



HAL
open science

Ouvrir la boîte noire d'une quantification en cours : dans la fabrique d'indicateurs participatifs de la qualité de l'estran

Cam Ly Rintz, Florian Charvolin, Anouck Hubert, Éric Feunteun, Boris Leroy

► To cite this version:

Cam Ly Rintz, Florian Charvolin, Anouck Hubert, Éric Feunteun, Boris Leroy. Ouvrir la boîte noire d'une quantification en cours : dans la fabrique d'indicateurs participatifs de la qualité de l'estran. *Statistique et Société*, 2026, 13 (3), <10.4000/15rj4>. <hal-05603782>

HAL Id: hal-05603782

<https://hal.science/hal-05603782v1>

Submitted on 27 Apr 2026

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.



Distributed under a Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0 - Attribution - Non-commercial use - No Derivative Works - International License

Ouvrir la boîte noire d'une quantification en cours : dans la fabrique d'indicateurs participatifs de la qualité de l'estran

*Opening the black box of an ongoing quantification: building participatory
indicators of foreshore quality*

Cam Ly Rintz, Florian Charvolin, Anouck Hubert, Éric Feunteun et Boris
Leroy



Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/statsoc/4499>

DOI : 10.4000/15rj4

ISSN : 2269-0271

Éditeur

Société Française de Statistique (SFdS)

Référence électronique

Cam Ly Rintz, Florian Charvolin, Anouck Hubert, Éric Feunteun et Boris Leroy, « Ouvrir la boîte noire
d'une quantification en cours : dans la fabrique d'indicateurs participatifs de la qualité de l'estran »,
Statistique et société [En ligne], 13 | 3 | 2025, mis en ligne le 28 février 2026, consulté le 03 mars 2026.

URL : <http://journals.openedition.org/statsoc/4499> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/15rj4>

Ce document a été généré automatiquement le 3 mars 2026.



Le texte seul est utilisable sous licence CC BY-NC 4.0. Les autres éléments (illustrations, fichiers
annexes importés) sont susceptibles d'être soumis à des autorisations d'usage spécifiques.

Ouvrir la boîte noire d'une quantification en cours : dans la fabrique d'indicateurs participatifs de la qualité de l'estran

Opening the black box of an ongoing quantification: building participatory indicators of foreshore quality

Cam Ly Rintz, Florian Charvolin, Anouck Hubert, Éric Feunteun et Boris Leroy

Nous remercions l'ensemble des personnes participant au projet ESPOIRS, en particulier les Biolitiennes et mandatées, pour leur contribution à cette recherche et pour avoir accepté de réaliser les entretiens sur lesquels s'appuie cet article. Cette recherche a été financée, en tout ou partie, par l'Agence nationale de la recherche (ANR) au titre du projet ANR-23-SSRP-0011. Ce travail a également été réalisé dans le cadre du PPR Océan & Climat conjointement animé par le CNRS et l'Ifremer, et a bénéficié d'une aide de l'État gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre de France 2030 portant la référence ANR-22-POCE-0001. Florian Charvolin, Éric Feunteun et Boris Leroy ont été financés par leur salaire en tant que fonctionnaires français.

Introduction

- 1 Si par décloisonnement de la science on entend généralement disparition d'une pensée en silo à l'intérieur des disciplines, qu'en est-il des cloisonnements externes, ceux qui séparent la science du reste du monde ? Face à des défis globaux tels que la crise écologique, il apparaît nécessaire de repenser la production de savoirs de manière collective.
- 2 L'érosion de la biodiversité et le changement climatique sont des enjeux qui ont été l'objet d'une mobilisation scientifique sans précédent depuis 40 ans, avec l'installation au niveau mondial du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du

climat) et de l'IPBES (Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques). Ces infrastructures internationales d'expertise sont consacrées à l'établissement d'états des lieux, de scénarios et d'alarmes qui supposent d'être alimentés en données. Pour établir des diagnostics à l'échelle mondiale, elles ont besoin de données globales, c'est-à-dire sur toute la planète, ce qui peut être obtenu par un effort conséquent d'observation ou par des modèles (Edwards, 2010). Dans le cas des effets du changement climatique sur la biodiversité, il s'avère que la majorité des études sont basées sur des modèles et non sur des observations, qui sont plus difficiles à mettre en place et qui pour le moment sont déséquilibrées entre les régions du monde, les taxons, et les milieux terrestres et marins (Lenoir & Svenning, 2015 ; Hortal et al., 2015 ; Feeley et al., 2017). Il y a ainsi un réel besoin de données d'observation du point de vue de la recherche fondamentale pour évaluer la pertinence des modèles, mais aussi de la recherche appliquée, dans des objectifs de gestion et de préservation de la biodiversité.

- 3 En 1980, John Stuart Hunter notait dans la revue *Science* que les systèmes de mesure des indicateurs et des cartes devaient être soumis à un contrôle (Hunter, 1980) ; il replaçait la montée des demandes en données, notamment pour les questions environnementales et de santé, dans le réseau des organismes de régulation qui assuraient la facture et la portée de ces données. Cette implication d'un contrôle qualité et d'un maillage du territoire suffisamment homogène a été relevée par Theodore Porter citant Hunter (Porter, 2017). La question se pose pour les données globales, au regard de leur ampleur spatiale et temporelle. Déjà en 1980, Hunter montrait que le *National Bureau of Standards* ne suffisait pas à garantir le contrôle de la métrologie nord-américaine à lui tout seul, dépassé par la demande, et cette dernière était confiée à un panel d'organisations privées certifiées par l'Etat. Ce phénomène de délégation s'observe aussi dans le domaine de la biodiversité, où la contribution historique et contemporaine des amateurs est bien établie, en termes de description, inventaire, collections (Fontaine et al., 2021) et production d'indicateurs (Levrel et al., 2010), notamment dans le cadre de sciences participatives (Boeuf et al., 2012 ; Chandler et al., 2017 ; Charvolin, 2019). Celles-ci offrent un potentiel prometteur pour répondre au besoin en données globales (Amano et al., 2016), à condition d'adopter une démarche intégrative ne faisant pas abstraction du local (Pocock et al., 2018). De nombreuses données du GBIF (Système mondial d'information sur la biodiversité), par exemple, sont issues de l'activité des amateurs (Groom et al., 2017). Cela soulève des questions générales, auxquelles cet article contribue à répondre : est-ce que les données ainsi déléguées par des organismes de régulation à de forts contingents amateurs sont aussi fiables que des données issues des laboratoires ou de l'expertise d'Etat (Shirk & Bonney, 2018) ? L'intégration de non professionnels apporte-t-elle une liberté face aux contraintes du protocole scientifique, qui tend à limiter toute attitude spontanée dans un objectif de standardisation (Archaux, 2010 ; Charvolin, 2017) ? Est-ce que l'intervention des participant·es non académiques dès le début de la chaîne de production scientifique est gage d'une meilleure orientation de la science vers des problématiques sociétales ?
- 4 En effet, l'élargissement de l'instruction des protocoles à des non académiques en masse, en plus de contribuer à répondre à la nécessité de données globales couvrant une large échelle spatio-temporelle, rejoint également les préoccupations sociétales vis-à-vis de la crise de la biodiversité. Ces dernières portent sur la part de responsabilité sociétale et des menaces sur les populations dont les changements

globaux sont le symptôme (IPBES, 2019) et dont le renforcement a atteint un seuil qui compromet la vie des êtres humains.

- 5 Nous nous intéressons ici à l'estran rocheux français qui est un milieu privilégié pour servir de thermomètre des effets sur les écosystèmes de perturbations anthropiques, tels que le réchauffement climatique d'une part et la pollution d'autre part. Défini comme la zone de balancement des marées, il est caractérisé par des variations extrêmes des conditions d'humidité, de température, de salinité, et il abrite des espèces qui souvent vivent à la limite de leurs tolérances physiologiques et sont donc particulièrement vulnérables au changement (Mieszkowska et al., 2016). Il présente une gradation marquée du milieu sur un espace restreint, facilement observable à marée basse du haut de l'estran vers la mer, et en peu de distance de marche il offre des espèces très contrastées potentiellement attrayantes pour l'amateur. Il représente en quelque sorte un atelier naturel de la qualité du littoral, des facteurs de stress et des facteurs favorables à la biodiversité. Aussi, il apparaît comme un périmètre restreint et de plein air, apte à faire l'objet d'un indicateur synthétique qui pourrait servir dans le diagnostic de l'état de nos côtes.
- 6 En effet, c'est là le principe des indicateurs écologiques : proposer une représentation simplifiée de la réalité environnementale, en catégorisant et quantifiant des éléments caractéristiques (paramètres physico-chimiques, relatifs à des espèces dites indicatrices¹, etc.), pour permettre d'appréhender l'état d'un milieu, de suivre des changements ou d'en diagnostiquer la cause (Bouleau & Deuffic, 2016 ; Sébastien et al., 2017). De nombreux critères guident le choix des éléments à mesurer, comme leur sensibilité aux facteurs de stress étudiés, leur facilité de mesure et leur pertinence écologique mais aussi sociale (Cairns et al., 1993 ; Dale & Beyeler, 2001). Ainsi, au-delà des considérations techniques, se pose la question des conditions de production des indicateurs et du rôle des différents acteurs impliqués, et c'est alors que prend tout son sens une approche ancrée dans la réalité environnementale et sociale du terrain, telle que celle du projet présenté comme cas d'étude dans cet article. Celui-ci nous permet d'investiguer la construction d'indicateurs associant différents compartiments de la société.
- 7 Multidisciplinaire et multi-acteurs, le projet « ESPOIRS » signifie « Etude de la réponse des estrans aux changements globaux par les Sciences Participatives : bioIndication à l'InterFace sciences Société ». Il est né en 2023 d'une volonté conjointe d'écologues du Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN), de sociologue du Centre Max Weber et de l'association Planète Mer qui coordonne le programme de sciences participatives BioLit. Le programme BioLit, et en particulier la thématique Algues Brunes et Bigorneaux (ABB, encadré 1), a été créé en 2010 sous l'impulsion de Laurent Debas, directeur de Planète Mer et de Eric Feunteun, professeur du MNHN, face au constat de la régression des algues brunes sur le littoral européen.

Encadré 1 : Le protocole Algues Brunes et Bigorneaux (ABB) du programme BioLit

Accessible au grand public même non-initié, il consiste à recenser les macro-algues et mollusques de l'estran rocheux suivant un protocole défini. Celui-ci contraint les observations au sein d'un quadrat, lancé au hasard sur l'estran, dans lequel les participant·es décrivent la couverture algale, identifient et comptent les gastéropodes à l'aide d'une fiche d'identification. Tout est noté à la main sur une

fiche qui sert, une fois de retour, à saisir les données collectées sur le site internet de BioLit. Ce protocole peut être réalisé en autonomie ou lors de sorties animées par des structures relais de BioLit, qui peuvent être des associations, des établissements scolaires, des structures privées. Il cible les écosystèmes des façades Manche et Atlantique.

Dans le cadre du projet ESPOIRS, ce protocole pourrait être modifié afin de mieux décrire les estrans et détecter des impacts des changements globaux sur les organismes.

- 8 Ce programme a déjà permis de mettre en évidence la sensibilité des gastéropodes face à des pressions anthropiques à large échelle (Serranito et al., 2022), venant ainsi appuyer des travaux antérieurs qui soulignent le potentiel bioindicatif des macroinvertébrés intertidaux (Vinagre et al., 2016). Le projet ESPOIRS entend développer Biolit pour lui permettre de répondre plus précisément à une double problématique scientifique et sociétale : l'impact de facteurs de changements globaux (la pollution par eutrophisation² et les changements climatiques) sur les communautés des estrans rocheux, et l'hybridation des savoirs dans une démarche de co-construction. Son objectif est de produire, d'ici fin 2026, un ou des indicateur(s) participatif(s) capables de renseigner sur la qualité³ de ces écosystèmes au regard des pressions anthropiques et opérationnels notamment pour les politiques de gestion et de conservation.
- 9 Cette exploration est menée de manière conjointe entre scientifiques et membres de la société civile, habitant·es et professionnel·les du littoral, pratiquant·es ou curieux·ses de science participative, rassemblés par un même souci de la qualité de l'estran. Cela implique que les différentes parties puissent réfléchir, proposer et décider collectivement, tout au long de la démarche de conception des indicateurs. La complexité du processus mais aussi sa richesse résident dans la diversité d'horizons d'où viennent les acteurs et actrices, portant une diversité de savoirs et de représentations, mais mus par une même sensibilité à l'environnement, posant les indicateurs comme des objets-frontière (Star & Griesemer, 1989 ; Turnhout et al., 2007 ; Turnhout, 2009). En nous intéressant à cette démarche, nous mettons en évidence le caractère construit des indicateurs et les conventions sur lesquelles ils reposent, ce qui permet d'interroger leurs fondements sans pour autant en nier la valeur opératoire (Desrosières, 2008).
- 10 Dans cet article, nous questionnerons donc l'ouverture de la démarche scientifique dans la production d'indicateurs participatifs, production en cours à l'heure où nous écrivons ce texte et non aboutie, qui nous permet de documenter « la science en train de se faire » (Latour, 1987) et d'interroger l'inachèvement de la production de savoir situé (Haraway, 1988). Nous nous intéresserons à la multiplicité des arbitrages qui interviennent tout au long de ce processus d'exploration conjointe, ainsi qu'à son aboutissement envisagé et ses promesses, en tant que dispositif participatif et indicateurs écologiques effectifs.

1. Co-construire des indicateurs participatifs : une preuve de concept

- 11 La nécessité d'un travail collectif autour de différents compartiments de la société, marqué par l'essor du concept de développement durable à la fin du 20^{ème} siècle (Cash et al., 2003), a suscité la multiplication des indicateurs et parmi ceux-ci des indicateurs participatifs (Boulanger, 2017), qui sont définis par Sébastien, Lehtonen et Bauler (2017) comme étant conçus de manière participative en associant la population concernée. Du point de vue des indicateurs écologiques, ces démarches pourraient s'accorder avec les enjeux de la conservation écologique qui dépasse la sphère purement scientifique et s'inscrit dans un contexte social et politique (Robertson & Hull, 2001 ; Turnhout et al., 2007).
- 12 Dans notre cas d'étude, nous proposons d'aller plus loin dans la définition d'indicateurs écologiques participatifs en introduisant de la participation à différents niveaux : dans la conception, mais aussi dans les composantes-mêmes des indicateurs (ce qui est mesuré) et dans l'activité de mesure. Nous allons décliner une expérimentation à vif – entendue ici comme une démarche d'investigation fondée sur l'essai et l'ajustement progressif dans un contexte réel – vue de l'intérieur et en train d'être conduite actuellement par notre collectif, et donc une visibilisation sociologique des tâtonnements constitutifs de ces associations, des négociations entreprises et des conventions trouvées pour faire tenir un indicateur.

1.1 Définir et contextualiser les indicateurs participatifs dans un projet de co-construction

- 13 L'indicateur de l'état de l'estran, visé par le projet ESPOIRS, est une illustration littérale de ce qui a été appelé « une science de plein air » (Callon, Lascoumes & Barthe, 2001) pour bien la distinguer de deux régimes de régulation de production de la donnée : l'Etat et la Science confinée. En reprenant le terme de science de plein air pour les indicateurs du projet ESPOIRS, notre collectif insiste sur deux éléments conjoints qui concernent d'une part le fait que, au sens propre, l'estran se situe en dehors de l'espace confiné du laboratoire – l'impact du milieu sur ce qu'on observe y est attendu, là où le laboratoire comme lieu contrôlé tend à exclure des protocoles tout impact des circonstances sur l'observation (Kohler, 2002). C'est une situation récurrente dans la discipline scientifique de l'écologie, qui s'intéresse aux « relations de l'organisme avec le milieu extérieur qui l'environne » (Haeckel, 1866) par le biais d'un « microscope », instrument imaginaire qui s'oppose au microscope du laboratoire (Odum, 1971). Mais d'autre part, la notion de recherche de plein air est aussi utilisée pour montrer l'imbrication des scientifiques et des profanes dans la production de connaissance. C'est une démarche qui sort des frontières du laboratoire, en référence ici à l'équipe de recherche. C'est en ce sens que nous avons choisi de parler d'indicateurs participatifs, et nous déclinerons ci-dessous en trois points la définition que nous y attachons.
- 14 En premier lieu, il s'agit d'indicateurs qui représentent un territoire extérieur au laboratoire et accessible aussi bien au scientifique qu'au non scientifique pour l'observation, dès lors ouvert à des connaissances liées à un protocole de quantification de la biodiversité tel qu'un inventaire d'espèces (Arpin et al., 2015) ou une description

de l'abondance des populations, ou à des savoirs tels que ceux engagés par la fréquentation ou la transmission intergénérationnelle de la population pratiquant l'estran (encadré 2). Ces deux types, quantitatifs ou qualitatifs, de connaissance nécessitent des traitements spécifiques pour en retirer une information synthétique et évaluer le degré de confiance qui conditionnera les possibilités d'usage final des indicateurs, sur un gradient allant d'un premier niveau de signalement à un possible usage réglementaire ou pour la gestion. Pour les données quantitatives, cela dépend de la robustesse de l'échantillonnage⁴ et des relations établies entre échantillons et phénomène étudié⁵, et de la taille de l'échantillon qui détermine le degré d'incertitude⁶. Quant aux données qualitatives issues des savoirs citoyens, pour garantir une robustesse scientifique telle que souhaitée par l'ensemble des participant·es du projet, nous nous inspirons de la méthode d'évaluation de l'IPBES reposant sur deux axes : quantité et convergence des observations⁷. Enfin, la combinaison des deux composantes (savoirs académiques et savoirs citoyens) peut se réaliser au travers d'un tableau synthétique fournissant les différents éléments de chaque indicateur avec les degrés de confiance associés. Le bioindicateur participatif final pourrait alors résumer l'ensemble des informations avec des indicateurs visuels de confiance et des informations issues du réseau dynamique d'interprétation sur le lien entre les observations et le phénomène étudié par l'indicateur.

Encadré 2 : Hybridation des savoirs dans les indicateurs participatifs de la réponse des estrans rocheux aux changements globaux

Un indicateur est un signal ou une représentation de l'état probable d'une réalité difficilement observable ou expérimentable (Sébastien et al., 2017). Dans le cadre de l'étude des impacts des changements globaux, on peut produire deux types d'indicateurs : les indicateurs d'état, qui renseignent sur la situation du système à un moment donné par rapport à un système de référence ou par rapport à une pression donnée ; et les indicateurs de tendance, qui indiquent une évolution probable sur une période donnée. Les effets de la pollution aux nutriments peuvent être détectables immédiatement sur les communautés, et se prêtent donc davantage à des indicateurs d'état. Au contraire, nous privilégions des indicateurs de tendance pour les effets des changements climatiques qui nécessitent des observations sur le long terme.

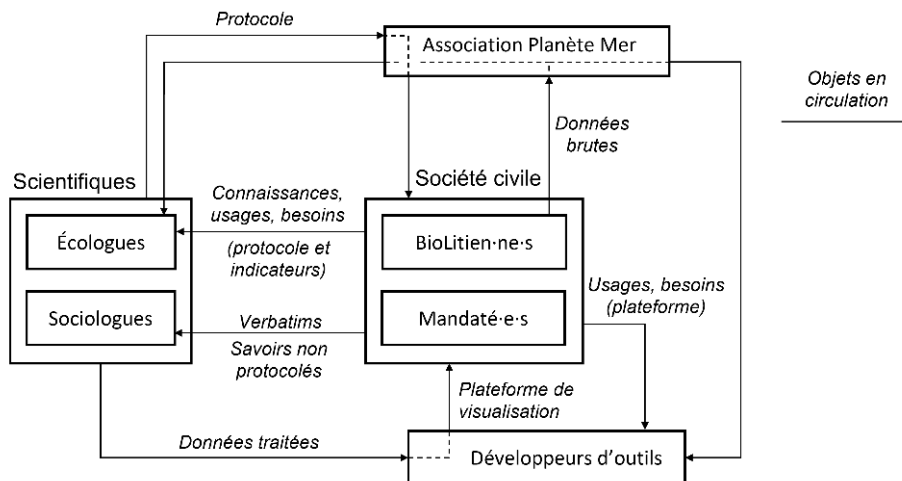
Une particularité des indicateurs participatifs proposés ici est de chercher à hybrider deux types de savoirs distincts⁸ :

Les savoirs cadrés par l'expertise conventionnelle (ci-après, savoirs académiques), basés sur des relevés quantitatifs issus de protocoles scientifiques validés et intégrant déjà une dimension participative par leur échantillonnage fait par les citoyens. Les indicateurs qui en sont issus sont construits sur la base de relations entre les informations échantillonnées (par exemple, l'abondance d'une espèce) et les phénomènes à indiquer (par exemple, milieu excessivement enrichi en nitrates). Ces relations peuvent avoir été établies dans la littérature scientifique, quantifiées à partir de modèles statistiques ou hypothétisées sur la base d'un raisonnement écologique.

Les savoirs libres, sans cadrage strict (ci-après, savoirs citoyens), strictement participatifs, qui reposent sur les perceptions qualitatives, les observations libres et les savoirs locaux des citoyens. Ils représentent l'opportunité d'intégrer des phénomènes non prévus initialement par les protocoles scientifiques et de détecter précocement des changements environnementaux. Ils sont recueillis par une question ouverte et les réponses sont ensuite catégorisées par les scientifiques, qui relient ces observations avec les phénomènes étudiés à travers un réseau d'interprétation (e.g., l'observation « présence d'algues vertes » est reliée à l'interprétation « effet possible mais non certain de la pollution aux nitrates »). Celui-ci est dynamique car il doit être actualisé lorsque de nouveaux mots-clés sont remontés.

- 15 Un deuxième aspect propre à ces indicateurs est qu'ils sont construits par un recours à des personnes extérieures au monde académique pour collecter et collectiviser la donnée à destination des laboratoires (Levrel et al., 2010), via le protocole « Algues Brunes et Bigorneaux » du programme BioLit (encadré 1), enrichi des questions ouvertes relatives aux observations qualitatives (encadré 2). Le calcul de ces indicateurs est donc tributaire de l'engagement bénévole, de même que la planification de l'échantillonnage. Cette question est cruciale par exemple pour suivre les effets du changement climatique, qui se mesurent sur le long terme et nécessitent donc que les mêmes sites soient suivis régulièrement sur plusieurs années, afin de distinguer les tendances liées exclusivement au climat.
- 16 Enfin, ces indicateurs sont conçus conjointement par des scientifiques, des personnes s'adonnant à BioLit (que l'on appellera par la suite BioLitien-nes) et des structures intermédiaires de sensibilisation, gestion et protection du littoral partenaires de Planète Mer – associations, collectivités, établissements publics et privés (que l'on appellera par la suite mandatées). Sur ce dernier point, nous rejoignons ainsi la définition habituelle des indicateurs participatifs (Sébastien et al., 2017). Parmi les scientifiques, différentes équipes se partagent les tâches selon leur discipline, entre écologie, sociologie et gestion des données. L'association Planète Mer assure l'animation et la continuité de BioLit. Ces différentes parties prenantes, toutes interdépendantes, sont représentées sur la Figure 1. Une « tiers-veilleuse⁹ » est présente tout au long du projet afin de faciliter les discussions et garantir la participation de tous les acteurs.

Figure 1 - Schéma de l'articulation des différentes parties prenantes du projet ESPOIRS



Note : les flèches représentent les objets en circulation entre ces parties, que ce soit des données chiffrées, des recueils de parole ou encore des outils.

Source : auteurs.

- 17 Il existe cependant une différence notable entre l'implication des scientifiques et des représentants de la société civile. Si les premiers sont employés et rémunérés pour travailler sur ce projet, les seconds sont souvent engagés à titre bénévole. Il est donc difficile d'attendre de la collaboration qu'elle soit continue : il faut alors aménager des moments-clés de rencontre entre les différentes parties. C'est le rôle des « ateliers de co-construction ». Il s'agit de quatre journées réparties dans le temps du projet, dont deux réunissent une partie de l'équipe porteuse d'ESPOIRS avec des citoyen·nes au titre de BioLitien·nes et deux autres avec des mandaté·es (pour qui BioLit entre dans le cadre d'une activité professionnelle). Ces participant·es ont été sollicité·es par Planète Mer parmi un pool de personnes déjà impliquées ou intéressées par BioLit, qui ont répondu présentes pour s'engager sur toute la durée du projet.
- 18 Le choix de cette séparation en deux « groupes de pairs » a été fait pour permettre de travailler plus efficacement sur les enjeux propres à chacun, s'alignant ainsi sur des pratiques de non-mixité dans les recherches participatives et le croisement des savoirs (Carrel et al., 2017 ; Carrel & Rosenberg, 2021 ; Bucolo et al., 2025). Ici, bien qu'il ne soit pas question de public opprimé, il peut y avoir un rapport d'autorité entre professionnels et bénévoles et la séparation permet d'éviter le déséquilibre de la parole qui pourrait en découler. A noter toutefois que ce n'est pas une non-mixité totale, d'une part car l'équipe de recherche est toujours présente dans les ateliers et, d'autre part, car la distinction n'est pas toujours franche, certaines personnes ont plusieurs casquettes et pourraient appartenir aux deux groupes à la fois. Ce travail en non-mixité partielle implique qu'il revient à l'équipe d'ESPOIRS de regrouper, faire le lien et synthétiser les informations et orientations issues des ateliers.

1.2 Une posture embarquée dans la science en train de se faire

- 19 La sociologie des sciences des 40 dernières années a eu l'occasion de diverger d'une étude des savants et de leurs organisations et idéologie (Merton, 1942) pour se pencher

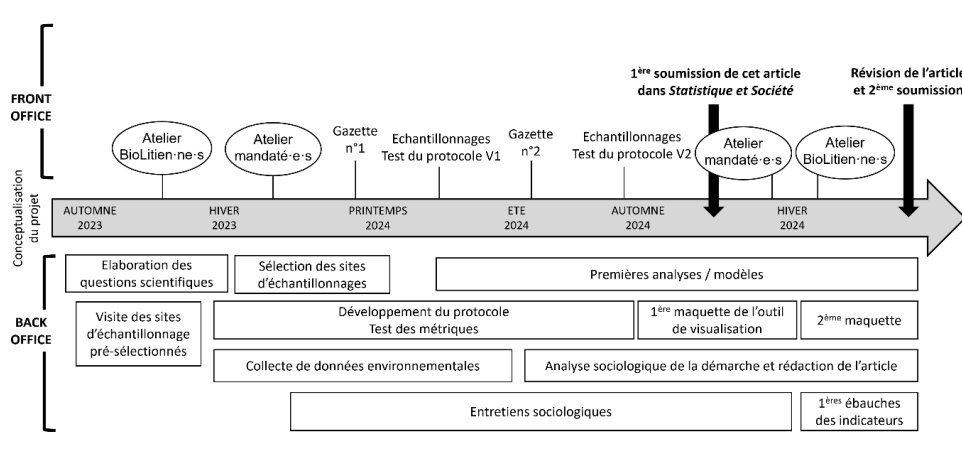
sur la caractérisation sociologique des inventions. Une manière trouvée par Bruno Latour d'étudier l'aspect génératif de nouveaux savoirs a été de distinguer la science faite et la science en train de se faire. Dans *La Science en action* (1987), il opposait les deux faces de Janus selon qu'on aborde l'aspect vif et incertain de la mise au point de la science ou l'aspect répétitif, reproduisant des paradigmes ou des hiérarchies de légitimité de la science faite¹⁰. Cette manière de faire allait avec un privilège implicite donné à la recherche en cours par rapport à la science faite, car la science « en train de se faire » était le foyer de la créativité et du mélange entre nature et société. Ces deux formes de science se nourrissent toutefois l'une de l'autre : ce sont les données acquises par les procédés de suivi en place qui permettent à la recherche de produire de la connaissance, qui alimentent les analyses et fournissent une base solide pour étayer les hypothèses formulées en réponse à des questions scientifiques.

- 20 Par rapport à B. Latour et sa science en action, notre propos reprend l'approche d'une science en train de se faire mais avec des modulations qui tiennent au caractère participatif de notre méthode, de notre posture et de notre objet : les indicateurs participatifs. Au niveau de la posture du sociologue, nous sommes décalés par le fait que nous participons activement à la mise en place de l'indicateur participatif. La sociologie est embarquée, comme discipline, méthode et posture dans la confection de l'activité-même de la science en action, et elle acquiert son point de vue sociologique du fait du partage de l'action avec des collègues écologues, océanographes et des partenaires institutionnels ou issus de la population locale. Elle n'est pas qu'un savoir « sur » ces sciences. Elle se distingue par la double vertu analytique dont elle est porteuse : tournée aussi bien vers la compréhension sociologique de ce dans quoi elle intervient que vers l'action qui vise à utiliser la sociologie (l'entretien, le questionnaire, le focus group, etc.) pour monter directement le programme de science participative. Ainsi, nous travaillons collectivement entre sociologues et écologues, selon une expérimentation interdisciplinaire. Nous nous rapprochons d'autres expériences de sociologie de l'environnement, par exemple dans les travaux de Mélard et Gramaglia (2022), avec ceci de particulier que nous écrivons aussi collectivement. L'association entre sociologues et écologues se fait non seulement dans le processus de recherche mais aussi dans la production d'articles. De ce point de vue, les échanges évitent deux écueils bien notés dans la littérature : celui de la « tolérance » (Stengers, 1997) que des scientifiques académiques pourraient manifester vis-à-vis d'un certain pluralisme des savoirs (savoirs autochtones, savoirs locaux, savoirs expérientiels, etc.) du moment qu'on n'attaque pas le cœur de vérité scientifique ; et celui de la « critique sociale » disqualifiante des valeurs intrinsèques des connaissances, notamment quantitatives, en les resituant et en les ramenant à une série de conventions (Desrosières, 2008).
- 21 Néanmoins, nous nous inscrivons bien dans cette perspective d'une science en train de se faire, en ce qu'elle permet de libérer la recherche en sciences sociales de la rhétorique des faits avérés, souvent présente dans les postures scientifiques traditionnelles et la publication des résultats. Elle permet d'insister sur les contextes et les processus par lesquels passent les recherches pour produire des connaissances, de rouvrir les boîtes noires des données, qui s'accumulent par exemple dans Biolit, pour les visionner comme situées et obtenues (Latour & Woolgar, 1988 ; Haraway, 1988). Ici, il ne s'agit pas d'étudier des indicateurs quantitatifs mais des procédures de quantification (Desrosières, 2008). Toutefois le point central de cet article est que cette science en train de se faire est « radicale » dans notre cas, c'est-à-dire qu'elle n'est pas

une reconstruction *a posteriori*, une fois le « furet du social » passé (Latour et Hermant, 1998), selon une procédure rétrospective (Shapin, 1982), mais que notre analyse se produit au temps même de la recherche. C'est en quelque sorte la science en train de se faire « en temps réel ». S'il est entendu que tout savoir est situé, stabilisé par un processus social et, de ce fait, jamais totalement achevé, cette notion d'inachèvement prend ici une autre dimension puisqu'on place notre analyse avant même que les indicateurs ne soient produits. Cette posture est un point d'observation privilégié du caractère inclusif bricolé et des choix d'agrégation qui marquent la constitution d'un indicateur dont on peut penser qu'il sera *a posteriori* stabilisé.

- 22 Nous décrivons un moment de la confection où plusieurs options sont sur la table et où elles sont explorées par le collectif ESPOIRS. Dans cette exploration conjointe, nous pouvons distinguer deux temps, représentés sur la Figure 2 : celui du « *front office* » et celui du « *back office* », deux termes empruntés aux sciences de la gestion faisant la distinction entre le travail fait en contact ou non avec le client (Chase & Tansik, 1983). Dans notre cas, le *front office* est celui des ateliers de co-construction, des outils de lien et moyens de communication mis en place, des essais collectifs sur le terrain : en somme, celui où se rencontrent les actrices d'ESPOIRS, où s'échangent des informations et d'où l'on retire des orientations. Le *back office* quant à lui correspond au temps de travail entre les ateliers, entre les discussions collectives, où l'équipe porteuse du projet traite et hiérarchise les informations issues du *front office*, mobilise ses méthodes d'analyse en écologie et sociologie, avant de lui resoumettre les résultats intermédiaires.

Figure 2 - Chronologie du projet ESPOIRS et des temps de *front office* (en haut) et *back office* (en bas)



Note : les flèches noires marquent les versions soumises de l'article ; le projet avance en même temps que la procédure d'écriture.

Source : auteurs.

- 23 Les premières sessions d'ateliers ont réuni douze BioLitien-ne-s et onze mandaté-es. Elles ont permis aux participant-es de se familiariser avec le projet, avec le contexte scientifique, et de dégager des premières pistes sur l'orientation des travaux. Ainsi, plusieurs temps ont été consacrés tout d'abord à des présentations sur les notions scientifiques et les méthodes, à des questions de clarification, puis à des réflexions libres individuelles et collectives sur les représentations de l'estran, à des échanges précis sur des points de blocage identifiés par l'équipe scientifique et à l'élaboration en

petits groupes thématiques de propositions d'actions. A l'issue de ces premiers ateliers, les produits du *front office* viennent nourrir dès son commencement la démarche analytique qui est échue aux scientifiques. D'une part, pour les thématiques écologiques, en fournissant un cadre sur la faisabilité et l'intérêt des modifications du protocole, sur l'effort d'échantillonnage possible et donc sur les données acquérables, et sur les modalités d'utilisation envisagées de l'indicateur. Ainsi, sans perdre en rigueur scientifique, les chercheurs peuvent orienter efficacement leur travail. D'autre part, en alimentant les analyses sociologiques (dont celles faisant l'objet de cet article), afin d'ajuster la démarche participative et de contribuer à la construction d'indicateurs représentatifs des attentes de chacune, c'est-à-dire qui reflètent fidèlement la diversité des préoccupations, des savoirs et des usages des acteur·rices impliqué·es. La seconde et dernière session d'ateliers a permis de présenter les résultats des analyses menées par les différents groupes de travail ainsi qu'une définition stabilisée de l'indicateur participatif, à recueillir les avis sur ce qui a été fait et réfléchir aux questions restées en suspens (par exemple, sur les modifications du protocole ou sur le prototype d'outils numériques) et à élaborer des propositions d'action concrètes pour la suite et fin du projet.

- 24 Ainsi, cette science « en train de se faire » est le théâtre d'une exploration par tâtonnements, d'un processus de recherche faisant appel à la créativité et riche en idées, que vient amplifier semble-t-il la multiplicité d'acteur·rices qui se rencontrent et interagissent dans ce projet. Ceci enrichit la démarche exploratoire par la diversité de profils, de savoirs et de représentations, mais cette même diversité implique un cheminement particulier pour aboutir à la production de l'indicateur participatif, qui diffère d'une méthode classique confinée, restreinte à l'enceinte du laboratoire. Toutes ces acteur·rices définissent autant de voies possibles à explorer ou au contraire, à laisser de côté. Entre *front office* et *back office*, comment tracer un chemin parmi toutes ces possibilités ?

2. Arbitrer la multiplicité dans un contexte de science ouverte

- 25 A la différence de la recherche confinée des laboratoires (Pinch, 1980 ; Licoppe, 1996), la notion de recherche de plein air décrite par Callon, Lascoumes et Barthe (2001), associant profanes et spécialistes, prend le tour d'une science vive et socialement immergée. Ancrée dans l'interaction et l'ajustement aux contextes sociaux, elle comporte une part importante de tâtonnement et d'invention méthodologique. De ce fait, elle semble marquée par la créativité et l'incertitude, illustrant en cela une modalité spécifique de la science en train de se faire. Mais elle réserve en fait la surprise d'être aussi le siège de formes de normativités fortes. L'action apparemment plus libre de personnes peu sujettes à la discipline académique et au respect opérationnel des règles scientifiques (Merton, 1942 ; Mulkay, 1969 ; Bourdieu, 1975 ; Latour & Woolgar, 1988), est tout aussi contrainte que la recherche confinée. Cependant la conformation aux normes par la population participante diffère partiellement de celle des scientifiques, et c'est ce que nous explorerons tout d'abord en caractérisant la diversité de notre collectif de recherche.
- 26 Nous verrons ensuite que, alors que l'on pourrait s'attendre à ce que dans un contexte de multiplicité de collaborateur·rices, les prises de décisions doivent être organisées et

formalisées, l'indicateur participatif apparaît plutôt comme l'aboutissement d'une succession de micro-arbitrages dispersés entre les partenaires, entre *back office* et *front office*. Ce chemin jalonné de choix plus ou moins explicites dessine petit à petit les contours de l'indicateur, dont l'identité n'était pas définie à l'avance, suivant la même dynamique que le développement scientifique décrit par Thomas Kuhn : « un procédé piloté de l'arrière, et non pas tiré par l'avant » (Kuhn, 1990). Il s'instaure ainsi une dépendance au sentier (traduit du concept de *path dependence*), puisque c'est l'emboîtement de toutes les décisions collectives qui donne forme à l'indicateur final.

2.1 Multiplicité des parties prenantes et des formes de normativité

- 27 Le projet ESPOIRS réunit une multitude de partenaires, entre l'équipe porteuse du projet constituée de scientifiques de diverses disciplines et de membres de l'association Planète Mer ; et la société civile représentée sur la base du volontariat par des bénévoles et responsables d'associations, et des professionnels des secteurs public et privé. Le recrutement a été réalisé par Planète Mer, qui s'est efforcée de contacter des profils diversifiés à plusieurs titres : activité professionnelle ou associative, familiarité avec le programme BioLit et assiduité, localisation sur l'ensemble de la Bretagne, bagage scientifique, public captif (par exemple des étudiants qui n'ont « pas eu le choix » de pratiquer BioLit) ou non¹¹. Le Tableau 1 recense les participant·es citoyen·nes de la première session d'ateliers de co-construction¹². Notons que seule une partie de l'équipe porteuse du projet est présente aux ateliers, dans le souci d'éviter d'être en surnombre par rapport aux BioLitien·nes (douze personnes) et mandatées (onze personnes). La participation au projet ESPOIRS étant tributaire de la volonté des personnes de s'engager sur deux ans et de se déplacer pour les ateliers, il est envisageable que l'échantillon ne soit pas parfaitement représentatif du public BioLit, qu'il ne reflète pas la diversité de profils et puisse présenter un biais en faveur de profils assidus et impliqués dans le programme et/ou ayant un intérêt plus marqué pour la recherche scientifique. En effet, la grande majorité (78 %) a déjà été impliquée, ou s'est impliquée après la découverte de BioLit, dans d'autres programmes de sciences participatives. On constate que 70 % des participant·es connaissent le programme depuis plus de deux ans et, parmi les BioLitien·nes, les deux tiers ont déjà fait plus de cinq sorties, dont trois personnes disant en avoir fait plus de 40. Dans le groupe des mandatées en revanche, trois personnes n'ont jamais fait de sortie BioLit, c'est alors la perspective de mise en place de suivis et d'indicateurs qui les a poussés à participer à ESPOIRS : « *On s'intéresse à la démarche de science participative pour compléter les suivis, on va dire officiels, comme la DCSMM et DCE*¹³ » (Nicolas¹⁴, mandaté, en entretien). La plupart ont un haut niveau d'études et beaucoup ont une formation dans le domaine des sciences naturelles et de l'environnement. Il est intéressant de constater que la proportion est un peu plus élevée au sein du groupe des BioLitien·nes (58 %) que dans celui des mandatées (45 %), ce qui est un résultat assez inattendu. Une des BioLitien·nes explique justement son engagement associatif par la volonté de garder le contact avec le milieu scientifique : « *Après mes études, c'était un moyen de me faire un réseau, la biologie marine c'est extrêmement bouché* » (Manon, BioLitienne, en entretien).

Tableau 1 - Synthèse des participant-es de la société civile à la première session d'ateliers, de leur lien avec les sciences participatives, notamment BioLit, et leur bagage scientifique

		BioLitien·nes	Mandaté·es	Total
Effectif total		12	11	23
Âge	Médiane	35,5	39	
	Minimum	26	27	
	Maximum	72	80	
Genre	F	5	4	9
	M	7	7	14
Résidence en Bretagne	Oui	10	11	21
	Non	1	0	1
Découverte de BioLit	< 2 ans	5	2	7
	2-5 ans	4	6	10
	> 5 ans	3	3	6
Nombre de sorties BioLit	0	0	3	3
	1-5	4	3	7
	5-20	4	5	9
	> 20	4	0	4
Participation à d'autres programmes de SP*	Oui	9	9	18
	Non	3	2	5
Engagement associatif	Oui	11	9	20
	Non	1	2	3
Occupation	Retraite	4	4	8
	Activité ou recherche d'emploi	8	7	15
Secteur d'activité professionnelle	Sciences naturelles / environnement	9	7	16
	Autres	3	4	7
Plus haut diplôme	BAC ou BAC pro	2	0	2

	≤ BAC +3	4	4	8
	> BAC +3	6	7	13
Domaine d'études	Sciences naturelles / environnement	7	5	12
	Dont sciences marines	4	4	8
	Autres	4	6	10

* : SP signifie « sciences participatives ».

Source : auteurs.

- 28 Le collectif ESPOIRS rassemble une diversité de savoirs sur l'estran, qui s'entremêlent dans la pratique de BioLit et dans la participation aux ateliers de co-construction. Les savoirs scientifiques académiques ne sont pas réservés qu'à l'équipe de chercheur·euses, ils sont aussi détenus par les représentant·es de la société civile qui, comme on l'a dit, ont pour beaucoup suivi un cursus d'études scientifiques (tableau 1), ce qui a pu guider leur engagement dans les sciences participatives écologiques. Cela se traduit aussi par une attention particulière prêtée aux éléments sur l'estran, replacés dans une approche scientifique :

« Moi je m'intéresse à l'estran depuis très longtemps car c'est quand même en relation avec mes études. Et j'suis passionnée de tout ce qui est invertébrés benthiques, donc vraiment j'adore ça. Et mon objet du coup, c'est un p'tit peu tous les gastéropodes, bivalves, qu'on peut retrouver sur l'estran et qui vont contribuer à sa qualité. [...] Tous ces organismes-là, ils vont interagir entre eux, et j'pense que la qualité de l'estran ça se fait aussi par une approche fonctionnelle, chaque espèce va avoir une fonction à apporter. » (Manon, BioLitiennne, en entretien)

- 29 A cela s'ajoutent des savoirs opérationnels, accumulés par l'exercice d'une activité professionnelle liée à l'estran, à la confrontation avec des problématiques de réglementation, de gestion et de protection. Ils sont plus pragmatiques et tournés vers l'action. Enfin, viennent ce qu'on peut appeler les savoirs expérientiels, nés de l'expérience et de la familiarité avec l'estran, de sa fréquentation dans un cadre non professionnel, d'observations empiriques, de la transmission de connaissances par des proches. Ils peuvent porter sur les espèces, les milieux, l'histoire d'un lieu et ses dynamiques de changement, le contexte anthropique, et peuvent comporter une part de perception, d'intuition (Nakashima & Roué, 2002). De nombreuses participant·es interrogées, tous horizons confondus, disent tenir leurs savoirs de recherches personnelles et de leur pratique sur le terrain. Enfin, afin que cette catégorisation des savoirs ne semble pas réductrice face à la complexité du réel (Charvolin & Heaton, 2022), il faut garder à l'esprit que ceux-ci peuvent être partagés par l'ensemble des individus : un chercheur peut avoir appris auprès de sa grand-mère pendant son enfance, une pratiquante de la pêche à pied peut connaître les réglementations en vigueur sur les espèces pêchées. De plus, ces savoirs circulent dans le contexte de la science participative, il y a une véritable réciprocité entre d'une part la remontée d'information vers les scientifiques et d'autre part la montée en compétence des participant·es (Bela et al., 2016 ; Turrini et al., 2018).

- 30 La combinaison de tous ces savoirs se fait dans une hybridation cognitive (Charvolin, 2017), tant au niveau de la conception que des indicateurs en eux-mêmes (encadré 2). Cela doit permettre de rendre ceux-ci fonctionnels d'un point de vue scientifique, c'est-à-dire robustes et informatifs de la réalité environnementale, mais aussi pratiques et adaptés aux besoins et usages, et aux contextes locaux. Cependant, cette diversité de savoirs implique aussi une diversité de systèmes de valeurs et de représentations de la nature, de l'éstran, des indicateurs, ainsi qu'une diversité de systèmes de normes. Sans condamner leur ancrage dans le monde (Callon et al., 2001) ni considérer les amateurs comme une page vierge de toute connaissance qu'il faudrait instruire (Charvolin, 2019), nous pouvons caractériser toutefois des formes de normativité s'exprimant dans leur participation au projet ESPOIRS.
- 31 Du côté des pratiquant·es du protocole, la sortie sur l'éstran semble déterminée en premier lieu par la proximité au lieu de résidence, souvent associée à une affection pour un site particulier. Des normes peuvent apparaître au fur et à mesure des sorties : les pratiquant·es régulières développent des habitudes au niveau de l'organisation du groupe (par exemple, une personne est en charge de la saisie de données sur le site et centralise les fiches à la fin de chaque sortie), au niveau du matériel (par exemple, certaines fabriquent leur propre quadrat dans les matériaux qu'ils préfèrent, leur propre support de fiche dans les dimensions de leur choix), au niveau des manipulations (par exemple, certaines fouillent les algues en les soulevant une par une, d'autres les secouent pour faire tomber les gastéropodes). Ces façons de faire sont répétées à chaque sortie et peuvent être transmises à d'autres participant·es se joignant au groupe. Si le protocole permet de standardiser la collecte d'informations et de cadrer les observations, il représente un cadrage (Charvolin, 2021) qui n'efface pas les autres pratiques normatives : pour les personnes chez qui c'est la dimension ludique qui prime, le quadrat, censé être lancé aléatoirement sur l'éstran, peut parfois être disposé volontairement à un endroit jugé plus amusant car permettant la découverte d'espèces rares ou d'individus abondants. Comment intégrer cette possibilité de pratiques qui, malgré le cadrage du protocole, peuvent diverger des consignes et être source de biais ? Il s'agit d'un défi des sciences participatives bien identifié dans la littérature, qui peut être résolu *a priori* en adaptant le protocole et *a posteriori* par le déploiement d'un arsenal statistique adapté lors des analyses pour détecter et corriger ces biais d'échantillonnage (Bird et al., 2014 ; Riesch et Potter, 2014 ; August et al., 2020 ; Kays et al., 2021). Répondre à ce défi suppose surtout une coordination des acteur·rices par une gouvernance attentive qui organise les pratiques (Charvolin et Heaton, 2022). Dans cet exemple, une solution a été de modifier le protocole afin de demander un lancer semi-aléatoire, volontairement dirigé vers les patchs d'algues, ce qui permet à la fois d'anticiper ce biais comportemental et de standardiser les mesures pour faciliter les analyses de gastéropodes. Une convention a ainsi été trouvée entre les scientifiques eux-mêmes, et entre scientifiques et pratiquant·es. Des normes peuvent également apparaître pour se conformer à ce que les pratiquant·es estiment être les attentes des scientifiques. Par exemple, l'abandon de sites ne comportant aucun gastéropode et de ce fait jugés inintéressants pour les scientifiques : « *J'ai fait très très peu de sorties BioLit [...] parce que je n'avais pas compris que de ne rien trouver dans son quadrat était intéressant.* » (Jean, BioLitien, en entretien). Si ces situations sont identifiées, elles peuvent être corrigées par une meilleure information des volontaires, qui sont généralement facilement enclins à changer leurs pratiques si cela permet de réduire les biais d'échantillonnage (Thompson et al., 2023).

- 32 Parmi le public de citoyens sollicités dans ESPOIRS, les professionnel·les présentent des pratiques normées en accord avec leur activité, avec leurs objectifs de gestion, de surveillance, de sensibilisation. Par exemple, dans le cadre d'une sortie « découverte de l'estran », l'accent sera mis sur l'apprentissage de l'identification des espèces plutôt que sur le comptage, les sites seront sélectionnés en fonction de leur intérêt pédagogique, autrement dit la diversité d'habitats, d'espèces qu'ils présentent : « *Les sciences participatives c'est un outil pédagogique, aller dans la nature, observer, avec des fiches d'identification moins complexes que le guide Delachaux.* » (Marie, BioLitienne, en entretien).
- 33 La projection de ce que devraient être les indicateurs est variable selon les personnes. Lors des ateliers de co-construction, les BioLitien·nes s'attachent à leurs utilisations possibles plutôt qu'à leurs formes, notamment l'intérêt de pouvoir comprendre ce qui se passe localement, sur son propre territoire : « *dans mon secteur je constate qu'il y a des choses qui disparaissent, est-ce que c'est partout pareil ou c'est que chez moi qu'il y a un problème ? Ça, ça peut être intéressant dans l'analyse, la compréhension d'un phénomène local* » (Philippe, BioLitien, en atelier). Les mandaté·es gestionnaires, qui ont des obligations de résultats et ont donc déjà des besoins et usages clairement identifiés, semblent avoir une idée plus précise de ce que devraient être les indicateurs. En particulier, celles et ceux qui en utilisent déjà, par exemple ceux issus de programmes de surveillance nationaux inscrits dans la DCE ou la DCSMM, s'en servent comme référence, voient dans la démarche d'ESPOIRS la possibilité de compléter ce qui est en place, et insistent sur la nécessité de compatibilité : « *une importance de la compatibilité des données entre différents protocoles, comme ça peut-être que certaines métriques pourraient être réalisées en participatif et alimenter d'autres réseaux de suivi* » (Thomas, mandaté, en atelier).
- 34 Les indicateurs participatifs apparaissent comme des objets-frontière (Star & Griesemer, 1989 ; Turnhout et al., 2007), où les frontières sont renégociées par les échanges. Ces objets-frontière sont des entités suffisamment flexibles pour permettre à différents groupes sociaux (scientifiques, citoyens, gestionnaires) de les interpréter, tout en étant suffisamment robustes pour conserver une identité commune qui facilite la coopération (Turnhout, 2009). La flexibilité interprétative de ces indicateurs repose sur leur construction collective, autour d'une notion ambiguë (la « qualité » de l'estran) qui permet aux groupes de travailler ensemble et s'accorder sur des indicateurs polyvalents, qui rempliront des fonctions propres à chaque espace dans lesquels ils vont circuler. Ils présentent aussi un second niveau de flexibilité qui leur est propre, et qui réside dans leur contenu, par l'intégration d'observations qualitatives sous forme de question ouverte, laissant la place à toutes les possibilités d'observations (encadré 2).

2.2 Multiplicité des arbitrages

- 35 Ouvrir la démarche scientifique à une multitude d'acteur·rices, c'est faire entendre tout autant de voix dans les délibérations. Comme nous l'avons présenté en première partie, le travail du projet ESPOIRS se répartit entre *front office* et *back office*, et les arbitrages interviennent dans ces deux situations. Le *front office* est le temps de rencontre, mais ce n'est pas à proprement parler un temps de décision : il n'y a pas d'instance solennelle qui, à la fin d'un atelier, acte une décision. Les réflexions communes et les échanges permettent de s'engager, de basculer dans telle voie au détriment de telle autre, écartée

pour des raisons argumentées ou simplement délaissée. Plusieurs pistes peuvent être dégagées, qui seront explorées par le *back office*, et poursuivies ou mises de côté selon les résultats. Il s'agit de décider sans trancher, dans une démarche itérative « d'enchaînement de rendez-vous » au sein d'un collectif (Callon et al., 2001).

- 36 Au premier niveau de la construction des indicateurs, les arbitrages à réaliser sont sur les données collectées. Quelles observations doivent être relevées avec le nouveau protocole ? Il s'agit d'arbitrer sur la pertinence écologique, appuyée par la littérature scientifique, et les analyses des chercheur·euses et enrichie par des connaissances locales ; sur la faisabilité et l'attrait pour les pratiquant·es, testés sur le terrain par les concerné·es. Les arbitrages peuvent se faire entre profanes et scientifiques, par exemple dans le cas de la mesure de la longueur de coquille des gastéropodes. Cette métrique a été ajoutée au protocole car elle permettrait de caractériser les structures de taille des populations, ce qui est un bon marqueur de l'impact de pressions sur des organismes (Spanbauer et al., 2016 ; Clements & Ozgul, 2016 ; Clements et al., 2019). Des campagnes d'échantillonnage et des premières analyses exploratoires effectuées avec du matériel technique ont pu confirmer le potentiel informatif de cette mesure. Cependant, en pratique, si certaines trouvent un aspect ludique à la manipulation des animaux, pour d'autres cette mesure peut s'avérer fastidieuse et n'est pas toujours évidente à réaliser avec du matériel de base. Un compromis sera alors à trouver entre les différents avis, en simplifiant la méthode de mesure (par exemple trier les individus par classes de tailles définies par des gabarits figurant sur la fiche protocole). Un autre exemple est celui de données sociologiques recueillies auprès des BioLitien·nes sur leur profil et leurs perceptions, et qui relèvent d'arbitrages entre l'intérêt scientifique (avoir des informations détaillées pour chaque individu), la faisabilité (une saisie des données plus lourde à la fin de chaque sortie) et l'acceptabilité pour les personnes enquêtées (degré d'informations personnelles et protection de la vie privée).
- 37 Les arbitrages ne sont pas toujours à l'interface entre plusieurs catégories d'acteur·rices, certains peuvent être internes à un groupe qui partage des références communes, comme les choix méthodologiques réalisés par les chercheur·euses (le choix de tel modèle statistique adapté à telles données, le choix de milieux estuariens plutôt que côtiers stricts afin de limiter l'influence des vagues) ou encore les choix logistiques et d'organisation pour les associations animatrices. D'autres arbitrages en apparence internes à un groupe font aussi intervenir des problématiques plus larges touchant l'ensemble des mondes sociaux. Par exemple, dès la définition de la problématique de l'eutrophisation par l'équipe de recherche, il a fallu faire le choix d'une métrique de pollution, qui n'est pas dénuée d'une dimension politique et controversée (Bourblanc, 2016). Ce sont les nitrates qui ont été retenus comme indicateurs hydrologiques de pollution, sur la base des résultats d'études scientifiques menées sur la question en Bretagne (Ménesguen & Piriou, 1995 ; Ménesguen, 2003 ; Chevassus-au-Louis et al., 2012), de la reconnaissance dans les politiques publiques, et de la disponibilité des données de suivi. Découlant de cette même controverse, l'ajout au protocole de l'observation d'algues vertes soulève la question de la réception par la société. Cette information, pouvant être indicatrice d'une réponse de l'estran à l'eutrophisation du fait de la physiologie de ces algues opportunistes, revêt aussi une symbolique populaire liée à la problématique fortement médiatisée des marées vertes en Bretagne (Levain, 2014).

- 38 Les arbitrages s'opèrent donc par un tâtonnement du collectif qui est en fait similaire à celui de la recherche au sein du laboratoire. Cependant, il convient de préciser que ce n'est pas un tâtonnement à l'aveugle pour autant : même si la forme finale des indicateurs n'est pas encore connue, le recueil des besoins et usages permet de guider leur conception. Rendre la science ouverte, c'est ici inclure les citoyen·nes dans le processus d'exploration qui n'est pas linéaire mais arborescent. C'est un collectif qui réalise des micro-arbitrages, chacun contribuant à orienter le chemin qui aboutira aux indicateurs, en *front office* comme en *back office*. En cela, le concept de *path dependence* (dépendance au sentier) semble adapté pour décrire cette démarche de production de connaissance (Peacock, 2009). Les trois critères donnés par Paul David dans son étude de cas du clavier QWERTY (David, 1985) peuvent être transposables à notre situation :
- 39 1. L'interdépendance technique : tous les acteurs du projet ESPOIRS sont interdépendants, si une partie s'engage dans une voie, elle détermine le travail des autres parties qui, en s'engageant à leur tour, créent un phénomène d'auto-renforcement par des boucles de rétroaction. Par exemple, lors d'un atelier, certain·es participant·es ont pris position en faveur d'une stratégie d'échantillonnage libre impliquant de noter les coordonnées exactes de chaque quadrat. Ceci va donc être décisif pour l'organisation et le déroulement d'une sortie d'observation, pour les analyses scientifiques qui bénéficieront d'une plus grande précision dans la localisation des observations et donc d'une contextualisation plus fine, et enfin pour l'outil de visualisation qui sera conçu de manière à positionner précisément chaque quadrat sur la carte.
- 40 2. Les économies d'échelle : dans le contexte scientifique, cela revient à considérer les gains d'efficacité liés à l'expérience accumulée (Peacock, 2009). Une piste devient de plus en plus facile à exploiter à mesure qu'on l'approfondit, car les personnes impliquées y développent des compétences, des méthodes et outils, et ainsi continuer sur cette voie est moins coûteux que d'en changer, même si d'autres pourraient aussi s'avérer fructueuses. Par exemple, au début du projet, les scientifiques ont exploré la piste des milieux estuariens pour limiter l'influence des vagues. Cette orientation s'est ensuite renforcée d'elle-même : les données s'y sont accumulées, un plan d'échantillonnage adapté a été mis en place, des modèles spécifiques ont été construits et des initiatives complémentaires ont été menées par les participant·es, comme le suivi d'un estuaire par des étudiants appliquant le même protocole.
- 41 3. La quasi-irréversibilité qui découle de ce cheminement : une fois les données récoltées suivant un protocole fixé, il n'est pas possible de revenir en arrière (de modifier certaines métriques, de mesurer des paramètres supplémentaires, etc.) à moins de recommencer totalement une campagne d'échantillonnage. Par exemple, les choix initiaux effectués sur le protocole ABB, en 2011, contraignent fortement son évolution, et le modifier en profondeur impliquerait de perdre la rétrocompatibilité des nouvelles données avec les anciennes. Ainsi, les évolutions du protocole représentent essentiellement des additions de nouveaux paramètres plutôt que des modifications de paramètres déjà existants.
- 42 Ainsi, notre approche de co-construction prend le contre-pied d'une habituelle logique descendante de sciences participatives où la démarche scientifique *path dependent* est restreinte en interne au laboratoire et où le protocole est ensuite imposé aux citoyen·nes. Ici, au contraire, ceux-ci prennent part à l'exploration dès l'amont. C'est

donc moins dans le cheminement scientifique que dans la relation à la société que la démarche d'ESPOIRS se démarque.

- 43 Enfin, un autre type d'arbitrages, que l'on pourrait qualifier d'élargis en ce qu'ils ne sont pas directement relatifs à la production de connaissance, entre en jeu dans la façon dont les parties prenantes se considèrent mutuellement et la place qu'elles s'accordent les unes aux autres. Ils interviennent notamment dans le choix des personnes sollicitées pour représenter la société civile, dont on a vu qu'il était soucieux de diversité mais que le pool de départ était majoritairement composé de personnes favorables et engagées dans BioLit ; ou encore dans l'organisation des ateliers échue aux porteurs du projet qui arbitrent donc sur le cadre et la forme des échanges et peuvent ainsi involontairement contribuer à asseoir la prédominance de l'expert dans les discussions (Sébastien et al., 2017). Ces arbitrages élargis adviennent également dans la légitimité accordée aux partenaires scientifiques par la population, dépendante de facteurs d'identité et de relations sociales (Wynne, 1992 et 1996).
- 44 Une fois les indicateurs construits, se pose la question de leur pérennisation. Il s'agit toujours d'un enjeu majeur à la fin d'un projet de recherche et de ses financements : comment faire perdurer ce qui a été produit ? Dans le cas d'un indicateur écologique, cela signifie perpétuer son utilisation, en veillant à ce qu'il reste pertinent et que les données nécessaires à son calcul continuent à être régulièrement collectées. Comment faire perdurer ces indicateurs dont la construction a dépendu de tant de partenaires différents ? Qui sont les potentiels utilisateur-rices ? Une hypothèse serait que la force de ce dispositif participatif est justement d'associer aux scientifiques des collecteur-rices de données et des utilisateur-rices d'indicateurs dès le début.

3. Pérenniser les indicateurs participatifs grâce au processus de construction intégré

- 45 A l'image d'autres initiatives de recherche de plein air associant sciences et citoyens (Charvolin, 2022), le projet ESPOIRS réunit les trois temps de la traduction énoncée par Callon, Lascoumes et Barthe (2001) : traduction de la réalité complexe du monde vers le laboratoire, traduction des objets étudiés à l'intérieur du laboratoire vers des énoncés suivant des cadres socio-cognitifs partagés (Latour & Woolgar, 1988 ; Pinch, 1980) et traduction des résultats vers le monde pour le comprendre voire le transformer. En réalisant ces trois traductions de manière non pas successive mais simultanée, ce projet instaure un échange entre le monde et le laboratoire tout au long de la démarche, et nous expliquerons comment cet ancrage dans la société est prometteur d'indicateurs pérennes.
- 46 La pérennité des indicateurs repose sur trois critères : la crédibilité (justesse scientifique), la pertinence (capacité à répondre à des besoins des utilisateurs) et la légitimité (prise en compte des différents acteurs et actrices) (Cash et al., 2003). Le premier point est assuré par la rigueur des analyses menées par l'équipe de recherche, leur interprétation et placement dans le contexte scientifique connu. C'est ce que la sociologie des sciences présente comme l'injonction dans laquelle sont les scientifiques de s'obliger à des choses qui les obligent (Stengers, 2006), c'est-à-dire de représenter fidèlement le réel, par l'obligation qu'ils ressentent et que l'infrastructure du laboratoire impose de ne pas déformer la réalité qu'ils visent à retranscrire.

- 47 Concernant le deuxième critère, la pertinence des indicateurs est évaluée par leur capacité à répondre aux attentes qu'ils suscitent. En ce sens, ils peuvent être analysés comme des dispositifs porteurs de promesses (Sébastien et al., 2017). Pierre-Benoît Joly identifie deux contraintes dans l'établissement des « promesses technoscientifiques » : la nouveauté et la crédibilité. Il critique le fait que l'évaluation de ces promesses reste largement aux mains d'un cercle restreint d'experts, excluant les non-experts de la discussion et renforçant ainsi la rupture entre scientifiques et profanes (Joly, 2015). Afin d'éviter cet écueil, nous en revenons donc à la nécessité d'intégrer la société civile non pas comme un public passif mais comme un membre actif de la démarche de recherche. Ainsi, engager un processus collaboratif dès le départ permet de définir ensemble des promesses portées par le projet et de co-construire des indicateurs qui soient intégrés. Cela signifie anticiper leur utilisation future et les modalités de leur circulation dans une diversité d'espaces, qui s'exprime par la diversité d'acteur·rices du projet : habitant·es du littoral et associations locales qui s'interrogent sur leur estran, gestionnaires qui doivent faire le suivi de leurs espaces naturels, communauté scientifique en attente de réponses à certains déficits de connaissance (Hortal et al., 2015 ; Hess, 2015). Il faut cependant s'attendre à ce que cette anticipation soit incomplète, car bien souvent il est observé un décalage entre les utilisations attendues et celles qui adviennent finalement (Sébastien et al., 2017 ; Bedessem et al., 2024).
- 48 Le troisième critère, celui de la légitimité des indicateurs, repose sur la logique de co-construction qui implique les acteurs et actrices du laboratoire et du monde. C'est dans les ateliers de co-construction que la simultanéité des trois traductions de Callon et al. (2001) est la plus évidente. L'interrogation sur les changements de l'estran liés à des phénomènes tels que la pollution ou les changements climatiques est partagée entre chercheur·euses et citoyen·nes qui mettent en commun leur vision de l'estran, les paramètres qui retiennent leur attention et de ce fait procèdent à la première forme de traduction (de la réalité complexe du monde vers le laboratoire). En même temps, ceci est inextricablement lié à la réflexion sur ce qu'est la qualité de l'estran, ce que ce terme représente dans la société et comment il peut être restitué, ce qui correspond donc à la troisième forme de traduction (des résultats vers le monde pour le comprendre voire le transformer). Enfin, les participant·es prennent part à la deuxième forme de traduction (des objets étudiés à l'intérieur du laboratoire vers des énoncés) en débattant de la manière dont les phénomènes vont être mesurés, à travers des discussions portant sur les ajustements du protocole, sur ce que vont contenir les indicateurs (encadré 2) ou encore sur la planification de l'échantillonnage.
- 49 Ainsi, ESPOIRS a consisté à la mise en place d'un ensemble de méthodes, de relevés, d'échantillonnage, de lieux de prospection, de calcul statistique, de modélisation, etc. qui s'obligent à un rapport au réel qu'ils visent à capter. Mais cette obligation se double d'une obligation similaire, celle d'être fidèles aux BioLitiens et BioLitiennes, aux collectivités impliquées dans Biolit, et aux échanges qu'ils ont bien voulu nourrir avec notre équipe. Les bénévoles ne manifestaient pas d'obligation envers la faune et la flore de l'estran similaire à celle des laboratoires scientifiques car ils ne sont pas soumis à des contraintes professionnelles mais leur intérêt, leur passion parfois, pour l'estran définit ce que Charvolin (2022) appelle une « obligeance ». ESPOIRS, comme science participative, se distingue par cette double redevabilité des résultats et des écrits socio-écologiques, et au premier chef, des indicateurs participatifs de la qualité de l'estran, se

rangeant ainsi dans les « sciences situées » caractérisées par Mélard et Gramaglia (2022).

- 50 Le pari d'ESPOIRS est que la démarche de co-construction en elle-même favorise l'engagement des participant·es d'une part parce qu'ils peuvent se sentir entendues, leurs savoirs sont légitimés, et utiles, ce qui est un enjeu souvent évoqué pour entretenir la motivation ; et d'autre part parce qu'ils sont impliqués activement, ce qui facilite l'appropriation des résultats produits et des indicateurs en les replaçant dans un contexte social (Sébastien et al. 2014). En effet, une participation active située sur les niveaux supérieurs de l'échelle d'Arnstein (1969) peut mener à une meilleure appropriation de l'indicateur, au sens où il devient une propriété commune (Graizon, 2019). La participation apparaît alors comme un enjeu requérant la plus grande vigilance dans le déroulement du projet. Si elle est insuffisante, l'indicateur perdra en pertinence vis-à-vis de la société, mettant en péril sa prise en main et donc son existence-même. A ce titre, plusieurs points demandent une attention particulière, à commencer par la représentativité de l'échantillon de la société civile participant aux ateliers. Il n'existe pas de travaux caractérisant spécifiquement le public du programme Algues Brunes et Bigorneaux de BioLit, mais il a pu être rapporté qu'il s'agissait essentiellement de personnes âgées de plus de 50 ans et majoritairement un public « de passage » (notamment des touristes), en opposition à un nombre plus réduit d'habités « initiés » (Gevaux, 2016). En comparaison, dans notre échantillon de BioLitien·nes, les personnes âgées de plus de 50 ans sont en légère minorité (5 sur 12), les deux tiers du panel ont participé à plus de cinq sorties BioLit et la quasi-totalité réside en Bretagne à proximité du littoral (tableau 1). La difficulté à recruter les observateur·rices de passage a pu être en partie palliée par la représentation par les animateur·rices, et des appels à participation plus larges ont pu être adressés à l'ensemble des personnes inscrites sur le site de BioLit. Il reste cependant difficile de conclure quant à la réelle représentativité de l'échantillon. Les moments de rencontre étant limités dans le temps du projet, il y a également un enjeu important à organiser les modalités des échanges afin de permettre l'expression de tous les points de vue, de bien clarifier les questions et structurer la progression, notamment en passant par des méthodes de facilitation favorisant l'émergence de l'intelligence collective lors des ateliers de co-construction.

Conclusion : comment conclure sans clore ?

- 51 Dans ce travail, nous nous sommes attachées à analyser une démarche scientifique en cours, ce qui nous a permis une vision entièrement embarquée dans notre cas d'étude, au plus près des processus d'exploration, mais nous a aussi confrontées à la difficulté de décrire la science en train de se faire dans le temps de rédaction et publication d'articles académiques, car celle-ci est constamment en mouvance. Cet observatoire privilégié des pratiques radicalement en train de se faire ne nous permet que d'énoncer des « promesses » sur les indicateurs à venir et donc de décrire des points de basculement seulement partiels dans les processus de sa construction. Cet article offre un arrêt sur image sociologique, où ce qui importe est la démarche décrite plus que les résultats en eux-mêmes, qui sont inachevés et sont amenés à changer rapidement, et dont on ne maîtrise pas le devenir.
- 52 Les incertitudes sur l'aboutissement du projet de recherche ESPOIRS sont en partie d'ordre scientifique, relatives à la capacité du protocole Algues Brunes et Bigorneaux

(ABB) à effectivement capturer une réponse des estrans aux changements globaux. Si le temps du projet aura permis de construire des indicateurs, l'analyse et la validation de ceux-ci s'inscriront dans le temps plus long, en particulier dans le cas du changement climatique dont les résultats ne seront connus qu'au bout de plusieurs années. S'il s'avère qu'avec le protocole établi, on ne détecte pas de variabilité des communautés d'espèces ciblées par la thématique ABB face à la pollution ou aux changements climatiques observés, alors cela pourrait suggérer que ces espèces ne sont pas les candidates les plus pertinentes pour la bioindication dans ce contexte. Autrement dit, étudier ces espèces-là ne permettrait pas d'en déduire l'impact des pressions sur les écosystèmes des estrans rocheux. Mais soulignons que cette absence de réponse constituerait en elle-même un résultat : dans le cas où ces espèces se révéleraient finalement robustes face aux changements globaux, cela représenterait une conclusion particulièrement intéressante et enrichirait considérablement les connaissances sur ce sujet.

- 53 Sur l'aboutissement du projet d'indicateurs, l'incertitude scientifique est doublée d'une incertitude participative, sur la continuité d'utilisation du protocole et de récolte de données. Comment s'assurer que la participation se maintienne après la fin d'ESPOIRS ? Que la fin du projet ne soit pas synonyme de fin de l'indicateur ? L'enjeu est de réussir à passer d'une construction participative à une production participative, c'est-à-dire que l'indicateur puisse être actualisé grâce aux données collectées par les BioLitien-nes, une quantification autonome qui s'appuierait sur les stratégies et outils élaborés en co-construction. Les outils numériques sont aujourd'hui incontournables dans le déploiement des sciences participatives (Newman et al., 2012 ; Charvolin, 2019 ; Charvolin & Heaton, 2022). Au sein du projet ESPOIRS, une équipe est dédiée au développement d'une plateforme qui permettrait notamment de visualiser les données brutes et valorisées (c'est-à-dire issues d'analyses simples automatisées, pour en retirer une information), ainsi que les valeurs de l'indicateur. Elle doit donc être accessible à un public amateur comme professionnel, conçue en concertation avec celui-ci lors des ateliers de co-construction. Cette plateforme ne doit pas seulement donner accès aux données souhaitées par ce public, mais aussi accompagner leur lecture, en intégrant des éléments d'interprétation, des précautions d'usage et une explicitation des limites des analyses simples afin d'éviter les mésinterprétations. Elle a également pour vocation d'organiser l'échantillonnage en indiquant sur une carte dynamique, liée à la base de données BioLit et actualisée au fur et à mesure de l'échantillonnage, les zones déjà prospectées et celles qui nécessitent d'être suivies en priorité pour compléter les analyses. La mise en place d'objectifs d'échantillonnage ciblés est par ailleurs une stratégie relevée par Kays et al. (2021) pour améliorer la couverture et limiter les biais spatiaux d'échantillonnage. Ainsi, les participant-es peuvent se coordonner par le biais de cette interface pour échantillonner les sites lacunaires ou en proposer de nouveaux, ils et elles sont alors responsabilisés-es comme producteur-rices autonomes de données. En ce sens, les outils numériques peuvent donc participer à une démocratisation de la production de connaissance (Callon et al., 2001) et à un *empowerment* citoyen, à condition d'une égalité d'accès (Le Mentec, 2016). La concertation dans les ateliers devra donc permettre de dépasser la problématique de la fracture numérique en s'assurant en amont d'une réelle inclusivité. Et si l'outil est un support performant, la pérennité de l'indicateur repose finalement surtout sur l'engagement et la fidélisation du réseau de participant-es et d'animateur-rices.

- 54 Il est possible d'envisager que la co-construction se poursuive au-delà du projet, de manière à automatiser certaines approches des ateliers participatifs. Cependant, bien que l'effet de *path dependence* contribue à stabiliser l'indicateur construit, il peut aussi devenir contraignant lorsqu'il s'agit d'apporter des modifications *a posteriori*, puisque les décisions prises en amont ont défini des orientations qui conditionnent son utilisation. Il reste alors toutefois possible d'adapter le programme dans une certaine mesure, par exemple en recueillant des « données dérivées » sur les pratiques en plus des observations écologiques, c'est-à-dire des métadonnées sociologiques. Si une veille est mise en place, cela peut permettre de continuer à faire entendre la voix des BioLitien-nes et d'ajuster le programme au besoin. Il y a donc besoin d'un suivi par l'association Planète Mer mais aussi, du côté des scientifiques, par les institutions mobilisées dans ESPOIRS, afin d'assurer l'expertise et le maintien de la plateforme, des indicateurs, ainsi que la continuité de la recherche s'appuyant sur les données collectées.
- 55 Le caractère autoportant des indicateurs de la qualité de l'estran représente un objectif du programme ESPOIRS mais reste conçu comme une propriété négociée « en interne » entre les membres de la communauté élargie des protagonistes. L'expérience d'autres indicateurs comme le STOC (suivi temporel des oiseaux communs ; Bedessem et al., 2024) a montré que la vertu cognitive de l'indicateur, qui nous préoccupe dans sa conception, n'est pas seule à compter dès lors que ce dernier est publicisé, et que son devenir dépasse les prévisions initiales, en termes d'utilisation ou d'influence (Sébastien et al., 2014 et 2017). Au moment de le formaliser, ce dernier revêt un caractère normatif et politique (Sébastien et al., 2014 ; Bouleau & Deuffic, 2016), pouvant même être l'objet de controverses, comme le décrit Bourblanc (2016) à propos de la problématique des algues vertes sur le littoral en Bretagne, et du choix de l'azote plutôt que du phosphore comme indicateur de ce phénomène. Une fois construits, les indicateurs participatifs viendront ainsi s'inscrire aux côtés d'autres indices maniés par les institutions publiques, locales ou nationales, comme ceux de la DCE ou de la DCSMM. Toutefois, à la différence d'un indice national comme l'évolution des populations d'oiseaux à l'échelle de la France, les indicateurs de qualité de l'estran seront fortement territorialisés dans leur usage, et donc s'inscriront sûrement plus facilement dans le tableau de bord des collectivités locales ou des associations. Il reviendra à une étude future de montrer les trajectoires de cet indicateur une fois publicisé et alimenté par des communautés de naturalistes amateur-rices, dont le caractère bénévole et attaché à la société civile est, pour l'instant, une garantie de non-spécialisation et d'une certaine neutralité axiologique.
- « La différence avec une norme administrative ou une norme scientifique : une norme administrative elle est toujours fixée avec au-dessus de sa tête quand même des aspects politiques [...] C'est parce que les normes administratives qu'on a décidées, elles sont pas adaptées, ou elles sont plus adaptées, ou on n'a pas voulu qu'elles soient adaptées. [...] Les normes scientifiques, il peut y avoir peut-être, je sais pas, je suis pas scientifique, je suis pas dans ce milieu-là, y a peut-être aussi des poids de la société » (Alain, mandaté, en atelier).
- 56 La construction de ces indicateurs participatifs s'inscrit dans le mouvement de renforcement du dialogue entre science et société. Cela nous amène à repenser comment faire de la recherche en mêlant non seulement différentes formes de savoirs, mais aussi différentes façons de faire, mariant ainsi l'approche scientifique qui, pour

produire du savoir, se fonde sur la validation par les pairs, et l'approche citoyenne qui repose sur la familiarité au milieu.

BIBLIOGRAPHIE

- Amano, T., Lamming, J. D. L. & Sutherland, W. J. (2016). Spatial Gaps in Global Biodiversity Information and the Role of Citizen Science. *BioScience*, 66(5), p. 393-400. <https://doi.org/10.1093/biosci/biw022>
- Archaux, F. (2010). Réflexions méthodologiques sur les relevés et les suivis de biodiversité. *Sciences Eaux & Territoires*, 3(3), p. 70-75. <https://doi.org/10.3917/set.003.0070>
- Arnstein, S. R. (1969). A Ladder Of Citizen Participation. *Journal of the American Institute of Planners*, 35(4), p. 216-224. <https://doi.org/10.1080/01944366908977225>
- Arpin, I., Charvolin, F. & Fortier, A. (2015). Les inventaires naturalistes : Des pratiques aux modes de gouvernement. *Études rurales*, 195, Article 195. <https://doi.org/10.4000/etudesrurales.10232>
- August, T., Fox, R., Roy, D. B. & Pocock, M. J. O. (2020). Data-derived metrics describing the behaviour of field-based citizen scientists provide insights for project design and modelling bias. *Scientific Reports*, 10(1), 11009. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67658-3>
- Bedessem, B., Burnel, C., Fontaine, B. & Guillet, F. (2024). Des connaissances pour l'action ? Rôle des indicateurs de biodiversité entre rationalisation et coordination de l'action publique environnementale. *Revue française des affaires sociales*, 1, p. 97-115. <https://doi.org/10.3917/rfas.241.0097>
- Bela, G., Peltola, T., Young, J. C., Balázs, B., Arpin, I., Pataki, G., Hauck, J., Kelemen, E., Kopperoinen, L., Van Herzele, A., Keune, H., Hecker, S., Suškevičs, M., Roy, H. E., Itkonen, P., Külvik, M., László, M., Basnou, C., Pino, J. & Bonn, A. (2016). Learning and the transformative potential of citizen science. *Conservation Biology*, 30(5), p. 990-999. <https://doi.org/10.1111/cobi.12762>
- Bird, T. J., Bates, A. E., Lefcheck, J. S., Hill, N. A., Thomson, R. J., Edgar, G. J., Stuart-Smith, R. D., Wotherspoon, S., Krkosek, M., Stuart-Smith, J. F., Pecl, G. T., Barrett, N. & Frusher, S. (2014). Statistical solutions for error and bias in global citizen science datasets. *Biological Conservation*, 173, p. 144-154. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.07.037>
- Bœuf, G., Allain, Y.-M. & Bouvier, M. (2012). L'apport des sciences participatives à la connaissance de la biodiversité en France. *La Lettre de l'OCIM. Musées, Patrimoine et Culture scientifiques et techniques*, 144, Article 144. <https://doi.org/10.4000/ocim.1119>
- Boulanger, P.-M. (2017). Indicateurs de développement durable et participation citoyenne : Une entreprise paradoxale. *Participations*, 18(2), p. 147-175. <https://doi.org/10.3917/parti.018.0147>
- Bouleau, G. & Deuffic, P. (2016). Qu'y a-t-il de politique dans les indicateurs écologiques ? *Vertigo*, 16. <https://doi.org/10.4000/vertigo.17581>

- Bourblanc, M. (2016). Définir des indicateurs en milieu controversé : Retour sur l'expertise scientifique « Algues vertes » en France. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Volume 16 Numéro 2, Article Volume 16 Numéro 2. <https://doi.org/10.4000/vertigo.17601>
- Bourdieu, P. (1975). La spécificité du champ scientifique et les conditions sociales du progrès de la raison. *Sociologie et sociétés*, 7(1), p. 91-118. <https://doi.org/10.7202/001089ar>
- Bucolo, E., Bousquet, C., Tardieu, B., Toussaint, J., Piou, E. & L'Espace collaboratif « Croiser les savoirs avec tous et toutes » (2025). Les groupes de pairs : Enjeux de la non-mixité dans les recherches participatives avec les personnes en situation de pauvreté. *Mouvements*, 119(1), p. 52-62. <https://doi.org/10.3917/mouv.119.0052>
- Cairns, J., McCormick, P. V. & Niederlehner, B. R. (1993). A proposed framework for developing indicators of ecosystem health. *Hydrobiologia*, 263(1), p. 1-44. <https://doi.org/10.1007/BF00006084>
- Callon, M., Lascoumes, P. & Barthe, Y. (2001). *Agir dans un monde incertain. Essai sur la démocratie technique*. Le Seuil.
- Carrel, M., Loignon, C., Boyer, S. & De Laat, M. (2017). Les enjeux méthodologiques et épistémologiques du croisement des savoirs entre personnes en situation de pauvreté, praticien.ne.s et universitaires : Retours sur la recherche ÉQUIsantÉ au Québec. *Sociologie et sociétés*, 49(1), p. 119-142. <https://doi.org/10.7202/1042808ar>
- Carrel, M. & Rosenberg, S. (2021). Chapitre 10. Recherche participative : L'apport des savoirs issus de l'expérience de la pauvreté. In *De la prise de parole à l'émancipation des usagers* (p. 239-258). Presses de l'EHESP. <https://doi.org/10.3917/ehesp.petia.2021.01.0239>
- Cash, D. W., Clark, W. C., Alcock, F., Dickson, N. M., Eckley, N., Guston, D. H., Jäger, J. & Mitchell, R. B. (2003). Knowledge systems for sustainable development. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(14), p. 8086-8091. <https://doi.org/10.1073/pnas.1231332100>
- Chandler, M., See, L., Copas, K., Bonde, A. M. Z., López, B. C., Danielsen, F., Legind, J. K., Masinde, S., Miller-Rushing, A. J., Newman, G., Rosemartin, A. & Turak, E. (2017). Contribution of citizen science towards international biodiversity monitoring. *Biological Conservation*, 213, p. 280-294. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.09.004>
- Charvolin, F. (2017). Sortie nature, protocole et hybridité cognitive. Note sur les sciences participatives. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Volume 17 numéro 3, Article Volume 17 numéro 3. <https://doi.org/10.4000/vertigo.18684>
- Charvolin, F. (2019). *Les Sciences participatives au secours de la biodiversité : Une approche sociologique*. Éditions Rue d'Ulm.
- Charvolin, F. (2021). L'importance des cadrages dans l'apprentissage de la reconnaissance des espèces en sortie de science participative. *¿ Interrogations ?*, 32. <http://www.revue-interrogations.org/L-importance-des-cadrages-dans-l>
- Charvolin, F. (2022). Folksonomies de la qualité de l'air. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 16(4), Article 4. <https://doi.org/10.4000/rac.29064>
- Charvolin, F. & Heaton, L. (2022). Au-delà des intentions de collégialité de la vigilance environnementale. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 16(4), Article 4. <https://doi.org/10.4000/rac.29025>
- Chase, R. B., & Tansik, D. A. (1983). The Customer Contact Model for Organization Design. *Management Science*, 29(9), p. 1037-1050.

- Chevassus-au-Louis, B., Andral, B., Femenias, A. & Bouvier, M. (2012). *Bilan des connaissances scientifiques sur les causes de prolifération de macroalgues vertes*. <https://www.vie-publique.fr/rapport/32466-bilan-des-connaissances-scientifiques-sur-les-causes-de-proliferation-de>
- Clements, C. F., McCarthy, M. A. & Blanchard, J. L. (2019). Early warning signals of recovery in complex systems. *Nature Communications*, 10(1), 1681. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09684-y>
- Clements, C. F. & Ozgul, A. (2016). Including trait-based early warning signals helps predict population collapse. *Nature Communications*, 7(1), 10984. <https://doi.org/10.1038/ncomms10984>
- Collins, H. (1992). *Changing Order: Replication and Induction in Scientific Practice*. University of Chicago Press.
- Dale, V. H. & Beyeler, S. C. (2001). Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators*, 1(1), p. 3-10. [https://doi.org/10.1016/S1470-160X\(01\)00003-6](https://doi.org/10.1016/S1470-160X(01)00003-6)
- David, P. A. (1985). Clio and the Economics of QWERTY. *The American Economic Review*, 75(2), p. 332-337.
- Desrosières, A. (2008). Réfléter ou instituer : L'invention des indicateurs statistiques. In *Pour une sociologie historique de la quantification : L'Argument statistique I* (p. 187-203). Presses des Mines. <https://doi.org/10.4000/books.pressesmines.919>
- Edwards, P. N. (2010). *A Vast Machine: Computer Models, Climate Data, and the Politics of Global Warming*. The MIT Press. <https://www.jstor.org/stable/j.ctt5hhds1>
- Feeley, K. J., Stroud, J. T., & Perez, T. M. (2017). Most 'global' reviews of species' responses to climate change are not truly global. *Diversity and Distributions*, 23(3), p. 231-234. <https://doi.org/10.1111/ddi.12517>
- Fontaine, C., Fontaine, B. & Prévot, A.-C. (2021). Do amateurs and citizen science fill the gaps left by scientists? *Current Opinion in Insect Science*, 46, p. 83-87. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2021.03.001>
- Fornara, F. (2022). 76. Qualité environnementale. In *Psychologie environnementale : 100 notions clés* (p. 201-204). Dunod. <https://doi.org/10.3917/dunod.march.2022.01.0201>
- Gevaux, M. (2016). *Les différentes formes de participation au programme BioLit : Des structures relais confrontées aux « réalités » de leur territoire*. Université Lumière Lyon 2.
- Graizon, A. (2019). De la participation à l'appropriation. La question de la gouvernance de projet. *Le Sociographe*, 68(4), s25-s36. <https://doi.org/10.3917/graph.068.0090>
- Groom, Q., Weatherdon, L. & Geijzendorffer, I. R. (2017). Is citizen science an open science in the case of biodiversity observations? *Journal of Applied Ecology*, 54(2), p. 612-617. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12767>
- Haeckel, E. H. P. A. (avec University of Lausanne) (1866). *Générale Morphologie der Organismen*. Berlin : G. Reimer. http://archive.org/details/bub_gb_wghbAAAAQAAJ
- Haraway, D. (1988). Situated Knowledges: The Science Question in Feminism and the Privilege of Partial Perspective. *Feminist Studies*, 14(3), p. 575-599. <https://doi.org/10.2307/3178066>
- Hess, D. J. (2015). Undone science and social movements: A review and typology. In *Routledge International Handbook of Ignorance Studies*. Routledge.
- Hortal, J., Bello, F. de, Diniz-Filho, J. A. F., Lewinsohn, T. M., Lobo, J. M. & Ladle, R. J. (2015). Seven Shortfalls that Beset Large-Scale Knowledge of Biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 46, p. 523-549. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-112414-054400>

- Hull, R. B., Richert, D., Seekamp, E., Robertson, D. & Buhyoff, G. J. (2003). Understandings of Environmental Quality : Ambiguities and Values Held by Environmental Professionals. *Environmental Management*, 31(1), p. 0001-0013. <https://doi.org/10.1007/s00267-002-2812-6>
- Hunter, J. S. (1980). The National System of Scientific Measurement. *Science*, 210(4472), p. 869-874. <https://doi.org/10.1126/science.210.4472.869>
- IPBES (2019). *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services* (Brondízio, E. S., Settele, J., Díaz, S. & Ngo, H. T. (eds)). <https://doi.org/10.5281/zenodo.6417333>
- Joly, P. B. (2015). Le régime des promesses technoscientifique. In *Sciences et technologies émergentes : Pourquoi tant de promesses?* (p. np). Hermann, Editeurs des Sciences et des Arts. <https://hal.science/hal-01282561>
- Kays, R., Lasky, M., Parsons, A. W., Pease, B. & Pacifici, K. (2021). Evaluation of the Spatial Biases and Sample Size of a Statewide Citizen Science Project. *Citizen Science: Theory and Practice*, 6(1). <https://doi.org/10.5334/cstp.344>
- Kohler, R. E. (2002). Place and Practice in Field Biology. *History of Science*, 40(2), p. 189-210. <https://doi.org/10.1177/007327530204000204>
- Kuhn, T. S. (1990). The Road Since Structure. *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, 1990(2), p. 1-13. <https://doi.org/10.1086/psaprocbienmeetp.1990.2.193054>
- Landres, P. B., Verner, J. & Thomas, J. W. (1988). Ecological Uses of Vertebrate Indicator Species : A Critique. *Conservation Biology*, 2(4), p. 316-328. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.1988.tb00195.x>
- Latour, B. (1987). *La Science en action*. La Découverte.
- Latour, B., & Hermant, E. (1998). *Paris ville invisible*. La Découverte.
- Latour, B. & Woolgar, S. (1988). *La vie de laboratoire : La production des faits scientifiques*. La Découverte.
- Le Mentec, M. (2016). De la fracture à l'inclusion numérique. Retour sur 20 ans de politiques numériques. *Diversité*, 185(1), p. 38-43. <https://doi.org/10.3406/diver.2016.4291>
- Lenoir, J. & Svenning, J.-C. (2015). Climate-related range shifts – a global multidimensional synthesis and new research directions. *Ecography*, 38(1), p. 15-28. <https://doi.org/10.1111/ecog.00967>
- Levain, A. (2014). *Vivre avec l'algue verte : Médiations, épreuves et signes*. Thèse de doctorat, Muséum National d'Histoire Naturelle. <https://shs.hal.science/tel-01098682>
- Levrel, H., Fontaine, B., Henry, P.-Y., Jiguet, F., Julliard, R., Kerbiriou, C. & Couvet, D. (2010). Balancing state and volunteer investment in biodiversity monitoring for the implementation of CBD indicators: A French example. *Ecological Economics*, 69(7), p. 1580-1586. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.03.001>
- Licoppe, C. (1996). *La formation de la pratique scientifique : Le discours de l'expérience en France et en Angleterre (1630-1820)*. La Découverte.
- Mélard, F. & Gramaglia, C. (2022). Participation citoyenne et production de savoirs situés sur les pollutions. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 16(4), Article 4. <https://doi.org/10.4000/rac.29299>

- Ménesguen, A. & Piriou, J.-Y. (1995). Nitrogen loadings and macroalgal (*Ulva* sp.) Mass Accumulation in Brittany (France). *Ophelia*, 42(1), p. 227-237. <https://doi.org/10.1080/00785326.1995.10431506>
- Merton, R. K. (1942). The Normative Structure of Science. In *The Sociology of Science: Theoretical and Empirical Investigations* (p. 267-278). The University of Chicago Press. <https://cir.nii.ac.jp/crid/1573387449100639360>
- Mieszkowska, N. (2016). Chapter 14—Intertidal Indicators of Climate and Global Change. In T. M. Letcher (Éd.), *Climate Change (Second Edition)* (p. 213-229). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63524-2.00014-2>
- Mulkay, M. (1969). Some Aspects of Cultural Growth in the Natural Sciences. *Social Research*, 36(1), p. 22-52.
- Nakashima, D. & Roue, M. (2002). Indigenous knowledge, peoples and sustainable practice. *Encyclopedia of Global Environmental Change*, p. 314-324.
- Newman, G., Wiggins, A., Crall, A., Graham, E., Newman, S. & Crowston, K. (2012). The future of citizen science: Emerging technologies and shifting paradigms. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10(6), p. 298-304. <https://doi.org/10.1890/110294>
- Odum, H. T. (1971). *Environment, power and society*. Wiley-Interscience.
- Peacock, M. S. (2009). Path Dependence in the Production of Scientific Knowledge. *Social Epistemology*, 23(2), p. 105-124. <https://doi.org/10.1080/02691720902962813>
- Pinch, T. J. (1980). Theoreticians and the Production of Experimental Anomaly: The Case of Solar Neutrinos. In K. D. Knorr, R. Krohn, & R. Whitley (Éds.), *The Social Process of Scientific Investigation* (Vol. 4, p. 77-106). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-009-9109-5_4
- Pocock, M. J. O., Chandler, M., Bonney, R., Thornhill, I., Albin, A., August, T., Bachman, S., Brown, P. M. J., Cunha, D. G. F., Grez, A., Jackson, C., Peters, M., Rabarijaon, N. R., Roy, H. E., Zaviezo, T. & Danielsen, F. (2018). Chapter Six—A Vision for Global Biodiversity Monitoring With Citizen Science. In D. A. Bohan, A. J. Dumbrell, G. Woodward, & M. Jackson (Éds.), *Advances in Ecological Research* (Vol. 59, p. 169-223). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/bs.aecr.2018.06.003>
- Porter, T. M. (2017). *La confiance dans les chiffres*. Les Belles Lettres. <https://www.lesbelleslettres.com/livre/9782251446530/la-confiance-dans-les-chiffres>
- Riesch, H. & Potter, C. (2014). Citizen science as seen by scientists: Methodological, epistemological and ethical dimensions. *Public Understanding of Science*, 23(1), p. 107-120. <https://doi.org/10.1177/0963662513497324>
- Robertson, D. P. & Hull, R. B. (2001). Beyond Biology: Toward a More Public Ecology for Conservation. *Conservation Biology*, 15(4), p. 970-979. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2001.015004970.x>
- Sébastien, L., Bauler, T. & Lehtonen, M. (2014). *Can Indicators Bridge the Gap between Science and Policy? An Exploration into the (Non)Use and (Non)Influence of Indicators in EU and UK Policy Making*. <https://doi.org/10.3167/nc.2014.090305>
- Sébastien, L., Lehtonen, M. & Bauler, T. (2017). Introduction. Les indicateurs participatifs tiennent-ils leurs promesses ? *Participations*, 18(2), p. 9-38. <https://doi.org/10.3917/parti.018.0009>
- Serranito, B., Diméglio, T., Ysnel, F., Lizé, A. & Feunteun, E. (2022). Small- and large-scale processes including anthropogenic pressures as drivers of gastropod communities in the NE

- Atlantic coast: A citizen science based approach. *Science of The Total Environment*, 816, 151600. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151600>
- Shapin, S. (1982). History of Science and its Sociological Reconstructions. *History of Science*, 20(3), p. 157-211. <https://doi.org/10.1177/007327538202000301>
- Shirk, J. L. & Bonney, R. (2018). Scientific impacts and innovations of citizen science. In S. Hecker, M. Haklay, A. Bowser, J. Vogel, & A. Bonn (Éds.), *Citizen Science—Innovation in Open Science, Society and Policy* (p. 41-51). UCL Press. <https://doi.org/10.14324/111.9781787352339>
- Spanbauer, T. L., Allen, C. R., Angeler, D. G., Eason, T., Fritz, S. C., Garmestani, A. S., Nash, K. L., Stone, J. R., Stow, C. A. & Sundstrom, S. M. (2016). Body size distributions signal a regime shift in a lake ecosystem. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 283(1833), 20160249. <https://doi.org/10.1098/rspb.2016.0249>
- Star, S. L. & Griesemer, J. R. (1989). Institutional Ecology, 'Translations' and Boundary Objects: Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-39. *Social Studies of Science*, 19(3), p. 387-420. <https://doi.org/10.1177/030631289019003001>
- Stengers, I. (1997). *Cosmopolitiques*. La Découverte. <https://journals.openedition.org/lectures/55655>
- Thompson, M. M., Moon, K., Woods, A., Rowley, J. J. L., Poore, A. G. B., Kingsford, R. T. & Callaghan, C. T. (2023). Citizen science participant motivations and behaviour: Implications for biodiversity data coverage. *Biological Conservation*, 282, 110079. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.110079>
- Turnhout, E. (2009). The effectiveness of boundary objects: The case of ecological indicators. *Science and Public Policy*, 36(5), p. 403-412. <https://doi.org/10.3152/030234209X442007>
- Turnhout, E., Hisschemöller, M. & Eijsackers, H. (2007). Ecological indicators: Between the two fires of science and policy. *Ecological Indicators*, 7(2), p. 215-228. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2005.12.003>
- Turrini, T., Dörler, D., Richter, A., Heigl, F. & Bonn, A. (2018). The threefold potential of environmental citizen science—Generating knowledge, creating learning opportunities and enabling civic participation. *Biological Conservation*, 225, p. 176-186. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.03.024>
- Vinagre, P. A., Pais-Costa, A. J., Hawkins, S. J., Borja, Á., Marques, J. C. & Neto, J. M. (2016). Ability of invertebrate indices to assess ecological condition on intertidal rocky shores. *Ecological Indicators*, 70, p. 255-268. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.06.004>
- Wynne, B. (1992). Misunderstood misunderstanding: Social identities and public uptake of science. *Public Understanding of Science*, 1(3), p. 281-304. <https://doi.org/10.1088/0963-6625/1/3/004>
- Wynne, B. (1996). May the Sheep Safely Graze? A Reflexive View of the Expert-Lay Knowledge Divide. In *Risk, Environment and Modernity: Towards a New Ecology* (p. 44-83). Sage. <https://doi.org/10.4135/9781446221983>

NOTES

1. Une espèce indicatrice est définie par Landres et al. (2008) comme « un organisme dont les caractéristiques (e.g., présence ou absence, densité de population, dispersion, succès

reproducteur) sont utilisées comme un indice d'attributs trop difficiles, peu pratiques ou coûteux à mesurer pour d'autres espèces ou conditions environnementales d'intérêt. ».

2. Phénomène d'enrichissement excessif en nutriments.

3. Nous utilisons ici le terme « qualité » de l'estran, bien qu'il soit débattu en écologie comme dans les sciences sociales car il renvoie à des définitions variables selon les acteurs, en fonction des mesures jugées pertinentes et des systèmes de valeurs, une ambiguïté pouvant entraîner une inefficacité de l'action (Hull et al., 2003 ; Fornara, 2022). Cependant, ce mot conserve une certaine efficacité communicationnelle — il est aisément compris par le grand public, qui y associe généralement l'idée d'un état souhaitable ou, au contraire, d'une dégradation possible sous l'effet de pressions anthropiques. Son usage permet également de questionner les représentations sociales : demander ce qu'un individu entend par « qualité » d'un milieu permet d'identifier ce à quoi il accorde de la valeur dans cet environnement. Ainsi, en considérant les indicateurs comme objets frontières, cette ambiguïté peut au contraire être un facteur d'efficacité permettant différentes interprétations par les univers sociaux connectés (Turnhout, 2009).

Finalement, on ne mesure pas à proprement parler la qualité écologique des estrans, mais les effets de la pollution et des changements climatiques sur les communautés d'espèces. Le terme « qualité » est ainsi une traduction d'éléments rigoureusement sélectionnés par une démarche scientifique à destination du grand public.

4. Voir la prise en compte de ces biais d'échantillonnage dans la partie 2.1.

5. Par exemple, si l'indicateur d'un phénomène (tel que l'abondance d'une espèce supposée sensible à la pollution aux nitrates) est basé sur des relations hypothétisées, mal résolues ou dans lesquelles des variables confondantes (e.g., physico-chimie de l'eau) peuvent jouer, alors l'usage de cet indicateur doit se limiter à un premier niveau de signal ou d'alerte, qui requerra de plus amples investigations. A l'inverse, si l'indicateur est basé sur une relation bien établie, dont l'effet des variables confondantes est limité ou contrôlé, dans ce cas il est suffisamment robuste pour être proposé pour du suivi réglementaire ou de mesures de gestion.

6. Une valeur calculée à partir de très peu d'observations est très incertaine, et inversement.

7. Ces axes permettent de déterminer des niveaux de confiance : signal ou alerte précoce (une seule observation) ; signal établi mais incomplet (quelques observations convergentes) ; signal bien établi (nombreuses observations convergentes) ; signal non résolu (observations divergentes).

8. Cette distinction sur le cadrage est à relativiser : les savoirs cadrés ne s'opposent pas par essence aux savoirs libres car ils sont aussi le siège d'improvisation et de dimensions tacites (Collins, 1992 ; Charvolin, 2021). De même, les savoirs libres sont aussi le siège de normes (voir partie 2.2).

9. Une personne extérieure au projet ayant pour mission d'accompagner les partenaires dans la co-construction des savoirs et de faciliter les échanges aux différentes étapes du projet, notamment dans la définition des attendus et objectifs partagés ou encore l'identification des difficultés à résoudre.

10. La science faite s'apparente par exemple aux suivis réguliers sur le littoral comme le REPHY (réseau d'observation et de surveillance du phytoplancton et de l'hydrologie dans les eaux littorales, déployé depuis 1987 par l'Ifremer).

11. Malgré tout, il ne s'agit pas d'un échantillon représentatif de toute la société civile, ni même de la partie de la société concernée par l'estran. C'est-à-dire qu'il n'est pas constitué de manière à reproduire la composition et les caractéristiques clés de l'ensemble de cette population de référence (en termes socio-démographiques, d'activité sur l'estran ou encore de rapport aux sciences et à l'environnement). Cet échantillon est issu d'un public sympathisant de BioLit, de ses thématiques, et qui était déjà en contact avec Planète Mer avant le lancement du projet ESPOIRS.

12. La seconde session d'ateliers a réuni un nombre différent de participantes : certaines de la première session n'ont pas pu revenir (les ateliers se faisant exclusivement en présentiel) tandis

que d'autres, absent·es initialement, ont pu rejoindre le dispositif. L'enquête a été réalisée entre les deux sessions, et ne porte donc que sur les participant·es de la première.

13. Respectivement Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin et Directive Cadre sur l'Eau, deux directives européennes visant la bonne qualité de l'eau et du milieu marin.

14. Toutes les citations ont été pseudonymisées.

RÉSUMÉS

A l'heure où la biodiversité fait face à des changements globaux et où enjeux écologiques et sociétaux s'entremêlent, comment repenser la production de savoirs de manière collective ? A travers l'étude d'un projet en cours sur l'état écologique des estrans rocheux, nous développons ici le concept d'« indicateurs participatifs ». La particularité de ces indicateurs réside d'une part dans leur conception qui associe scientifiques et société civile, et d'autre part dans l'intégration de données issues des sphères académiques et non académiques. Nous explicitons la démarche d'exploration conjointe, qui comporte des temps de rencontre organisés entre une diversité d'acteurs et actrices. Chacun apporte différents savoirs, mais présente aussi différents cadres normatifs, qui exigent d'être conciliés par des arbitrages collectifs. Nous proposons enfin une réflexion sur le potentiel de cette approche de science ouverte. Ancrée dans la réalité du terrain, elle pourrait favoriser la pérennisation des indicateurs en intégrant les citoyen·nes à chaque étape, à condition d'explorer de manière simultanée les enjeux de collecte des données jusqu'à l'usage des indicateurs.

At a time when biodiversity faces global changes and ecological and societal challenges are increasingly intertwined, how can we rethink the production of knowledge in a collective manner? Through the study of an ongoing project on the ecological state of rocky shores, we develop here the concept of "participatory indicators". The specificity of these indicators lies, on the one hand, in their design, which involves both scientists and civil society, and on the other hand, in the integration of data from academic and non-academic sources. We detail the process of joint exploration, with organized meetings bringing together a diverse range of stakeholders. Each one of them brings different forms of knowledge but also carries different normative frameworks, which require reconciliation through collective arbitration. Finally, we offer a reflection on the potential of this open science approach. Grounded in field realities, it may foster the long-term sustainability of indicators by involving citizens at every stage — provided that issues ranging from data collection to the practical use of indicators are explored simultaneously.

INDEX

Keywords : participatory indicator, co-construction, open science, citizen sciences, biodiversity

Mots-clés : indicateur participatif, co-construction, science ouverte, sciences participatives, biodiversité

AUTEURS

CAM LY RINTZ

Doctorante ; Laboratoire de Biologie des Organismes et Ecosystèmes Aquatiques (BOREA, UMR 8067), Muséum National d'Histoire Naturelle ; rcamly[at]gmail.com

FLORIAN CHARVOLIN

Directeur de recherche ; Centre Max Weber (UMR 5283), CNRS ; florian.charvolin[at]gmail.com

ANOUCK HUBERT

Tiers-veilleuse ; Facilitation et Transitions ; anouck.hubert[at]facilitation-transitions.fr

ÉRIC FEUNTEUN

Professeur ; Laboratoire de Biologie des Organismes et Ecosystèmes Aquatiques (BOREA, UMR 8067), Muséum National d'Histoire Naturelle ; eric.feunteun[at]mnhn.fr

BORIS LEROY

Maître de conférences ; Laboratoire de Biologie des Organismes et Ecosystèmes Aquatiques (BOREA, UMR 8067), Muséum National d'Histoire Naturelle ; leroy.boris[at]gmail.com