer de morte-eau, que s'échouent toutes sortes d'objets et

d'organismes délaissés par la mer : plastiques, capsules de raies, cétacés, etc. tous font l'objet de suivis dans le cadre de programmes de sciences citoyennes ou d'initiatives citoyennes (Tableau 3).

Le programme CapOeRa, actuellement en pause, est porté par l'APECS (Association Pour l'Etude et la Conservation des Sélaciens). Il consiste à collecter et identifier les capsules d'œufs de raies échouées sur les plages du littoral. Son équivalent anglais est le programme "The Great Eggcase Hunt" porté par l'association Shark Trust et initié en 2003 dans le comté du Devon. D'abord limité au littoral breton de 2005 à 2008, le programme CapOeRa s'est ensuite élargi au littoral français et au grand public jusqu'en 2017. L'objectif est de répertorier les sites d'échouages de capsules afin d'améliorer l'état des connaissances sur les aires de répartition des différentes espèces et sur les périodes d'éclosion, dans une optique de conservation, tout en sensibilisant le citoyen à la préservation des espèces. Plusieurs niveaux de participation existent : CapOeRa pour les données opportunistes, les suivis 'sentinelles' pour les données protocolées (suivi bimensuel sur une plage spécifique, en saison, par une structure-relais). Même si aucun organisme de recherche n'a été associé au moment de sa création, les données collectées pourraient, à terme, présenter un intérêt scientifique (Rohr, com. pers.).

Depuis 2015, le programme REEHAB (pour REEf HABitat), également porté par l'Ifremer, vise à cartographier la distribution des récifs d'hermelles *Sabellaria alveolata* à l'échelle européenne, suivre la bioconstruction des récifs et mesurer l'état de santé des individus. Enfin, l'analyse des données issues de ce protocole doit permettre l'élaboration d'indices d'état de santé afin de répondre notamment à la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin. Le grand public est ainsi invité à signaler la présence d'hermelles sur les côtes et l'ensemble des données est archivé dans la base de données Sextant de l'Ifremer.

Dernier né de la série des sciences citoyennes portées par l'Ifremer, Fish & Click vise à répertorier et géolocaliser toutes sortes d'engins de pêche perdus ou abandonnés (casier, filet, ligne, cordage, flotteur, etc.). Il s'adresse également aux plongeurs, plaisanciers et pêcheurs et, à ce titre, aurait pu être présenté dans chacune des parties de ce rapport.

Le RNE (Réseau National Echouages), mis en place en 1972, est le principal outil de suivi des échouages de mammifères marins et, à notre connaissance, le plus ancien programme de sciences citoyennes dédiées à la biologie marine. Il est coordonné par l'observatoire Pelagis (Unité Mixte de Service 3462 du CNRS et de l'Université de la Rochelle) dédié à l'observation pour la conservation des mammifères et oiseaux marins. Il s'agit tout simplement, pour tout citoyen, d'alerter le réseau en cas d'échouage d'un mammifère marin (pinnipède ou cétacé). Le bilan des échouages des mammifères marins est disponible à partir du site internet de l'observatoire Pelagis sous forme d'histogrammes, de carte interactive et d'un catalogue de métadonnées.

L'observatoire BioLit est un programme de science participative (ou collaborative selon la définition de Bœuf *et al.* (2012)) axé sur la biodiversité du littoral. La thématique des macrodéchets et des espèces non-indigènes (exotiques) fait également partie de BioLit grâce au protocole « Attention, menace ? » et « Les nouveaux arrivants », respectivement. BioLit est porté et animé par l'association Planète Mer créée en 2007. La responsabilité scientifique est assurée par le Centre de Recherche et d'Enseignements sur les Systèmes Côtiers (CRESCO) de la station marine du MNHN de Dinard. Grâce à une implication citoyenne, l'objectif de BioLit est de suivre l'état de santé du littoral, contribuant à l'identification et au développement

d'indicateurs de suivi de la qualité des milieux littoraux. Il se décline sous différentes actions afin de notamment « créer un réseau d'alerte et de surveillance du littoral » ou « répondre à des interrogations scientifiques ». La force de Biolit est d'avoir su reléguer sa mission et son animation à des structures relais sur la façade Atlantique, Manche et Mer du Nord. Le projet rentre actuellement dans une phase de valorisation scientifique des données acquises. Les travaux devraient aboutir à une modélisation de la réponse des communautés de mollusques à des facteurs environnementaux et anthropiques (Dimeglio, com. pers.).

Plus récemment, le programme Plages Vivantes est un programme de recherche construit avec les citoyens (enseignants, conseillers pédagogiques, animateurs nature, gestionnaires d'espaces) autour d'un observatoire participatif de la biodiversité des hauts de plages de la façade Manche-Atlantique. Il est porté par le MNHN et intégré aux observatoires de Vigie-Nature. Le programme Plages Vivantes s'intéresse en particulier aux suivis des différents compartiments biologiques associés à la laisse de mer : algues, oiseaux, plantes pionnières du haut de plage, dans un contexte de changements globaux (climatique-anthropique) et locaux. Le premier volet consacré aux algues de la laisse de mer (protocole ALAMER) a notamment été co-construit en collaboration avec les Aires Marines Educatives et Planète Mer pour répondre à un besoin de suivi de la laisse de mer dans le cadre scolaire. Il s'agissait notamment de co-construire une séquence pédagogique (avec enseignants, conseillers pédagogiques, animateurs nature) autour de la démarche scientifique pour accompagner les enseignants et élèves dans l'émergence des questions scientifiques, l'appréhension des méthodes d'échantillonnage, la visualisation et l'analyse des données. Plus largement, le programme de recherche Plages Vivantes implique également une collaboration entre chercheurs en écologie, en sciences de la conservation, mais aussi en humanités environnementales (anthropologie, géographie, sociologie, esthétique environnementale, etc.). Par ces thématiques et les études menées, il s'agit de mieux comprendre la relation et les perceptions qu'ont les usagers du littoral, les élus, les travailleurs du littoral vis-à-vis de la laisse de mer, dans l'objectif de mieux conserver cet écosystème et pour une meilleure prise en compte des enjeux de conservation dans les politiques publiques. En Bretagne, région pourtant reconnue pour sa biodiversité algale, les programmes de sciences citoyennes spécifiquement axés sur cette thématique sont encore sous représentés (Lagourgue 2015).

Tableau 3. Actions citoyennes et programmes de sciences citoyennes réalisés dans l'étage médiolittoral breton.

	Actions citoyennes	Sciences contributives			Sciences participatives	
Projet	CapOeRa	Fish & Click	REEHAB	RNE	BioLit	Plages Vivantes

Porteur du projet	APECS	Ifremer	Ifremer	Observatoire Pelagis (UMS 3462)	Planète Mer et MNHN	Aires Marines Educatives, Planète Mer et MNHN
Rôle du citoyen	Collecte de données	Collecte de données	Collecte de données	Collecte de données	Collecte de données, animation	Collecte de données, animation
Objectifs	Suivi des Elasmobranches	Cartographie des engins de pêche perdus ou abandonnés	Suivi de récifs d'hermelles	Suivi d'échouages de mammifères marins	Suivi de la qualité des milieux littoraux	Suivi des compartiments biologiques associés à la laisse de mer
Portée géographique	Nationale	Manche et littoral sud breton	Manche et façade atlantique	Nationale	Nationale	Nationale
Impact scientifique	Biacchi 2019	Projet INdiGO 2019-2023	Curd <i>et al.</i> , 2020	Cf Site internet de l'observatoire	Silvio 2016	En cours
Impact sur la société	Sensibilisation, lettres d'information, rapports annuels, guides pratiques	Ateliers, lettre d'information, exposition photographique	Conférences grand public	Bulletins d'information mensuels, guides, fiches techniques	Sensibilisation, animation par des relais locaux, BioLit junior	Sensibilisation, formations aux protocoles, articles

- **L'infralittoral**

L'infralittoral, jusqu'à 40 m de profondeur environ, et le circalittoral sont les deux étages de prédilection des plongeurs sous-marins, mais pour des raisons de sécurité, les programmes de sciences participatives se font essentiellement dans les 20 premiers mètres.

La station de biologie marine du MNHN basée à Concarneau a été le précurseur dans le domaine des sciences citoyennes sous-marines avec l'Association pour la Découverte du Monde Sous-marin (ADMS) de 1983 à 2003. Ses missions de sciences contributives auront permis de dresser un inventaire faunistique et floristique marin extrêmement riche sur tout le littoral breton (Castric *et al.*, 1987) et d'initier un grand nombre de plongeurs à la biologie subaquatique.

Depuis la fin des activités de l'ADMS, plusieurs projets d'observations ont été initiés, plutôt à l'échelle locale, par des plongeurs sous-marins. Citons, par exemple, le programme Opération Méduses lancé en 2012 par l'association Mer et Littoral. Ce programme consiste à suivre la distribution et l'abondance des méduses sur les côtes françaises. D'autres observatoires ont vu le jour à l'initiative de comités régionaux et/ou de commissions de la Fédération Française d'Etudes et de Sports Sous-Marins (FFESSM). Par exemple, le programme RHIZOMA pour Réseau d'études des Hippocampes et des Zostères par des Observateurs sous-marins en Manche et Atlantique a été initié en 2011. Il est issu d'un partenariat entre le Comité Interrégional Bretagne Pays de Loire (CIBPL) de la FFESSM et l'Agence des Aires Marines Protégées (AAMP). Le programme RHIZOMA a été repris en 2016 sous la forme d'un réseau

d'Observatoire Participatif des Herbiers de Zostères et de Syngnathidés (OPHZS), animé par le Syndicat Mixte de la Ria d'Étel (SMRE).

Des inventaires faunistiques et floristiques ont également été réalisés par le CIBPL sur le banc de Guérande de 2015 à 2019, zone d'implantation d'un futur parc éolien, et sur l'île Dumet (Bay-Nouailhat *et al.*, 2016) en Loire-Atlantique. Conçus et portés par des associations ou des « réseaux d'observateurs en plongée », ces actions citoyennes ne relèvent pas véritablement du champ disciplinaire des sciences citoyennes telles que nous les avons définies dans cet article puisqu'aucun laboratoire ou institut de recherche n'est associé au projet. Toutefois, ces actions citoyennes ont le mérite de dresser un inventaire de la faune et de la flore marine et de sensibiliser le public à la préservation de cette biodiversité.

Au niveau national, la FFESSM s'est également doté d'outils numériques accessibles à tous pour mener ces campagnes de suivis. CROMIS est un tout nouvel outil participatif conçu par la Commission Nationale d'Environnement et de Biologie Subaquatique (CNEBS) de la FFESSM. Il s'agit d'une refonte de l'outil BioObs, créé par la CNEBS, et repris par l'association « Les amis de BioObs ». CROMIS, en ligne depuis juin 2020, est une plateforme collaborative et évolutive. Il se présente sous la forme d'un « carnet de plongée naturaliste » où chaque plongeur peut enregistrer ses observations ou planifier ses plongées sur le thème de la biologie sous-marine. Il permet d'identifier les espèces rencontrées au cours d'une plongée grâce aux Données d'Observations pour la Reconnaissance et l'Identification de la faune et de la flore Subaquatique (DORIS), un autre outil participatif de la CNEBS, en ligne depuis 2006. Grâce à une contribution non plus de « voyageurs naturalistes du XIX^e siècle », mais de « plongeurs naturalistes 2.0 », CROMIS contribue à la constitution d'un inventaire faunistique et floristique alimentant l'Inventaire National du Patrimoine Naturel (INPN).

Véritable programme de science participative, le Fish Watch Forum est un observatoire des poissons marins d'Europe et de Méditerranée. Conçu en 2015, il est issu d'un partenariat entre l'association scientifique et naturaliste Peau-Bleue et le laboratoire Ecomers (actuellement Ecoséas) de l'Université Côte d'Azur. Aujourd'hui, cet observatoire tire sa force de la participation de chercheurs, mais aussi d'amateurs éclairés qui ont su répondre avant tout à une problématique scientifique et définir un protocole simple, mais informatif (Louisy, com. pers.). Les données accumulées sur des poissons rares ou méconnus observés en plongée ou pêchés alimentent aujourd'hui les travaux d'ichtyologues du littoral atlantique et méditerranéen (Bodilis *et al.*, 2014 ; Iglésias *et al.*, 2020). A l'international, l'association Peau-Bleue est également connue pour avoir développé plusieurs projets de science citoyenne comme les « voyages Bio Sous-Marine » basé sur l'écovolontariat.

Le seul programme qui s'apparenterait à de la science communautaire serait BIOSUBZH, un observatoire de la biodiversité subaquatique, créé en 2011 à l'initiative de la ville de Dinard et sous la responsabilité scientifique de l'UMR Ecobio de l'Université de Rennes 1 et du MNHN - CRESCO. Cet observatoire, toujours en activité aujourd'hui, a pour objectif principal de surveiller l'évolution des communautés sous-marines des fonds rocheux de la baie de St-Malo et de Dinard, en mettant à profit les compétences des plongeurs loisirs (Gerbout 2013). Le défi aura été de réussir à rassembler une communauté d'acteurs : scientifiques, plongeurs sportifs, pêcheurs professionnels ou de loisirs autour de la préservation de la biodiversité tout en améliorant les bonnes pratiques de pêche (Lamballe et Cabioch, com. pers.). La régularité des suivis biologiques reste toutefois dépendante de l'implication des différents partenaires du

programme que ce soient les équipes scientifiques, les plongeurs bénévoles ou des politiques qui se succèdent. Les plongeurs loisirs locaux du club St-Malo Plongée Emeraude sont également impliqués dans 2 nouveaux programmes de sciences contributives à savoir le projet 3Dpare et Marineff portés par l'Ecole Supérieur d'Ingénieurs des Travaux de Construction de Caen avec notamment, comme partenaire, la station du MNHN de Dinard.

Tableau 4. Actions citoyennes et programmes de sciences citoyennes réalisés dans l'étage infralittoral breton.

	Actions citoyennes			Sciences participatives	Sciences communautaires
Projet	Inventaire faunistique et floristique marins	Opération Méduses	OPHZS	Fish Watch Forum	BIOSUBZH
Porteur du projet	FFESSM	Mer et Littoral	SMRE	Peau Bleue et Ecomers	Ville de Dinard, UMR Ecobio et MNHN
Rôle du citoyen	Collecte de données	Collecte de données	Collecte de données	Collecte, traitement et analyse des données	Collecte de données, mesure de gestion
Objectifs	Inventaire faunistique et floristique	Inventaire de méduses	Observatoire des herbiers de zostères et de syngnathidés	Observatoire de poissons marins	Inventaire faunistique et floristique
Portée géographique	Locale : banc de Guérande, île Dumet et Nationale	Nationale	Locale : ria d'Etel	Europe et Méditerranée	Locale : baie de St-Malo
Impact scientifique	Contribution à l'INPN, rapports d'activités	Bay-Nouailhat <i>et al.</i> , 2013	Geslin 2018	Iglésias <i>et al.</i> , 2020	Gerbout 2013
Impact sur la société	Sensibilisation, utilisation des outils CROMIS et DORIS	Rôle pédagogique et sensibilisation	Rôle pédagogique et sensibilisation	Contribution potentielle des citoyens à la surveillance du milieu (DCSMM)	Rôle pédagogique et sensibilisation

- **La zone pélagique**

La zone pélagique est constituée par la colonne d'eau située en haute mer, au large. Elle est peuplée aussi bien par le plancton que les mammifères marins.

Depuis 1998, l'APECS coordonne un programme national de recensement des observations opportunistes de requins pèlerins destiné aux professionnels de la mer, plaisanciers, plongeurs, promeneurs, etc. L'objectif est de collecter des informations via un formulaire de saisie en ligne afin d'effectuer un suivi à long terme de la présence de l'espèce et donc d'observer les grandes tendances ainsi que les événements exceptionnels. Tous les deux ans, une campagne d'affichage à destination des usagers de la mer est menée pour faire connaître ce programme. Parallèlement, le programme Pelargos a été lancé en 2015, avec pour ambition de déployer des balises de suivi satellite pour tenter de mieux connaître et comprendre la migration de requins pèlerins. Avec son programme CapOeRa, l'APECS mène des « programmes scientifiques et éducatifs pour mieux connaître et faire connaître ces espèces souvent menacées, dans une optique de conservation ».

Depuis 2010, l'objectif du programme « Observateur de l'Atlantique » porté par l'observatoire Pelagis, en collaboration avec l'Aquarium La Rochelle, est de connaître la fréquentation et la distribution des mammifères marins et de tortues marines sur toute la façade atlantique française. Une fiche d'observation est disponible afin de faciliter l'identification des espèces. Cette campagne de sensibilisation vise à compléter les suivis scientifiques par les observations de tous les navigateurs professionnels comme plaisanciers. Le bilan des observations est disponible à partir du site internet de l'observatoire Pelagis sous forme d'un catalogue de métadonnées.

Le programme Phenomer, coordonné par l'Ifremer depuis 2013, invite le citoyen à signaler les efflorescences micro-algales en mer et le long du littoral. Il dispose également de son application smartphone permettant de géolocaliser l'efflorescence et de déposer une photographie. Pour assurer la pérennité du projet, l'animation et la communication par des structures relais semblent indispensables.

L'objectif Plancton est coordonné par Océanopolis depuis 2014, avec l'appui scientifique de l'IUEM et de l'Ifremer, et en partenariat avec l'Amicale des Plaisanciers des Marinas de Brest (APMB) et d'autres associations. Il fait intervenir plus d'une quinzaine de navires répartis entre les rades de Brest, de Lorient et la baie de Concarneau qui procèdent au même instant à un échantillonnage de phyto et zoo plancton ainsi qu'aux mesures de paramètres physicochimiques de l'eau de mer et à une mesure de la turbidité. L'originalité du programme est de faire appel aux étudiants de l'IUEM embarqués à bord des navires de plaisance pour la collecte d'échantillons.

Le projet CANOE visait à installer des sondes de température et de salinité sur les quilles de navires hauturiers. Il devrait être repris prochainement sous le programme SensOcean par l'association Astrolabe expéditions dont la mission est de « transformer une problématique de recherche en sciences participatives ». L'association travaille, dans le cadre du projet SensOcean, en étroite collaboration avec l'Ifremer, mais également avec des Fablabs pour créer de nouveaux instruments exploitables par les plaisanciers.

Tableau 5. Action citoyenne et programmes de sciences citoyennes réalisés dans la zone pélagique.

	Actions citoyennes	Sciences contributives	Sciences participatives
--	--------------------	------------------------	-------------------------

Projet	Suivi de requin pèlerin	Observateurs de l'Atlantique	Phenomer	Objectif Plancton	SensOcean
Porteur du projet	APECS	Observatoire Pelagis (UMS 3462)	Ifremer	Océanopolis et IUEM	Astrolabe expéditions et Ifremer
Rôle du citoyen	Collecte de données	Collecte de données	Collecte de données	Navigation, collecte d'échantillons, animation	Réalisation d'expéditions scientifiques et de programmes de sciences participatives
Objectifs	Suivi de requin pèlerin	Suivi de mammifères marins et tortues marines	Suivi du plancton	Suivi de plancton	Production de savoir et d'instruments de mesure, sensibilisation
Portée géographique	Nationale	Façade atlantique	Littoral Breton	Locale : Brest, Concarneau et Lorient	Internationale
Impact scientifique	Pas d'élément	Voir site internet de l'observatoire	Siano <i>et al.</i> , 2020, rapports d'activité	Valorisation dans le cadre d'un doctorat en cours	Programme en cours
Impact sur la société	Fiche d'identification, sensibilisation du public	Bulletins d'information, rapports, fiches techniques	Pédagogique et sensibilisation du public (scolaire)	Conférences grand public	Fablab, café Océan, expéditions, week-end voile

- **La zone benthique, au-delà du talus continental**

La zone benthique héberge l'ensemble des organismes qui vivent à proximité du fond des mers et des océans. Elle fait l'objet de nombreuses pressions d'origine anthropique comme la pêche au chalut profond et, très prochainement, l'extraction minière.

Le programme Deep Sea Spy (ou Espions des grands fonds) de l'Ifremer est, à notre connaissance, le seul programme dédié au benthos de la zone bathyale (-200 à -3000 m). Il permet de suivre en continu les écosystèmes hydrothermaux profonds grâce à des caméras posées sur le fond de mer. A partir de milliers d'heures de vidéo enregistrées, les citoyens sont invités à identifier, compter et mesurer les espèces vivantes au niveau de ces sources hydrothermales. Plusieurs niveaux de reconnaissance sont proposés en fonction de la difficulté d'annotation des espèces. Il est possible de changer de niveau au fur et à mesure, en fonction du nombre d'images annotées et des compétences acquises.

Tableau 6. Programme de sciences citoyennes réalisé dans la zone benthique.

	Science collaborative
Projet	Deep Sea Spy
Porteur du projet	Ifremer

Rôle du citoyen	Traitement et acquisition de données
Objectifs	Suivi de la biocénose
Portée géographique	Locale : sources hydrothermales
Impact scientifique	Matabos <i>et al.</i> , 2016
Impact sur la société	Activité ludique et pédagogique : conférences, ateliers, livrets pédagogiques, formation des enseignants, sensibilisation des enfants, etc.

Le recensement des programmes de sciences citoyennes dédiées à la mer et au littoral breton a permis de mettre en évidence l'existence en 2021 de 16 programmes de recherche scientifique impliquant la participation des citoyens ainsi que 5 actions purement citoyennes, à vocation pédagogique et de sensibilisation du public, mais sans réelle participation de laboratoire de recherche. Près d'un tiers de ces programmes sont portés par l'Ifremer ; 28% par une université bretonne.

Quelle que soit la définition donnée aux sciences citoyennes et la classification adoptée (si elle se justifie), il apparaît d'une façon générale que la participation active des citoyens à la réflexion et à la co-construction du projet scientifique, à l'interprétation des données et à la diffusion des résultats représente près de la moitié des programmes de recherche en lien avec la mer et le littoral (Figure 1). Ces sciences participatives et communautaires couvrent essentiellement les zones pélagiques, supra et médiolittorales, que ce soit à l'échelle internationale ou locale.

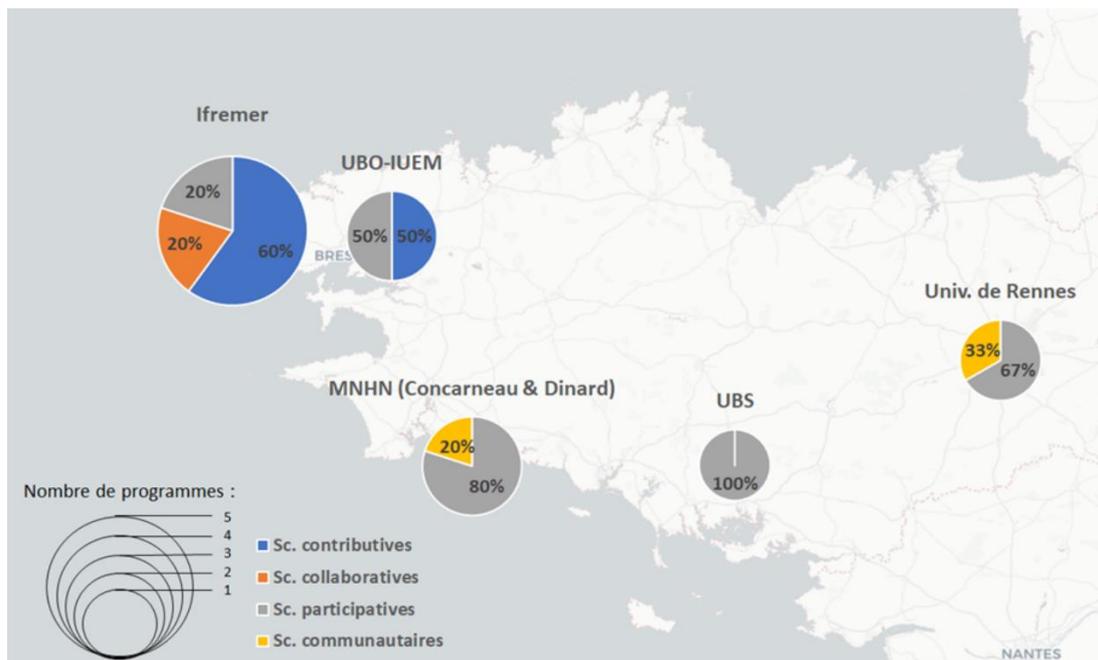


Figure 1. Répartition des programmes de Sciences citoyennes dédiés à la mer et au littoral breton

L'autre moitié des programmes recensés font essentiellement appel aux citoyens pour de la collecte de données (sciences contributives). Elles couvrent les mêmes zones pélagiques et littorales que les sciences participatives, mais leur rayon d'action est plutôt limité à l'échelle nationale et régionale.

Il n'existe que peu de programmes de science collaborative impliquant une participation du citoyen au traitement et à l'analyse des données. Ceci pourrait en partie s'expliquer par un manque de confiance entre le chercheur et le citoyen, par le fait que les données collectées dans ces différents programmes ne se prêtent pas à une analyse collective (ou « distributed intelligence ») ou, plus simplement, par le fait que les citoyens ne possèdent pas les outils et les compétences nécessaires à l'analyse statistique des données.

Quant aux sciences dites communautaires (1 seul programme) qui auraient pourtant pu bénéficier de la présence d'une forte communauté de plongeurs en scaphandre pour l'observation de l'étage infralittoral, elles semblent pour l'instant, en Bretagne, totalement dissociées des institutions scientifiques. Généralement, les travaux issus d'observations de plongeurs organisés ou non sous forme de « réseau d'observateurs en plongée » restent rares et/ou difficilement visibles dans la littérature (Cerrano *et al.*, 2017).

En parallèle émergent des actions citoyennes indépendantes, sans interaction avec la communauté scientifique. Leur finalité consiste généralement à inventorier les espèces dans un esprit de mutualisation des connaissances. Elles ne présentent pas véritablement d'objectifs de transformation sociale, économique ou scientifique. En effet, les différents observatoires à l'origine d'initiatives citoyennes proposent des protocoles adaptés au niveau de compétence des bénévoles (débutants, intermédiaires ou experts) et s'éloignent des standards définis par les scientifiques. Au final, le risque est que ces observations deviennent inexploitable et que le travail de collecte ne puisse se concrétiser par une production scientifique. Aussi, peut-on se poser les questions de l'intérêt de ces actions citoyennes, en dehors de la diffusion des connaissances et la sensibilisation du public, et du risque d'essoufflement des bénévoles pour des actions qui, faute de moyens, risqueraient de périr rapidement.

Pourtant, la place des actions citoyennes n'est pas figée et il n'y a qu'un pas entre elles et les sciences participatives. Les programmes de recherche scientifique doivent en premier lieu faire appel à des protocoles ou des méthodes standardisés ainsi qu'à des techniques reproductibles dans le temps et dans l'espace. La présence du scientifique garantit l'intégrité morale et scientifique de l'étude. Ces programmes scientifiques répondent à un objectif précis, parfois temporairement limité par diverses contraintes (financières et humaines, notamment). A l'inverse, les actions citoyennes s'inscrivent dans la durée et nécessitent du temps pour collecter une masse de données et révéler tout leur intérêt. En considérant les citoyens comme de véritables experts dans la collecte et l'analyse de données grâce à leur engagement, ces inventaires renouvelés sur de nombreux sites et à différentes périodes pourraient a posteriori présenter des intérêts scientifiques. Ainsi, une action citoyenne peut rapidement évoluer vers un programme de sciences citoyennes si le protocole est suffisamment robuste. Tout dépend des partenariats qui peuvent se nouer avec le temps entre le monde de la recherche et des citoyens. A plus grande échelle et particulièrement dans le contexte actuel de changements globaux, si les protocoles de recueil de données étaient a minima standardisés, ces dispositifs de collecte initiés par les citoyens pourraient faire émerger des phénomènes inattendus, sources de questionnement scientifique (Julliard 2017) et rentrer dans la définition des sciences participatives. De son côté, un scientifique « professionnel » (titulaire de son poste) ne peut-il pas élaborer une hypothèse scientifique permettant également de répondre à une problématique sociale, économique ou environnementale qui concerne directement le citoyen ? C'est à ce degré d'interaction que les sciences participatives trouvent tout leur sens, véritable fusion entre

une démarche citoyenne soutenue et accompagnée par une équipe de recherche pour répondre aux défis scientifiques et aux enjeux de la société.

II. Recommandation pour le développement des sciences participatives dédiées à la mer et au littoral dans le Grand Ouest.

Les défis auxquels nous devons tous faire face (réchauffement climatique, acidification des océans, érosion de la biodiversité, pollution marine, surpopulation du littoral, etc.) vont bien au-delà des seules préoccupations des scientifiques. Ces changements globaux suscitent au sein de la société des interrogations légitimes : état de santé de la mer et des ressources halieutiques, risque sanitaire lié à la consommation de bivalves contaminés par les biotoxines et les bactéries fécales, impact socio-économique consécutif au développement d'algues vertes sur les plages, etc. L'accès à la mer et au littoral, ce « bien commun » (Archipel 2019), suscite également comme toute richesse des convoitises et des conflits entre usagers, que ce soit pour la préservation du littoral face à une urbanisation grandissante, pour la création de parcs éoliens en mer dans des zones de pêches qui se raréfient, ou pour partager le domaine public maritime entre aquaculteurs, pêcheurs ou plaisanciers alors que la surface des aires marines protégées devrait passer de 4% à 10 %. Face à ces défis, il paraît essentiel d'élaborer des stratégies de recherche pour, avec et par la société.

Dans le cadre des sciences participatives, la problématique de recherche est définie par le scientifique puisqu'il s'agit d'un programme de recherche, mais aussi par le citoyen avec qui le chercheur interagit pour répondre à une problématique qui concerne la société. Les participants coopèrent avec les scientifiques à l'élaboration d'une méthode de collecte de données, mais dépendent de l'assistance des scientifiques pour l'analyse et l'interprétation des résultats (Haklay 2013). Parce qu'elles nous semblent encore insuffisamment développées sur notre façade atlantique et essentielles au rapprochement science-société, plusieurs recommandations peuvent être émises.

- **Renforcer l'intérêt des Sciences participatives pour le citoyen**

Créé en 2017, le collectif Vigie Mer constitue un « réseau d'acteurs portant ou accompagnant des programmes et outils de sciences participatives en milieu marin, assurant l'animation de ceux-ci et/ou utilisant et valorisant les données qui en sont issues ». Ce collectif rassemble aujourd'hui une cinquantaine de membres issu du milieu associatif et scientifique. Sur internet, les programmes de sciences « participatives » sont accessibles à partir de sites comme Nature France et OPEN, depuis 2018. Sur ce dernier, il est notamment possible de filtrer ces programmes par thème, « Mer et Littoral », par exemple, et selon deux niveaux d'expertise, « pour tous » ou « pour les initiés ».

Si l'ensemble de ces programmes est désormais bien lisible, leurs objectifs et intérêts pour le citoyen le sont moins. S'agit-il de contribuer à la collecte de données, de collaborer à leur analyse des données pour un organisme de recherche ou de participer pleinement à chacune des étapes du programme comme dans le cadre des sciences participatives pour répondre à une problématique scientifique, mais aussi sociale, économique ou environnementale ? En effet, la motivation des citoyens bénévoles n'est pas uniquement et simplement de collecter des données

pour le plaisir de contribuer à la publication d'un travail scientifique. Selon son niveau de participation et d'engagement ou niveau de « capacitation » (Haklay 2013), le citoyen peut chercher à devenir acteur de la transformation de la société dans laquelle il vit et/ou de l'environnement dans lequel il évolue. De plus, dans le domaine de la mer et du littoral, les actions citoyennes sont nombreuses et portent sur des domaines variés apportant encore plus de confusion quant aux attentes du citoyen qui voudrait contribuer à un programme de recherche scientifique.

Afin d'éclairer le citoyen sur les retombées potentielles du projet dans lequel il s'implique, de sélectionner le projet le plus adapté à son niveau de capacitation et garantir sa motivation, il pourrait être utile de distinguer sur les portails recensant les programmes de sciences citoyennes d'une part ceux qui, comme les sciences contributives et collaboratives, contribuent à une diffusion des connaissances et potentiellement aboutissent à des publications scientifiques et d'autre part les programmes de sciences participatives et communautaires qui sont réellement co-construits avec les scientifiques et dont la finalité est une transformation de la société doublée d'innovations scientifiques. Une classification de ces programmes de sciences selon un niveau de capacitation du citoyen (et non selon un niveau d'expertise) pourrait apporter plus de lisibilité (Tableau 7).

Tableau 7. Evaluation qualitative du « niveau de capacitation » d'un citoyen dans un programme de sciences citoyennes

Niveau de capacitation	1	2	3	4
Objectifs	Collecter des données	Collecter, traiter et interpréter les données collectées	Comprendre et appliquer une démarche scientifique	Créer un programme de sciences participative
Compétence citoyenne : « Etre capable de »	Respecter et appliquer de façon rigoureuse un protocole scientifique en vue de la collecte de données	Comprendre les enjeux liés à la qualité des données, savoir utiliser un jeu de données et les méthodes de traitements de données	Emettre une hypothèse ou une problématique citoyenne, proposer des objectifs à atteindre pour y répondre, élaborer une méthode de collecte de données adaptée au citoyen, mais robuste, traiter et interpréter les données	Trouver un partenaire scientifique, cocréer le projet, trouver un financement, le mettre en œuvre, animer le programme, prendre des décisions, influencer les politiques
Bénéfice personnel : « l'intérêt est de »	Participer activement à la production de savoirs (publications scientifiques)	Acquérir et produire du savoir, s'initier à la démarche scientifique	S'approprier le savoir, participer à l'innovation scientifique dans des tiers lieux, par exemple.	Contribuer à la transformation à l'échelle de la communauté ou de la société ; développer sa capacitation

- **Mutualiser les ressources humaines, financières et les bases de données**

Ces programmes nécessitent, par définition, de faire appel à une large participation des citoyens. Les moyens humains ne doivent pas être éparpillés, mais, au contraire, mutualisés pour mieux valoriser les efforts. Par exemple, l'association RIEM collecte ses données sur le littoral en participant à la fois aux programmes de l'OCLM et Biolit, et sur tous les océans avec les outils Secchi Disk Study et OBSenMER. Il serait judicieux que les associations ou observatoires participatifs proposent à leurs adhérents de s'initier à plusieurs de ces programmes de sciences participatives. Cela demandera évidemment un investissement plus conséquent de la part des associations citoyennes qui devront répondre à plusieurs objectifs précis et donc utiliser plusieurs protocoles. Dans le cadre de Plages Vivantes, l'objectif est de proposer plusieurs protocoles tous interopérables afin de voir la relation entre la laisse de mer et les compartiments biologiques associés.

Il existe déjà quelques outils que les citoyens peuvent s'approprier dans le cadre de leurs observations. Le programme Secchi Disk Study, initié en 2013, est un très bel exemple d'outil déployable dans le cadre des sciences citoyennes : un programme de recherche porté par un scientifique, une méthode compréhensible par tous avec la possibilité de fabriquer son propre appareil de mesure, une application téléchargeable par tous sur son smartphone, une mise en ligne des données accessibles à partir du site internet, un lien vers les publications scientifiques issues de ce travail collaboratif en libre accès et enfin, la possibilité de faire du mécénat pour financer les recherches. De son côté, OBSenMER est une plateforme collaborative qui permet de consulter, saisir et télécharger les données collectées par le réseau de contributeurs pour n'importe quel type d'observations opportunistes en mer : mammifères marins, poissons, oiseaux, plastiques, etc. OBSenMER s'adresse à un public varié amateur ou professionnel. Différents niveaux de suivi sont proposés : « observation ponctuelle », « observation avec effort », « observations expertes ».

Concernant les « actions » citoyennes, elles ne doivent pas être écartées des « sciences » citoyennes, mais un accompagnement par des organismes scientifiques doit être réalisé pour redéfinir la problématique, les objectifs à atteindre, valider les protocoles existants ou en proposer de plus robustes, et enfin valider les données collectées.

Avec la multiplication des programmes de sciences citoyennes, les bases de données s'éparpillent. Observation d'espèces sous-marines sur un site, mesure de température sur un autre, prise de photographie pour l'un, dénombrement pour l'autre, etc. Une plateforme unique, partagée et accessible à tous serait essentielle. Par exemple, le Centre de coordination et de surveillance du système mondial d'observation de l'Océan (OceanOPS) compile et partage plusieurs bases de données concernant les paramètres physicochimiques des océans. De même, le Système mondial d'information sur la biodiversité (GBIF) fournit « à tous et partout un accès libre aux données sur toutes les formes de vie sur Terre ». Il semblerait que la mutualisation des protocoles et des données soit un sujet récurrent, et ce, quel que soit le bassin d'étude (Kundasamy 2014).

Dans l'objectif de mutualiser les observations et d'envisager des comparaisons spatio-temporelles, il serait pertinent d'identifier ou développer des protocoles de sciences participatives complémentaires et interopérables entre eux et avec les protocoles scientifiques conventionnels (Louisy *et al.*, 2019). Par exemple, concernant le programme Plages Vivantes et son protocole ALAMER, il est proposé aux citoyens (grand public et scolaires) d'identifier une liste de 40 taxons ; l'équipe scientifique qui utilise le même protocole identifie jusqu'à

l'espèce, à chaque fois que cela est possible. L'autre avantage est de valider scientifiquement le protocole proposé aux grand public et scolaires en comparant les résultats obtenus.

L'accès aux protocoles scientifiques devrait aussi être facilité. Le projet CAMPanule porté par l'Unité Mixte de Service Patrimoine Naturel – MNHN recense « les techniques, méthodes et protocoles d'acquisition de données sur le patrimoine naturel » en milieu terrestre. A notre connaissance, il n'existe pas pour l'instant de projet équivalent en milieu marin.

- **Evaluer l'impact des sciences participatives sur les sciences, la société et les politiques**

Les retombées des sciences participatives (et de façon générale, les sciences citoyennes) en termes de publications scientifiques sont difficilement chiffrables. Les publications scientifiques issues de programmes de recherche associant le citoyen sont souvent absentes des sites internet des associations, lesquels sont plutôt destinés à un large public. Lorsqu'elles figurent sur le site du laboratoire ou sur le site du responsable scientifique du projet, elles sont rarement identifiables parmi l'ensemble des publications listées. Elles permettraient pourtant d'apporter une plus grande lisibilité sur la place des sciences participatives dans notre société ou de mieux représenter le monde associatif auprès des instances politiques. Par exemple, le site Ecoflux, créé en 1998 à l'IUEM, sur le suivi de la qualité des eaux de rivières, affiche très clairement la liste des publications scientifiques, des thèses et des stages ayant eu recours aux données collectées dans le cadre de ce réseau. Toutefois, bien que certains de ces travaux soient issus de recherche publique et de bénévoles, l'accès aux publications scientifiques récentes reste payant. Pour faciliter la diffusion des résultats auprès du grand public, les publications ou les pré-publications en accès libre devraient être privilégiées. Enfin, qu'elles soient publiées ou pas, se pose la question de la propriété des données. Appartiennent-elles aux citoyens qui les ont collectées voire traitées ou aux scientifiques qui les ont interprétées dans le contexte de leur étude ?

L'impact des sciences participatives sur la société elle-même est encore plus difficilement mesurable. Combien de citoyens sont concernés, quelle tranche d'âge, quel profil ? Quel est le taux de participation du citoyen au programme de recherche ? Dans son rapport d'avancement « algues brunes et bigorneaux » de 2016, Biolit affiche une participation de près de 14 000 citoyens en 4 ans et présente une répartition des 43 estrans observés. Un affichage du bilan des autres programmes de sciences participatives permettrait d'avoir une meilleure visibilité sur l'impact social. Mais comment mesurer chez le citoyen une évolution de son comportement ou de ses compétences après avoir participé à un programme de recherche ? Un diplôme ou une carte de capacitation (et non un degré d'expertise) pourrait être délivré après avoir participé à un programme de sciences citoyennes : est-ce que la simple collecte de données suffit à satisfaire ma relation vis-à-vis de la recherche scientifique (Niveau 1) ? Ai-je acquis suffisamment de compétences pour initier un programme nécessitant un partenariat scientifique pour répondre à une problématique précise et localisée (Niveau 4) ? Dans le domaine de la plongée sous-marine, l'édition d'une carte « Citizen Science Diver » par la Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques (CMAS) est en cours (Giraudeau, com. pers.). Une formation de plongeur en sciences citoyennes organisée par la CMAS, sous forme d'un stage de 4 jours, est également en phase d'expérimentation (Schill, com. pers.) Différents niveaux de

capacitation apporterait encore plus de visibilité sur le développement des sciences citoyennes en plongée sous-marine.

En dehors des mesures de gestion face aux risques côtiers d'érosion et de submersion, peu de critères nous ont permis de mesurer l'impact des programmes de sciences citoyennes sur les décisions politiques. Pourtant les sciences participatives et communautaires sont censées aboutir à de véritables transformations de la société. A défaut de pouvoir mesurer ces retombées, il serait plus judicieux d'impliquer les politiques dès le montage de projets de sciences participatives comme par exemple, dans le cadre du projet BIOSUBZH en baie de St-Malo où le soutien de la mairie de Dinard aura été essentiel à l'émergence du projet.

- **Soutenir la communauté des plongeurs scientifiques au développement des sciences participatives**

Autant dans les étages supralittoral et médiolittoral, les sciences collaboratives se sont tardivement, mais rapidement développées, autant dans l'étage infralittoral, domaine de prédilection des plongeurs en scaphandre autonome, les projets souffrent encore de la faible mobilisation et implication des laboratoires de recherche. Les rapprochements entre ces deux mondes restent encore très marginaux et fragiles, malgré un contexte a priori favorable de part et d'autre. En effet, les plongeurs non-scientifiques, bénévoles, semblent prêts à participer aux programmes de recherche. Sur un échantillon d'une communauté morbihannaise de plongeurs sous-marins (39 personnes), pour certains sensibilisés à la biologie subaquatique, près de 60% d'entre eux ont clairement identifié ce que sont aujourd'hui les sciences citoyennes.

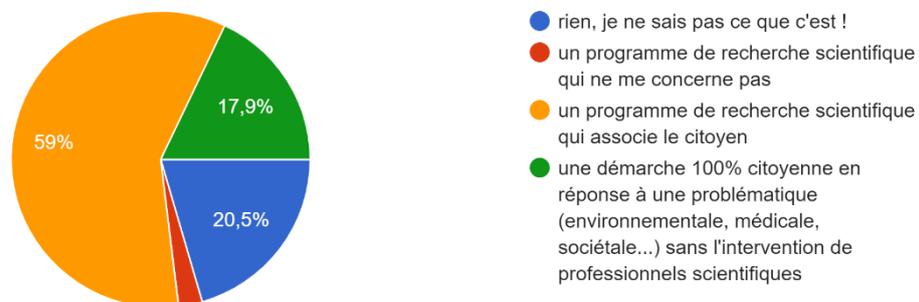


Figure 2. Réponses d'une communauté de plongeurs du Morbihan à la question : « Que représentent pour vous les Sciences citoyennes au sens large, comprenant également les sciences participatives et collaboratives ? », 39 réponses.

Plus de 60% de ces citoyens n'ont jamais participé à un programme de sciences citoyennes tel que proposé par l'observatoire Biolit, l'OCLM, l'OPHZS ou l'Apecs, mais seraient prêts à s'investir.



Figure 3. Réponses d'une communauté de plongeurs du Morbihan à la question : « Avez-vous déjà participé à des programmes de Sciences citoyennes dédiés à la mer et au littoral (Biolit, Apecs, Phenomer, OPHZS, OCLM, ...) ? », 39 réponses.

En revanche, il semble que ces citoyens ne soient pas encore prêts à s'engager au-delà de la simple collaboration ; le terme de « Sciences » pouvant même rebuter 15% d'entre eux. Des efforts en termes de communication autour des sciences participatives doivent donc être faits pour rassurer un plus grand nombre de citoyens sur leur capacité à interagir avec les équipes scientifiques.

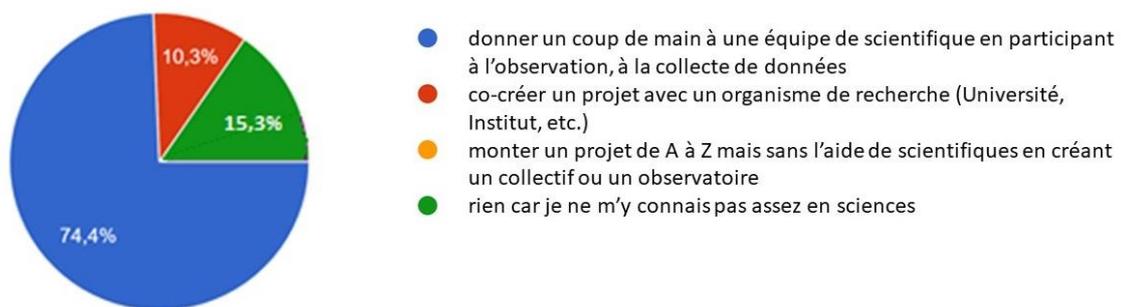


Figure 4. Réponses d'une communauté de plongeurs du Morbihan à la question : « Seriez-vous prêt à : », 39 réponses.

Il serait intéressant, dès le début d'un programme de sciences participatives, de mesurer le taux d'erreur entre les observations réalisées par les citoyens et celles effectuées par les scientifiques. Cela permettrait d'évaluer la qualité des données collectées et si besoin d'ajuster le protocole pour diminuer ce taux d'erreur au maximum et donc à terme redonner confiance aux observateurs.

De l'autre côté, les scientifiques doivent être incités et soutenus par leur institution dans ces démarches d'accueil de citoyens, car elles restent chronophages et se font aux dépens d'activités de recherche plus fondamentales. Au sein de la communauté des plongeurs scientifiques représentée par le Comité National de la Plongée Scientifique (CNPS), les programmes de sciences citoyennes restent rares : citons le suivi d'herbiers de zostères dans le bassin d'Arcachon coordonné par Ocean'Obs, véritable programme de sciences participatives à l'interface entre scientifiques, gestionnaires d'aires marines protégées et plongeurs

bénévoles. D'autres projets sont en cours de préparation et portent, par exemple, sur le suivi d'espèces exotiques envahissantes (EEE) (Jacquet, com. pers.).

Lors de futurs programmes de sciences citoyennes en plongée sous-marine, l'accent devra être mis davantage sur la coopération la plus active possible des citoyens, dès la conception du projet de recherche, afin de ne pas limiter celui-ci à de la simple collecte de données. La communauté des plongeurs de la FFESSM est suffisamment structurée avec ses commissions environnement et biologie subaquatiques et demandeuse pour que cela soit possible. Les thématiques des EEE ou des espèces en voie d'extinction semblent être de bons exemples de programmes de sciences participatives puisqu'elles concernent directement la communauté de plongeurs, lanceurs d'alerte et, en même temps, répondent à des problématiques scientifiques fortes sur la préservation de la biodiversité (Bodilis *et al.*, 2014). Le recours aux sciences participatives pour prévenir la propagation d'EEE et réaliser leur suivi serait, par la même occasion, une façon de répondre au descripteur D2 « espèces non indigènes » de la DCSMM (Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin) (Louisy *et al.*, 2019). Les outils et programmes de sciences participatives tels que CROMIS, BioObs, Alien Corse, « les nouveaux arrivants » de Biolit, etc. pourraient ainsi contribuer à l'étude des EEE sur notre littoral.

Toutefois, les programmes de sciences citoyennes, surtout s'ils doivent être participatifs, sont assez délicats à mettre en œuvre en milieu sous-marin : les plongées effectuées par les citoyens sont régies par le code du sport et nécessitent les prérequis pour évoluer en autonomie et en toute sécurité. Les plongées scientifiques, quant à elles, obéissent au Code du travail et requièrent notamment le Certificat d'Aptitude à l'Hyperbarie (CAH). Cela a deux conséquences, la première en termes de sécurité et donc de responsabilité, la seconde en termes de méthodologie. Depuis l'abrogation de l'obtention du CAH à titre temporaire et bénévole (article 16 de l'arrêté du 5 mars 1993), les plongeurs bénévoles non titulaires du CAH plongent uniquement dans un cadre sportif sous la responsabilité d'un directeur de plongée. Dans le cadre d'un programme associant une équipe de recherche et des citoyens œuvrant bénévolement pour des scientifiques, il semble indispensable d'un point de vue juridique d'établir une convention entre les 2 parties pour définir les prérogatives et missions de chacun de façon à ce qu'il n'y ait aucune ambiguïté sur les responsabilités lors des plongées et sur l'identité du propriétaire des données collectées. Généralement, l'entité scientifique, ne souhaitant pas être responsable de personnel non titulaire (même détenteur du CAH), délègue son rôle de formation et d'encadrement à un tiers : il peut s'agir d'une structure de plongée associative ou commerciale voire d'un observatoire parfois créé par les scientifiques eux-mêmes. En termes de méthodologie, seuls les scientifiques sont autorisés à prélever des échantillons après autorisation de la Direction Départementale des Territoires et de la Mer (DDTM). Les protocoles scientifiques qui impliqueraient la collecte d'échantillons ne peuvent donc être réutilisés tels quels par les citoyens. De nouveaux protocoles complémentaires, simplifiés, flexibles et adaptés aux compétences des bénévoles (Vieira *et al.*, 2020) et à la réglementation sportive devraient être élaborés. La photographie et la vidéo sous-marine, de plus en plus abordables financièrement, restent de bons outils d'observation à défaut d'une formation des bénévoles aux méthodes de suivi.

- **Professionaliser le statut de coordinateur en sciences participatives « marines »**

Entre le scientifique et les bénévoles, un « tiers » est indispensable pour assurer la formation des bénévoles, garantir l'animation, centraliser et trier les données, assurer la communication tout au long du programme et participer à la vulgarisation des résultats. Il s'agit de la mission du « coordinateur (ou animateur ou chargé de mission) en sciences participatives » au sein d'une association ou d'un observatoire. Concernant le volet vulgarisation, il peut se faire seconder par un journaliste pour communiquer sur les programmes et vulgariser tous les résultats issus des publications scientifiques des programmes de sciences participatives. Véritable pivot entre le scientifique et le citoyen, l'absence d'un coordinateur est souvent à l'origine de l'essoufflement, voire l'arrêt des programmes de sciences citoyennes.

Puisque cette fonction est amenée à se développer avec l'essor des sciences participatives, une formation professionnalisante devrait être assurée par les Universités. L'objectif serait d'acquérir les savoirs, tant d'un point de vue théorique que pratique, nécessaires à la coordination d'un programme de sciences citoyennes. Les « tiers lieux » sont devenus incontournables en sciences participatives (Openlab, Fablab, living lab, etc.). Ils permettraient justement aux étudiants en cours de formation en sciences participatives de s'initier au montage et au suivi de tels programmes. Véritables lieux de rencontre, ils sont également lieux d'échanges d'idées entre chercheurs et citoyens. Il n'en existe aucun, à notre connaissance, dédié à la mer et au littoral dans les universités du Grand Ouest. Il pourrait simplement s'agir d'équiper un « ISbluelab » de petit matériel tel qu'imprimante 3D, spectrophotomètre, loupe binoculaire, sonde pH, disque de Secchi, aquarium, etc. afin de former les citoyens (collégiens, lycéens, bénévoles, etc.) à l'usage d'outils pluridisciplinaires dans le cadre de protocoles scientifiques dédiés à la mer. Il s'agit également d'inculquer les notions de méthodologie et de métrologie.

III. Prospective pour l'enseignement des sciences participatives à la mer : le projet ESPAR

Avec l'émergence des sciences participatives, la professionnalisation du « coordinateur en sciences participatives » est nécessaire pour recruter, former et fidéliser les bénévoles, garantir la fiabilité des données collectées, valoriser les résultats, etc. Afin de préparer l'insertion professionnelle des étudiants, les sciences participatives sont devenues une (ou un ensemble de) nouvelle discipline, une « science de la science citoyenne », à enseigner dans nos universités. L'EUR ISblue est une Ecole Universitaire de Recherche issue du Programme français des Investissements d'Avenir. ISblue a pour objectif de former les futures générations de chercheurs et de professionnels à la pointe des sciences et technologies marines, qui sauront relever les défis auxquels sont confrontés les océans, les littoraux et les sociétés qui y vivent. Dans le cadre d'un appel à projets ISblue, le programme ESPAR sur l'Enseignement des Sciences PARTicipatives dédiées à la mer et au littoral a été retenu.

Suite à un questionnaire adressé en septembre 2019 à l'ensemble des enseignants-chercheurs universitaires et chercheurs de la communauté ISblue, une majorité déclare que les sciences participatives sont un outil indispensable pour la collecte de données dans un programme de recherche, outil qui permet également d'obtenir quelques financements. Près de 30% des sondés

ignorent encore ce que sont les sciences participatives ce qui montre bien le développement récent de cette thématique, en particulier dans le domaine marin. Une minorité (12,2%) reste toutefois opposée aux sciences participatives quel que soit le degré de participation des citoyens.

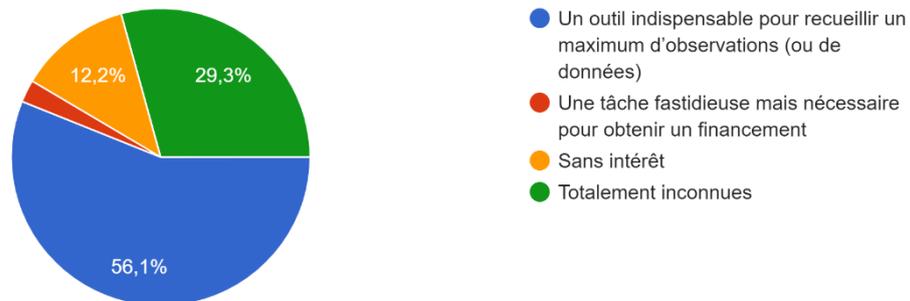


Figure 5. Réponses de la communauté scientifique ISblue à la question : « Que sont pour vous les sciences participatives dans le cadre de vos activités de recherche » (41 réponses).

Concernant les enseignements de niveau master, la moitié des sondés estime que les sciences participatives sont totalement inexistantes de leurs cours ou lorsqu'il y en a, qu'elles se résument à des illustrations ou qu'elles ne sont pas destinées aux étudiants. Toutefois, 27% estiment que les sciences participatives permettraient d'enseigner différemment. Par exemple, des étudiants du master en biologie marine de l'IUEM participent au programme Objectif Plancton sous forme de travaux pratiques, de la collecte des données sur les navires de plaisances jusqu'à l'analyse et le traitement des données (Pondaven, com. pers.). Les étudiants du master 1 Biotechnologies de l'UBS à Lorient encadrent chacun 4 à 5 étudiants de 1^{re} année de licence Sciences de la Vie et de la Terre, lors d'une sortie sur l'estran sur la reconnaissance d'algues. Les étudiants en master 1 doivent réaliser un protocole Biolit conçu pour les étudiants et les gestionnaires d'espaces naturels avec l'aide des étudiants de licence 1 qui jouent le rôle de citoyens amateurs. Cette sortie terrain est l'occasion pour les étudiants de développer des compétences dans l'animation et la conduite d'une équipe.

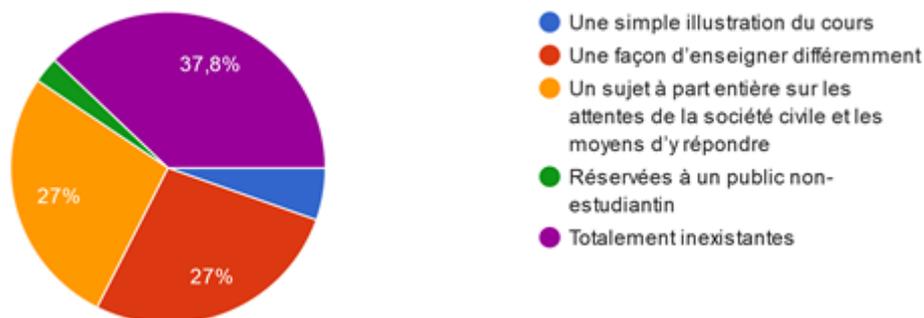


Figure 6. Réponses de la communauté scientifique ISblue à la question : « Que sont pour vous les sciences participatives dans le cadre de vos activités d'enseignement » (37 réponses).

Dans ce contexte, le projet ESPAR est né de la volonté de créer au sein des établissements du périmètre ISblue (UBS, UBO, ENIB, ENTA Bretagne, École Navale, IMT-Atlantique) une formation reconnue et qualifiante permettant de répondre à une future demande en

coordinateurs de programmes de sciences participatives dédiées à la mer et au littoral. A notre connaissance, il n'en existait pas jusqu'à présent de formation dans ce domaine, dans le Grand Ouest.

ESPAR se présente sous la forme d'une unité d'enseignement (UE) sur les sciences participatives, entièrement à distance et accessible à partir de la plate-forme pédagogique Moodle. L'UE comprend à la fois des enseignements permettant d'entamer une réflexion sur la ou les définition(s) et la place des sciences participatives appliquées au milieu marin, des travaux dirigés illustrés par des interviews de porteurs de projets (scientifiques et/ou citoyens) partageant leurs expériences et enfin des travaux pratiques visant à développer ou participer au cours d'un trimestre à un projet de sciences participatives déjà existant avec une association, un observatoire, une collectivité ou un laboratoire de recherche : il peut s'agir de valider un protocole scientifique, participer au traitement statistique de données, animer un Openlab dédié à la mer, etc. A terme, c'est la création d'une nouvelle fiche métier de Coordinateur en sciences participatives qui est visée à l'interface Terre et Mer.

Conclusion

Depuis les années 2000, les sciences citoyennes dont les sciences participatives connaissent un intérêt certain que ce soit pour le scientifique ou le citoyen. Pour le scientifique, il s'agit d'obtenir une masse d'informations sur une échelle géographique et temporelle plus vaste. Pour le citoyen, les sciences citoyennes présentent un intérêt ludique, éducatif, de sensibilisation, voire d'émancipation. En facilitant la réappropriation des sciences par la société civile, les sciences citoyennes contribuent à reconnecter les citoyens avec la communauté scientifique.

Les sciences participatives sont une forme des sciences citoyennes. Elles se distinguent par une coopération étroite entre le citoyen et le scientifique notamment pour définir les objectifs de l'étude et la méthode de collecte des données. Dans le domaine de la mer et du littoral, la Bretagne présente un nombre croissant de programmes de sciences citoyennes disséminés et trop peu interdépendants et finalement peu de programmes de sciences participatives. La région dispose toutefois d'un large vivier de citoyens représentés par les professionnels de la mer, ses usagers, sa communauté des plongeurs, les îliens et tous les observateurs du littoral répartis sur ses 1 700 km de côte et peut s'appuyer sur la communauté scientifique, ses universités et ses instituts pour enseigner et développer les sciences participatives sur la mer et le littoral.

Cet engouement pour les sciences participatives ne doit pas masquer les difficultés matérielles, humaines et financières des équipes de recherche qui ne peuvent multiplier les modèles d'étude, les sites et les heures d'observations nécessaires pour traiter un phénomène de façon suffisamment représentative et sur le long terme. Si les sciences participatives sont censées représenter un gain de temps et d'énergie, il n'en reste pas moins que le chercheur se trouve au final face à une multitude de données qu'il n'a pas, pour autant, la possibilité de traiter. Pour y remédier, le tout récent projet Galaxy Bricks (Vigie-Nature Ecole) a été conçu pour accompagner les enseignants et les scolaires dans l'analyse des données et l'interprétation des résultats. Cette initiative permettrait de transformer les sciences contributives en sciences collaboratives, pour l'instant absentes des sciences citoyennes dédiées à la mer et au littoral.

La prise de conscience des grands enjeux de notre société (l'érosion de la biodiversité, le changement climatique, les crises sanitaires et éthiques), auxquels se surajoute l'inaction des

politiques incitent le citoyen non plus uniquement à participer au protocole scientifique pour de la simple collecte de données, mais à s'émanciper et être acteur de son propre programme d'observation. La société a aujourd'hui les capacités de s'approprier rapidement les connaissances et actionner les mesures compensatoires qu'elle juge adéquates, qu'elles soient individuelles ou collectives, afin de faire pression auprès des autorités publiques (par ex., par des recours en justice pour « inaction climatique »). C'est aux scientifiques de savoir canaliser et coordonner ces ressources citoyennes afin de poursuivre leur mission de conseil auprès du public et des politiques. Puisque ces sciences participatives sont amenées à se développer très rapidement, il nous semble important de préparer l'avenir de nos étudiants et de les former à coordonner et animer des programmes de sciences participatives. C'est l'ambition que s'est donnée le projet ESPAR.

Remerciements

Ce travail a été réalisé dans le cadre du programme ESPAR 2019-2020 avec le soutien d'ISblue "Interdisciplinary graduate school for the blue planet" co-financé par une aide de l'Etat gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme « Investissements d'avenir » portant la référence ANR-17-EURE-0015. Les auteurs tiennent à remercier tous les porteurs de programme de sciences citoyennes et d'actions citoyennes pour leur « participation » à cette étude.

Bibliographie

Archipel., 2019. Séminaire "Mer et Littoral : un bien commun ?" Université de Bretagne Sud. <https://www-archipel.univ-ubs.fr/fr/index.html>

Bacqué M.-H., Biewener C., 2013. L'Empowerment, une pratique émancipatrice ? Ed. La Découverte, Paris, 175 pp.

Bay-Nouailhat A., Bay-Nouailhat W., Bastian T., 2013. Opération Méduses: Extending jellyfish citizen science programs to the French Atlantic and Mediterranean coasts. Fourth International Jellyfish Bloom Symposium, Japon, poster.

Bay-Nouailhat A., Bay-Nouailhat W., Cocaud A., 2016. Inventaire faunistique et floristique marins de l'Ile Dumet (Loire-Atlantique), Saisons 2013 - 2014. CREBS CIBPL de la FFESSM. https://drive.google.com/file/d/0B_13cVRhhJkZbG5JaERQajNjajA/view

Biacchi J., 2019. Connaissances pour une meilleure conservation des raies : que nous enseignent les données issues du programme de sciences participatives CapOeRa (Capsules d'Oeufs de Raies, APECS) ? Rapport de stage de Master 2 Génie Ecologie, Univ de Poitiers, 53 pp.

Bœuf G., Allain Y.-M., Bouvier M., 2012. L'apport des sciences participatives dans la connaissance de la biodiversité en France. Ed. Ministère de l'écologie, Paris, 290 pp.

Bodilis P., Louisy P., Draman M., Francour P., 2014. Can citizen science survey non-indigenous fish species in the Eastern Mediterranean Sea? *Environmental Management*, 53, 172–180.

Borremans C., Matabos M., 2018. The Deep Sea Spy system. Building a marine images annotation database from participative science. *Bollettino di Geofisica teorica ed applicata*, 59, 46–48.

Castric A., Girard A., Michel C., 1987. Roches sous-marines de Bretagne, Faune et Flore fixées. ADMS, Concarneau., 125 pp.

Cerrano C., Milanese M., Ponti M., 2017. Diving for science - science for diving: volunteer scuba divers support science and conservation in the Mediterranean Sea. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.* 27, 303–323.

Curd A., Cordier C., Firth L.B., Bush L., Gruet Y., Le Mao P., Blaze J.A., Board C., Bordeyne F., Burrows M.T., Cunningham P.N., Davies A.J., Desroy N., Edwards H., Harris D.R., Hawkins S.J., Kerckhof F., Lima F.P., McGrath D., Meneghesso C., Mieszkowska N., Nunn J.D., Nunes F., O' Connor N.E., O' Riordan R.M., Power A.-M., Seabra R., Simkanin C., Dubois S., 2020. A broad-scale long-term dataset of *Sabellaria alveolata* distribution and abundance curated through the REEHAB (REEf HABitat) Project. SEANOE. <https://doi.org/10.17882/72164>

Da Silva P. D., Heaton L., Millerand F., 2017. Une revue de littérature sur la « science citoyenne » : la production de connaissances naturalistes à l'ère numérique. *Natures Sciences Sociétés*, 25, 370–380.

Daire M.-Y., Olmos P., López-Romero E., 2015. Le projet ALeRT. *Archéopages*, 42, 124–133.

Geslin V., 2018. Développement d'un observatoire participatif des herbiers de zostères et syngnathidés en Ria d'Étel et sensibilisation au milieu marin, Syndicat Mixte de la Ria d'Étel. Rapport de stage Licence 3 Biologie et écologie générales, Université de Bretagne Sud, 21 pp.

Gerbout E., 2013. Analyse des premiers résultats d'un programme de sciences participatives en milieu subaquatique – BIOSUBZH. Rapport de stage de Master 1 Gestion des Habitats et des Bassins Versants, Université de Rennes 1, 28 pp.

Haklay M., 2013. Citizen Science and volunteered geographic information: Overview and typology of participation. Sui D.Z., Elwood S., Goodchild M.F (éds) 2013. *Crowdsourcing Geographic Knowledge: Volunteered Geographic Information (VGI) in Theory and Practice*. Berlin : Springer, 105–122. DOI : 10.1007/978-94-007-4587-2_7

Hénaff A., Philippe M., Le Berre I., Le Dantec N., Guillou E., Lami T., Letortu P., Meur-Ferec C., Cocquempot L., Rouan M., David L., Costa S., 2021. OSIRISC : vers un

observatoire intégré des risques côtiers. Rapport de fin de projet. UBO, CNRS, CEREMA. Soutenu financièrement par la Fondation de France, 66 pp.

Houllier F., Merilhou-Goudard J.-B., 2016. Les sciences participatives en France. Etat des lieux, bonnes pratiques et recommandations. Rapport élaboré à la demande des ministres en charge de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, 63 pp.

Iglésias S., Bergot P., Breton P., Brunelle S., Camusat M., Causse R., Charbonnel E., Chevaldonné P., Cordier Y., Cosquer P., et al., 2020. French ichthyological records for 2018. *Cybium* 44 : 285-307. <https://doi.org/10.26028/cybium/2020-444-001>

Irwin A., 1995. Citizen sciences – A study of people, expertise and sustainable development. Psychology Press, Routledge, 198 pp.

Julliard R., 2017. Science participative et suivi de la biodiversité : l'expérience Vigie-Nature. *Natures Sciences Sociétés*, 25, 412–417.

Kundasamy L., 2014. Sciences participatives sur la biodiversité marine : état des lieux et perspectives de développement en Méditerranée. Planète mer, France, 102 pp.

Lagourgue L., 2015. Etat 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. 156 pp.

Louisy P., Thiriet P., Feunteun E., 2019. Programmes de surveillance DCSMM des poissons et céphalopodes des milieux côtiers : dans quelle mesure les sciences participatives peuvent-elles y contribuer ? Rapport MNHN – Station Marine de Dinard. 28 pp. + annexes.

Matabos M., Sarrazin J., Borremans C., Tourolle J., Decker C., 2016. Prototype of a web-based annotation tool ready for user testing, D14.1 of the ENVRI+ project funded under the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme GA No 654182. Accessible à partir de : <http://www.envriplus.eu/wp-content/uploads/2015/08/D14.1.pdf>

Neumann B., Vafeidis A.T., Zimmermann J., Nicholls, R.J., 2015. Future coastal population growth and exposure to sea-level rise and coastal flooding - a global assessment. *PLoS ONE* 10(3): e0118571. doi:10.1371/journal.pone.0118571

Silvio O., 2016. Structure des communautés de mollusques et d'algues brunes au sein des écosystèmes intertidaux. Rapport de stage de master 1 Sciences de l'Univers, Environnement, Ecologie. Université Paris-Saclay, 41 pp.

Shirk J.L., Ballard H.L., Wilderman C.C., Phillips T., Wiggins A., Jordan R., McCallie E., Minarchek M., Lewenstein B.V., Krasny M.E., Bonney R., 2012. Public participation in scientific research: a framework for deliberate design. *Ecology and Society* 17, 2, 29.

Siano R., Chapelle A., Antoine V., Michel-Guillou E., Rigaut-Jalabert F., Guillou L., Hégaret H., Leynaert A., Curd A., 2020. Citizen participation in monitoring phytoplankton seawater discolorations. *Marine Policy*, 117.

Sedrati M., Cochet J., 2015. AlgoBox® : Un outil écologique pour la régénération des pieds de dunes grâce aux échouages de macro-algues. Conférence Méditerranéenne Côtière et Maritime. Ed. 3, Ferrara, Italia, 85–88.

Vieira E.A., de Souza L.R., Longo G.O., 2020. Diving into science and conservation: recreational divers can monitor reef assemblages *Perspect. Ecol. Conserv.*, 18, 51–59.