Le monitoring participatif. Un dispositif entre production de données et implication des publics

Véronique van Tilbeurgh, Marcel Calvez, Laurent Longuevergne

▶ **To cite this version:**

Véronique van Tilbeurgh, Marcel Calvez, Laurent Longuevergne. Le monitoring participatif. Un dispositif entre production de données et implication des publics. Revue d'Anthropologie des Connaissances, 2022, 16 (4), pp.29245. 10.4000/rac.29245 . hal-03972743

HAL Id: hal-03972743
https://hal.science/hal-03972743

Submitted on 2 Jun 2023

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 Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Revue d'anthropologie des connaissances

16-4 | 2022
Le tournant participatif de la vigilance environnementale

Le monitoring participatif

Un dispositif entre production de données et implication des publics

Participatory sensors. A device between data production and involvement of the citizens

Sensores participativos. Un dispositivo entre la producción de datos y la participación del público

Véronique van Tilbeurgh, Marcel Calvez et Laurent Longuevergne

Édition électronique
URL : https://journals.openedition.org/rac/29245
DOI : 10.4000/rac.29245
ISSN : 1760-5393

Éditeur
Société d'Anthropologie des Connaissances

Ce document vous est offert par Université Rennes 1

Référence électronique
Véronique van Tilbeurgh, Marcel Calvez et Laurent Longuevergne, « Le monitoring participatif », *Revue d'anthropologie des connaissances* [En ligne], 16-4 | 2022, mis en ligne le 01 décembre 2022, consulté le 02 juin 2023. URL : http://journals.openedition.org/rac/29245 ; DOI : https://doi.org/10.4000/rac.29245

Ce document a été généré automatiquement le 16 février 2023.

Creative Commons - Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International - CC BY-NC-ND 4.0
https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

Le monitoring participatif

Un dispositif entre production de données et implication des publics

Participatory sensors. A device between data production and involvement of the citizens

Sensores participativos. Un dispositivo entre la producción de datos y la participación del público

Véronique van Tilbeurgh, Marcel Calvez et Laurent Longuevergne

Introduction

1 Les premières publications scientifiques reposant sur la collecte de données par des réseaux de capteurs performants à bas coût, des microcapteurs, dateraient de 2004. Ces outils ont été mobilisés pour collecter principalement des données concernant la météorologie, la qualité de l'air et de l'eau (Mao *et al.,* 2019). Ils ont été rapidement introduits dans les travaux menés dans le cadre de sciences participatives, ce qui a permis de renforcer leur structuration tout en élargissant leur public (Heaton, 2018). Cet appareillage technologique a favorisé également la participation de nouveaux acteurs, comme des associations, des organisations non-gouvernementales ou des collectivités territoriales, en lien le plus souvent avec des expertises scientifiques (Conrad & Hilchey, 2010). Aujourd'hui, que ce soit pour mesurer la présence de particules fines ou de pesticides dans l'air, de nitrates dans l'eau, de polluants dans les sols ou capter des coordonnées géographiques dans les milieux, les dispositifs participatifs reposant sur l'utilisation de microcapteurs se sont diversifiés. Ils peuvent être organisés par des scientifiques, mis en place dans le cadre de politiques publiques (Guimont & Petitimbert, 2017) ou de mobilisations citoyennes (Parasie & Dedieu, 2019), le plus souvent, autour d'une question de santé-environnementale, de santé humaine ou une dégradation de l'environnement.

2 Ces usages questionnent le lien entre sciences et sociétés. D'une part, au-delà de ses propriétés techniques et représentationnelles, une donnée s'inscrit dans un réseau sociotechnique (Denis & Pontille, 2012) qui nécessite différents niveaux de traduction

et de mobilisation (Callon, 1986) transformant le processus de production de connaissances. D'autre part, cette modification sociotechnique a des impacts sur les organisations sociales concernées et leur système de relations sociales (Fortier & Alphandéry, 2017) alors même que ces outils sont utilisés dans le cadre de diverses activités sociales impliquant des formes d'expertise.

3 L'objectif de cet article est d'analyser les enjeux que ces pratiques de collecte soulèvent en fonction du type d'activités sociales dans lequel le dispositif participatif s'insère. Pour cela, trois dispositifs sociotechniques utilisés dans trois contextes sociaux différents sont étudiés. L'analyse porte sur l'objet technique en lui-même, le capteur, intégré à un dispositif élargi qui est, à la fois, le support d'une infrastructure incarnant des normes et des conventions, et un outil technique laissant des marges d'interprétation aux acteurs à l'intérieur de ce cadre normatif. Il s'agit, ainsi, d'étudier l'articulation entre la dimension normative du dispositif et la marge d'autonomie des acteurs en fonction des caractéristiques des dispositifs étudiés. Une des caractéristiques d'un dispositif étant de pouvoir orienter une action collective (Dodier & Barbot, 2016), il s'agira de questionner la capacité des dispositifs participatifs à orienter la collecte de données en fonction des types d'activités sociales dans lesquels ils s'intègrent. Pour cela, après avoir présenté dans une première partie l'objet d'étude, les dispositifs de monitoring participatifs, et la méthodologie de la recherche, nous analyserons dans la deuxième et troisième parties de l'article l'organisation de la délégation de la collecte des données, puis les finalités affectées aux dispositifs.

Le capteur dans un dispositif sociotechnique

4 La définition technique du capteur le présente comme un élément d'un dispositif sociotechnique qui transforme l'état d'une grandeur physique observée par un expérimentateur en une grandeur objectivée et manipulable, comme une densité de couleur pour les capteurs colorimétriques.[1] Le dispositif sociotechnique en lui-même comprend des consignes de collecte, des métadonnées pour décrire le contexte de la mesure, des plateformes numériques, des modes de transmission et de restitution des données et de diffusion de l'information, etc... Les trois types de capteurs numériques étudiés ici sont des capteurs pour mesurer la présence de particules fines dans la ville de Rennes[2], des capteurs de nitrate qui évaluent le taux de nitrate dans les cours d'eau et des capteurs des coordonnées géographiques de l'ajonc pour cartographier la progression de la colonisation de cette plante à La Réunion. Les deux premiers capteurs surveillent la présence de composants dont les niveaux de concentration ont des effets sur la santé humaine et la qualité des milieux. Le capteur utilisé à La Réunion permet de géolocaliser les juvéniles d'ajoncs, pour ensuite les éradiquer, alors que cette plante est considérée comme une Espèce Exotique Envahissante (EEE) (GEIR, 2014).

5 Dans les trois cas, le projet de monitoring environnemental est porté par un collectif composé, au moins en partie, de scientifiques ou d'experts. Ces collectifs sont formés, pour les capteurs de particules fines, de représentants de la ville de Rennes et de ses partenaires[3], pour l'ajonc, des représentants d'administrations[4] et des chercheurs et, pour les capteurs de nitrate, de chercheurs en hydrogéologie, géographie, écologie et agronomie. Le recrutement des expérimentateurs (les volontaires effectuant les mesures) est plutôt diversifié, seul le capteur des coordonnées de l'ajonc mobilise des amateurs de botanique et des gestionnaires des milieux. Le capteur de particules fines

s'adresse à des volontaires habitant Rennes et le capteur de nitrate vise des acteurs concernés par la qualité des cours d'eau : agriculteurs, techniciens de rivière, élus locaux et associations environnementales. Ces capteurs font ainsi le lien entre des acteurs possédant différentes formes de connaissances de leur environnement qu'elles soient empiriques, conceptuelles, procédurales voire règlementaires, acquises par une expérience localisée ou par une approche plus globale et abstraite. À ce titre, ce sont des objets qui, tout en construisant une représentation de l'environnement, établissent des points de contact entre différents univers cognitifs en fonction de diverses échelles spatiales.

Le dispositif comme ressource pour l'action

6 Pour que le capteur puisse collecter des données, les mettre en forme et les rendre opérationnelles, il est nécessaire qu'il incorpore une infrastructure incluant de nombreux éléments sociotechniques (Denis, 2011), qui s'insère en même temps dans un faisceau de relations. C'est à travers cette infrastructure, partiellement invisible, que le capteur devient un élément d'un dispositif sociotechnique étendu, c'est-à-dire un assemblage de composants liés entre eux par une trame. En effet, un dispositif peut être constitué :

> d'éléments immatériels (pensée, énoncés scientifiques, propositions philosophiques, morales, philanthropiques), de prescriptions juridiques (décisions réglementaires, lois, mesures administratives), de discours, de machines concrètes (institutions), de techniques (pratiques de gestion des corps), d'éléments solides (ensemble architectural, mur) et d'instruments façonnant les gestes de « collaborateurs » (Lafleur, 2015, p. 6).

7 Dans l'analyse foucaldienne, les dispositifs sont unifiés autour d'un projet social guidant l'action collective (Agamben, 2014). Plus récemment, l'analyse compréhensive des dispositifs a requestionné l'unité de ce guidage pour le décrire en termes de négociation, de concertation, d'horizontalité, de localité, de personnalisation (Dodier & Barbot, 2016). Les dispositifs sont alors appréhendés comme étant moins unifiés autour d'un projet social initial guidant l'action collective (Beuscart & Peerbaye, 2006). Ils sont conçus comme une ressource pour organiser une action en perpétuelle reconfiguration par leurs dispositions à l'orienter autour d'idéaux généraux, en fonction d'une finalité permettant la transformation d'une situation (Dodier & Barbot, 2016). Dans cette perspective, la dimension normative du dispositif, outre son organisation, dépend de sa capacité à y imprimer des idéaux généraux en fonction d'une finalité.

8 Concernant les dispositifs de monitoring participatif, différents auteurs sont revenus sur les conditions de la variabilité de ce guidage. Ainsi, le mode de gouvernance des acteurs mobilisés semble jouer un rôle structurant en opposant des dispositifs descendants, dirigés par la structure de gouvernance du dispositif à d'autres plus ouverts ou de nature plus collaborative (Conrad & Hilchey, 2011 ; Wilderman, 2007). D'autres analyses abordent cette question à travers un questionnement sur la nature de ces dispositifs au regard des données collectées. Ainsi, la cartographie par *crowdsourcing*, par exemple, lors de catastrophes comme des marées noires (reposant sur la collecte de données perçues visuellement et une connaissance très locale du terrain) a plutôt permis d'ouvrir les débats pour dépasser la stricte approche de cartographies « expertes » (McCormick, 2012), laissant plus de place à l'autonomie d'expérimentateurs avec un guidage plus ouvert. Dans les approches de santé-

environnement à la suite, en particulier, d'une analyse des contributions de collectifs de malades à la recherche médicale, il a été montré que les dispositifs participatifs sont d'autant plus ouverts qu'ils participent à un plus grand nombre d'étapes de la recherche scientifique (définition du problème, collecte des données, analyse et interprétation) (English *et al.,* 2011)[5], liant l'ouverture du dispositif au nombre d'étapes auxquelles participe l'ensemble des acteurs mobilisés. Enfin, il a également été mis en évidence le rôle des finalités affectées au dispositif dans l'expression de ce guidage (Kinchy *et al.,* 2014 ; Wiggins & Crowston, 2010).

9 Ces travaux, rapportés aux propriétés générales des dispositifs, permettent de formuler l'hypothèse que l'articulation entre la dimension normative du dispositif et l'autonomie des acteurs dépend, à la fois, de la finalité affectée au dispositif et des caractéristiques de sa gouvernance. Cette dernière est analysée en fonction des modalités de la délégation de la collecte des données, qu'elle soit pilotée ou négociée (Le Crosnier *et al.,* 2013). Elle est étudiée, plus particulièrement, à travers le protocole de mesure qui norme le travail de collecte afin de rendre les données manipulables et utilisables. À travers cette analyse, c'est également le statut des acteurs qui est qualifié, distinguant les expérimentateurs des porteurs du dispositif. Les finalités des dispositifs sont déduites, plus spécifiquement, du projet de ses porteurs. Ainsi, dans une deuxième étape, ce sont les différentes finalités des dispositifs qui sont comparées pour identifier ce sur quoi porte le guidage. Interroger la capacité du dispositif à orienter l'action permet d'ouvrir la réflexion sur la nature des objets sociotechniques que sont les capteurs et leur infrastructure. Plus généralement, ce sont les fonctions cognitive et sociopolitique de l'ensemble du dispositif de monitoring participatif qui sont ainsi questionnées.

10 Le travail d'enquête sur les capteurs a débuté en 2016 et 2018 pour les capteurs de particules fines et des coordonnées géographiques de l'ajonc. Il a été réactualisé en 2022. Les capteurs de nitrate ont été utilisés dans les quatre départements bretons à titre expérimental en 2020 et 2021. La synthèse de ce travail a été effectuée en 2022. L'enquête de terrain en elle-même repose sur des données qualitatives. Des entretiens semi-directifs ont été réalisés auprès des porteurs du dispositif et d'expérimentateurs, des documents de présentation des dispositifs et des archives ont été consultés et un focus-groupe avec des expérimentateurs a été effectué. Par ailleurs, des données de terrain ont été reprises de l'analyse de deux dispositifs (ceux mesurant les particules fines et captant les coordonnées des ajoncs)[6]. L'ensemble de ces données a permis d'éclairer le fonctionnement des dispositifs à partir de leurs traits saillants. Les limites de cette approche portent sur le fait que les trois dispositifs ne sont pas au même stade de développement. Ainsi, cette comparaison pourra être enrichie d'un travail reposant, plus spécifiquement, sur le point de vue des volontaires pour rendre comparable leurs lectures des dispositifs.

La délégation de la collecte des données

11 Les capteurs de particules fines sont présentés par la ville de Rennes comme devant renforcer les systèmes d'observations règlementaires.[7] Plus précisément, cette initiative est une des réponses au contentieux avec la Commission Européenne pour non-respect des valeurs limites applicables aux PM10 (particules issues de combustion, en suspension dans l'air, dont le diamètre est inférieur à 10 µm). Pour cela, des capteurs

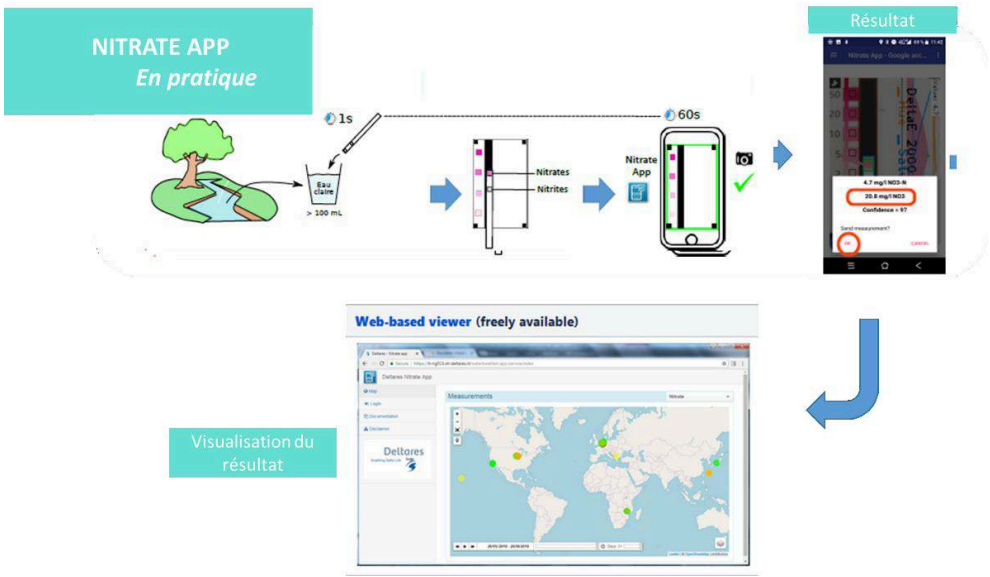
sont fournis à des volontaires, leur permettant de mesurer et d'enregistrer en temps réel, par l'intermédiaire d'un *smartphone*, la concentration en PM2,5 de l'air ambiant[8]. L'animation de ce dispositif est assurée par la MCE. Le capteur de particules fines a été proposé dans deux, puis trois quartiers de la ville. Un volet sensibilisation du public a été ajouté à ce dispositif en direction des établissements scolaires, des équipements de quartier ou des associations. Aujourd'hui, la mesure en particules fines de l'air est dans sa sixième saison. Une orientation complémentaire lui a été donnée pour mesurer la qualité de l'air intérieur, dont le radon, alors que, les premières années, la mesure ne portaient que sur la qualité de l'air extérieur du domicile des volontaires ou lors de leurs déplacements. Le dispositif entre ainsi dans les espaces privés accompagnés d'un discours de santé publique à visée préventive. S'y ajoute la mise en place de webinaires pour échanger avec des experts de la qualité de l'air. Depuis 2016, 217 rennais se sont portés volontaires pour mesurer la qualité de l'air. Le protocole de mesure, en lui-même, est laissé relativement libre ; très peu de précisions sont fournies ; l'annotation des données est encouragée sans être demandée. Le dispositif laisse donc une large place à l'exploration de l'environnement par le volontaire tout en liant les données produites à ses itinéraires urbains, sans objectif d'exploitation des données par les scientifiques. L'ensemble des mesures est spatialisé et accessible sur une plateforme généraliste indépendante de la MCE (https://rennes.maps.sensor.community/#10/48.1033/-1.7113).

12 La Réunion est un territoire abritant une grande diversité d'espèces, y compris endémiques, que certaines EEE comme l'ajonc pourraient menacer. Ainsi, à la suite d'obligations réglementaires, des moyens sont affectés à la lutte contre l'expansion de l'ajonc, en particulier, par l'éradication des juvéniles plus faciles à prélever que les ajoncs matures[9]. Dès qu'un expérimentateur trouve « une tâche » de juvéniles lors de sorties, il capte ses coordonnées géographiques qui sont transmises à la plateforme de mutualisation des données sur la flore réunionnaise « Mascarine Cadetiana » (MCIII) (Durand *et al.,* 2010) qui a pour objectif d'organiser la récolte et la saisie des observations floristiques et de faciliter l'accès et l'exploitation des données (https://mascarine.cbnm.org). La plateforme est gérée par le CBNM qui a la charge du portail flore et habitats pour La Réunion dans le cadre du Système d'Information Nature et Paysage (SINP). Depuis sa mise en service en 2015, 531 observations ont été collectées (dont 349 pour les seules années 2021 et 2022). Toutefois, ces données ne proviennent pas toutes d'amateurs de botanique car elles sont également collectées par les gardes du parc national ou de l'Office National des Forêts (ONF). Si les données sont validées, elles doivent déclencher, à plus ou moins long terme, une action d'éradication par les gestionnaires des milieux.

13 Les données collectées par les capteurs de nitrate relèvent d'une autre logique. Il s'agit d'une initiative académique pour cartographier les taux de nitrate dans les cours d'eau bretons et compléter les suivis règlementaires de la DREAL. L'azote est un constituant de la matière vivante, identifié comme un des principaux facteurs limitant le développement des producteurs primaires. Pour cette raison, l'intensification de l'agriculture s'est faite en ayant recours systématiquement aux fertilisants azotés. Les nitrates constituent la forme dominante des transferts d'azote des sols vers les aquifères, puis vers les rivières. Lorsqu'ils sont en excès dans les sols, ils alimentent les écosystèmes aquatiques et côtiers via les cours d'eau, aboutissant à l'eutrophisation des masses d'eau (Pinay *et al.,* 2017). Pour effectuer une mesure du taux de nitrate, le

volontaire plonge une bandelette colorimétrique dans l'eau, puis la photographie via une application téléchargeable par un smartphone et transmet la photographie à une plateforme pour obtenir instantanément une lecture de ce taux de nitrate et sa représentation cartographique. C'est la société Deltares qui a développé cette application (https://publicwiki.deltares.nl/display/wqapp). Dans une phase de test, 147 mesures ont été effectuées en Bretagne. Selon les expérimentateurs enquêtés, la principale source de difficulté a tenu au respect du protocole de mesure dans sa première version, dont la manipulation des bandelettes et le temps d'attente avant de prendre la photographie (60 secondes) pour que la coloration de la bandelette soit interprétable (cf. figure 1).

Figure 1 : La transmission des données « nitrates »



Crédits : A. Crave *et al.* (2021).

La validation des données

14 Même si dans les trois cas les données informent des experts, le rôle de cette expertise n'est pas équivalent pour chaque dispositif. En effet, les mesures de nitrate contribuent à l'avancée des connaissances scientifiques dans un domaine de recherche spécifique alors que, dans les deux autres cas, les données servent à faire un lien entre un domaine de recherche et son application par l'action publique à travers une expertise interactionnelle (Collins & Evans, 2007). Cette différence dans la nature de l'expertise a un impact variable sur les processus de validation des données même si, dans tous les cas, la qualité des données repose sur les qualités métrologiques de l'instrument et celles du protocole de mesure afin de documenter la mesure et de rendre les données inter-comparables.

15 Concernant les mesures de nitrate, une étude métrologique préalable sur les capteurs a permis de définir un protocole de mesure à respecter pour assurer une incertitude en deçà de 10 % (Crave *et al.,* 2022). Ainsi, les expérimentateurs procèdent à trois mesures sur un même lieu lesquelles sont toutes envoyées à la plateforme. Elles sont ensuite associées à une incertitude avant d'être agrégées. Ce protocole de mesure revêt un

double rôle : compenser les incertitudes du dispositif de mesure et donner une valeur indispensable à leur réutilisation dans la recherche académique. Il sera complété pour améliorer la méthodologie de la mesure et établir le choix des sites de références et l'interprétation des données. Cette seconde version du protocole est en cours d'élaboration à partir d'ateliers participatifs où l'ensemble des acteurs concernés par le dispositif négocient ses différents composants afin que la mesure et son interprétation soient accessibles à chaque participant qu'il soit expérimentateur ou porteur du dispositif.

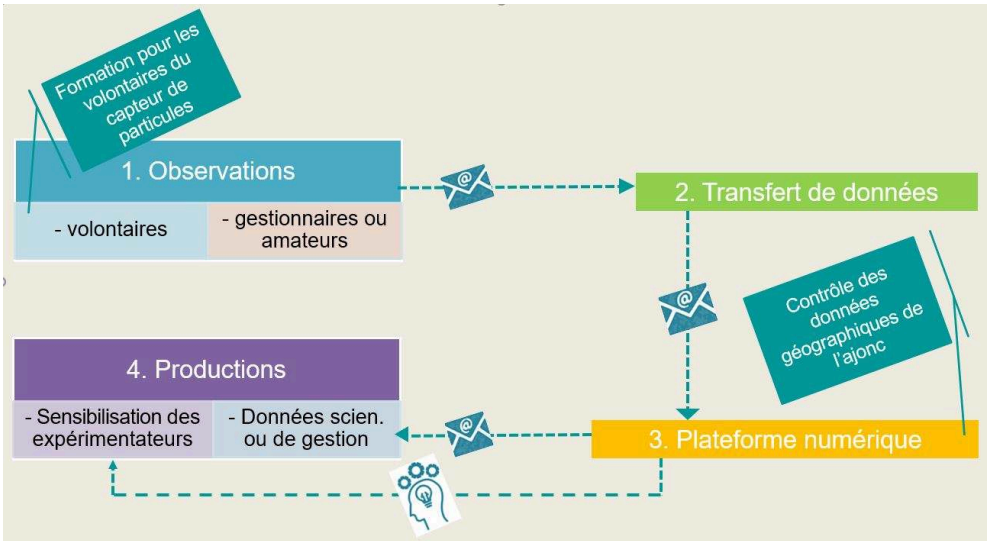
16 Pour l'ajonc, sur la plateforme MCIII, il est précisé qu'avant la diffusion des informations des producteurs de données, celles-ci passent par un processus de validation assuré par le CBNM. Cette opération de contrôle a pour but de gommer une partie de la variabilité des données en excluant des mesures pouvant être incohérentes alors que les acteurs qui participent au dispositif possèdent tous des connaissances en botanique.

17 Concernant les capteurs de particules fines, la validation des données est effectuée a priori grâce à la formation que doivent suivre les expérimentateurs. Elle est présentée par les porteurs du dispositif comme un temps :

> d'accompagnement pendant toute la durée de la captation permettant de développer l'expertise [des volontaires] et leur compréhension des impacts des activités humaines sur la qualité de l'air et d'envisager des changements de pratiques au quotidien (Document Ambassad'air, p. 2).

18 Tout en permettant l'acquisition de compétences standardisées, cette formation met l'accent sur la sensibilisation au problème de la qualité de l'air en ville avec un protocole de mesure peu normatif pour les expérimentateurs (cf. figure 2).

Figure 2 : la transmission des données « particules fines et ajoncs »



Crédits : V. van Tilbeurgh

19 À chaque fois, c'est le capteur et les objets associés qui rendent possible la validation des données en les détachant de l'individu qui les collecte, ce que ne permettent pas les connaissances empiriques ou expérientielles (Brun, 2017). Cette opération d'objectivation repose toutefois sur des bases différentes selon les dispositifs. Dans un cas, celui de l'ajonc, la collecte des données est déléguée mais reste sous le contrôle des

porteurs du dispositif ; la possibilité d'exclusion des données les introduit ainsi dans des rapports de force (Castagnino, 2018). À travers ce contrôle, on retrouve une forme de hiérarchisation des connaissances, prégnante dans certains dispositifs de sciences participatives (Bœuf *et al.,* 2012 ; Callon, 1998) où des volontaires sont souvent réduits à un rôle de collecteurs d'informations qui sont ensuite désencastrées de leur contexte local par l'appareillage sociotechnique (Fortier & Alphandéry, 2017)

20 Dans les deux autres dispositifs, la validation des données a été abordée, soit par l'élaboration d'un protocole de mesure négocié entre toutes les parties prenantes garantissant une production de données utilisables par tous les acteurs, soit par un protocole de mesure peu contraignant compensé par la formation des expérimentateurs aux enjeux de la qualité de l'air, mais l'inter-comparabilité des données n'est alors pas assurée. La variabilité des univers cognitifs des expérimentateurs ou les défaillances potentielles du capteur ne sont pas posées comme un obstacle à la validité des données, mais comme une donnée demandant de mettre en place un système de standardisation des mesures co-construit par la négociation ou l'accompagnement.

Les finalités des capteurs

21 Différents travaux ont mis en évidence le fait que plusieurs finalités étaient le plus souvent affectées aux dispositifs participatifs et, parmi ces finalités, la sensibilisation du public revenait le plus fréquemment (Kinchy *et al.,* 2014 ; Wiggins & Crowston, 2010). Ces dispositifs permettraient ainsi d'inscrire ou de renforcer, sur un territoire, le récit de milieux ou d'un environnement mis en danger par les pratiques humaines.[10] En outre, ils ouvrent la perspective d'une capacité renouvelée à remédier aux dégradations à travers des politiques publiques incluant la mobilisation d'acteurs concernés, subsumant un effet global de l'engagement individuel comme c'est le cas dans de nombreuses politiques environnementales.

22 Concernant l'ajonc, la montée en puissance de l'action publique, à partir des années 2000, fait suite à une succession de rapports internationaux et de textes stratégiques et règlementaires européens et français qui montrent l'impact des EEE sur la biodiversité et la nécessité d'agir pour le diminuer. Deux facteurs ont permis cette évolution : la création de groupes de réflexion, sous l'égide de l'administration de l'environnement, formés d'acteurs réunionnais spécialistes des EEE et le renouvellement du jeu institutionnel local avec la création de nouveaux espaces protégés contraignant l'ensemble des administrations insulaires à agir contre les EEE. Toutefois, au début des années 2000, cette action est encore inspirée de la lutte contre les espèces nuisibles proliférantes, laissant penser que c'est la nature elle-même qui dysfonctionne, même si l'ajonc a été introduit par les humains (Udo, 2016). Il faut attendre 2013 pour que le dispositif « Détection Précoce et Réponse Rapide » (DPRR) soit opérationnel, et 2015 pour obtenir les premières données géolocalisées de l'ajonc à travers le dispositif participatif. Le capteur modifie la mise en récit de l'ajonc comme EEE. En plus de la sensibilisation du public, il s'agit de publiciser des politiques publiques qui luttent contre les menaces environnementales d'origine anthropique.

23 Les capteurs de nitrate ont enrôlé une plus grande diversité d'acteurs. Plusieurs éléments sont à l'origine de ce dispositif : sa faisabilité technique grâce à la mise sur le marché de capteurs peu onéreux, l'évolution de la recherche qui repose sur la

modélisation nécessitant de nombreuses données et le contexte breton où la restauration de la qualité de l'eau est un enjeu social et politique majeur. Ainsi, pour certains chercheurs, la sensibilisation des expérimentateurs et le fait qu'avec les capteurs ils pourraient bénéficier de données objectives permettant d'argumenter leur analyse sur l'efficacité d'une action publique localisée a contribué à la mise en place de l'expérimentation. En d'autres termes, le capteur de nitrate contribue également à publiciser sur un territoire les dégradations de milieux naturels de proximité, tout en offrant la possibilité aux expérimentateurs d'acquérir des outils d'évaluation d'opérations localisées de restauration de la qualité de l'eau. De plus, il peut contribuer à identifier des événements ou des éléments singuliers qui nécessiteraient une intervention de leur part sans attendre de consignes et à définir des moyens d'action et des suivis adaptés.

24 Pour la ville de Rennes, la mise en place des capteurs de particules fines s'inscrit dans le cadre du contrat local de santé et dans le plan de protection de l'atmosphère de l'agglomération rennaise.

> Elle vise à décloisonner les questions de santé environnementale prises en charge par différents acteurs locaux dans des situations diversifiées (sont cités les acteurs de la santé, ceux des quartiers, des espaces verts, de la mobilité, de l'éducation, des personnes âgées) et à impliquer les habitants au-delà des spécialistes des questions de qualité de l'air (Calvez, 2018, p. 500).

25 Ainsi, la volonté d'améliorer les qualités environnementales est moins prégnante que dans les deux autres cas, mais les expérimentateurs sont pour la plupart déjà convaincus des effets de la qualité de l'air sur la santé humaine. En revanche, on trouve plus fortement le lien avec les politiques publiques de santé à travers la volonté de leur mise en cohérence par l'implication des habitants.

26 Ces mises en récit, qui sont autant de représentations de l'environnement, montrent les bases sur lesquelles les porteurs du dispositif ont été enrôlés et ont mobilisé les expérimentateurs même si ces derniers peuvent fournir d'autres interprétations aux évolutions constatées (Gabrys *et al.,* 2016). Les attentes des porteurs des dispositifs ont ainsi un lien avec les politiques publiques, soit pour les rendre plus visibles, soit pour fournir aux volontaires et à leur entourage des modalités pour les appréhender ou des moyens pour évaluer des opérations ponctuelles. En effet, ces dispositifs ciblent des processus difficilement détectables et objectivables par des non avertis. De la sorte, ils contribuent à traduire, dans le quotidien d'expérimentateurs et de leur entourage, des politiques publiques selon des degrés différents.

Produire des données et publiciser des politiques publiques

27 Cet objectif de sensibilisation des publics est différemment assumé selon les porteurs du dispositif. Les documents de communication de la ville de Rennes insistent particulièrement sur le rôle de médiation des volontaires dans la mise en œuvre d'une politique locale de la qualité de l'air. Cette activité de médiation est ainsi évaluée pour elle-même. Pour cela et depuis la campagne 2017-2018, les expérimentateurs remplissent un carnet de contact constitué de deux fiches. Dans la première, ils décrivent et justifient leur action (cf. tableau 1).

Tableau 1 : d'après la fiche 1 d'Ambassad'Air, carnet de contact

Description de la situation	Justification de la mesure
Jour Horaire Fixe/vélo/pied Intérieur/extérieur Où ? Météo	Vous aviez une idée à valider par cette mesure ? Moyenne mesurée Vous en tirez une conclusion ? Commentaires (difficultés techniques, autres)

Légende : Réponse à la question : « Avez-vous fait des mesures aujourd'hui ? »
Crédits illustration : http://www.wiki-rennes.fr/Fichier:AmbassadAir_carnet_contact.docx

28 Cette fiche recueille des informations sur la pratique de la mesure en fonction des lieux de vie ou de déplacement du volontaire. Toutefois, les catégories utilisées ne permettent pas d'obtenir des données précises et fiables qui pourraient servir, dans un dispositif d'observation, à objectiver les mesures afin des rendre inter-comparables. Ces limites conduisent ainsi à regarder le carnet comme un outil réflexif participant à la formation de l'expérimentateur à propos de la qualité de l'air. La seconde feuille du carnet doit favoriser la diffusion sociale de l'action du volontaire et comprend, de la même façon, une fiche à renseigner (cf. tableau 2).

Tableau 2 : d'après la fiche 2 d'Ambassad'Air, carnet de contact

Identification des personnes	Description de l'interaction
Nombre de personnes contactées Un.e collègue ? Un.e ami.e ? De la famille ? Un.e inconnu.e ? Autre	Avez-vous utilisé un outil Ambassad'Air ? Lequel ? Pourquoi cet outil pour cette personne ? A-t-il une question/un sujet spécifique lors de l'échange ? Commentaires

Légende : Réponse à la question : « Avez-vous discuté de la qualité de l'air ou d'Ambassad'air aujourd'hui ? »
Crédits illustration : http://www.wiki-rennes.fr/Fichier:AmbassadAir_carnet_contact.docx

29 Les contenus de cette fiche rappellent au volontaire son engagement à discuter des questions relatives à la qualité de l'air avec son entourage. Les questions l'orientent vers un repérage élémentaire de la diffusion sociale des préoccupations relatives à la qualité de l'air, à la fois quantitative (nombre de personnes) et qualitative (type de personne, contenu de l'échange). La fiche permet d'orienter l'expérimentateur vers un rôle de médiateur : de l'action entreprise par la ville vers les habitants et des préoccupations éventuelles de ces habitants vers les acteurs de la politique de la ville.

30 Cette procédure ne se retrouve qu'avec le capteur de particules fines où ce qui fait l'objet d'une médiatisation, ce sont les politiques municipales et leur capacité d'adaptation au public alors que les données collectées sont peu utilisées par les porteurs du dispositif. Concernant le capteur des coordonnées de l'ajonc, ce qui est médiatisé ce sont des politiques d'éradication d'une EEE et la surveillance des milieux. La légitimité de ces politiques, les questions qu'elles posent aux habitants ou leurs éventuels usages du capteur et des données ne sont pas discutés entre les acteurs. Le capteur de nitrate permet de surveiller la contamination des cours d'eau, l'absence d'exclusion des données est palliée par le protocole de mesure. Ce dernier est négocié pour rendre les futurs usages des mesures compatibles avec les finalités affectées au dispositif par ses porteurs. Ce qui est médiatisé, c'est une capacité à objectiver les dégradations subies par les cours d'eau, laissant la possibilité aux expérimentateurs de transformer ces connaissances en capacité à agir.

Conclusion

31 L'analyse de ces trois situations permet de questionner les capacités de guidage des dispositifs de monitoring participatif. Les capteurs et les données fournies ont pour fonction de surveiller les milieux et l'environnement, mais aussi le débat public autour des politiques publiques. En ce sens, la collection d'objets liés au capteur, à savoir les données, les protocoles de mesure et la plateforme, joue le rôle d'objets intermédiaires entre les porteurs des dispositifs et les expérimenteurs (Vinck, 2009). Ils permettent de mobiliser des acteurs tout en fournissant la représentation d'un environnement dégradé sur lequel il faut agir. En revanche, les fonctions de traduction/médiation affectées aux objets intermédiaires varient dans les trois dispositifs. Cette variabilité permet de mieux cerner le lien entre la dimension normative du dispositif et l'autonomie des acteurs.

32 Le dispositif de captation des coordonnées géographiques s'adresse à des volontaires possédant des connaissances en botanique et les données sont dûment contrôlées avant d'être intégrées à la plateforme. Sa fonction de traduction/médiation est strictement contrôlée dans un cadre déterminé : celui de l'éradication de l'ajonc découlant de textes juridiques donnant obligation aux administrations de lutter contre les EEE. Le capteur devient ainsi un outil d'administration du milieu naturel et les acteurs du dispositif appliquent des règles de mesure à l'intérieur de relations hiérarchisées distinguant les administrateurs des expérimentateurs alors que la donnée, qui déclenche une action, doit être certaine.

33 Le capteur de nitrate assure la traduction/médiation entre les mondes de la recherche et ceux des expérimentateurs venant de divers horizons. Le protocole de mesure est négocié entre toutes les parties prenantes afin de traduire, dans l'univers cognitif de chaque partie, les données et l'opération de mesure. Le dispositif de sciences participatives se caractérise ainsi par une organisation horizontale des relations entre les scientifiques et les volontaires pour déterminer conjointement ses règles de fonctionnement, l'inter-comparabilité des données reposant sur la marge d'incertitude affectée à la mesure.

34 Concernant le capteur de particules, on observe, à la fois, la faible prégnance du protocole de mesure et l'importance prise par la qualification de l'activité de sensibilisation effectuée par le volontaire. La traduction/médiation effectuée par le

dispositif s'opère principalement entre l'action municipale et des volontaires avec leur entourage. Ce dispositif témoigne plutôt de la transformation des méthodes d'intervention publique qui reposent plus aujourd'hui sur la création de publics impliqués (Gourgues, 2012). Dans ce cadre, peu de règles déterminent la mesure, l'essentiel de la formation du volontaire a trait à la sensibilisation qu'il est incité à effectuer.

Les auteur·e·s remercient Anna Atlan (UMR 6590 ESO Rennes) et Alain Crave (UMR 6118 Géosciences Rennes) pour leur participation aux travaux sur l'ajonc et sur les capteurs de nitrate. La recherche sur l'ajonc à La Réunion a été impulsé par un financement de l'Observatoire des Sciences de l'Univers de Rennes, puis effectuée dans le cadre de l'ANR Maris (Gestion et analyse de risque d'une plante invasive (Ulex europaeus (L.)). Le développement des capteurs nitrate a bénéficié du support de la région Bretagne, de l'Agence de l'eau Loire-Bretagne et du département d'Ille et Vilaine, via le projet BERCEAU, ainsi que de la Mission pour les Initiatives Transverses et Interdisciplinaires (MITI) du CNRS à travers le projet CAPARSY.

BIBLIOGRAPHIE

Agamben, G. (2014). *Qu'est-ce qu'un dispositif ?* Paris : Rivages

Ambassad'air, *Mieux respirer, c'est dans l'air*. Rennes : Maison de la Consommation et de l'Environnement (non daté).

Beuscart, J.-S. & Peerbaye, A. (2006). Histoires de dispositifs. *Terrains et Travaux*, *11*(2), 3-15. https://doi.org/10.3917/tt.011.0003

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), 8-18. https://doi.org/10.4000/ocim.1119

Brun, A. (2009). Gestion de l'eau en France, *Économie rurale, 309*, 4-8. https://doi.org/10.4000/economierurale.259

Brun, P. (2017). Le croisement des savoirs dans les recherches participatives. Questions épistémologiques. *Ères « Vie sociale »*, 20(4), 45-52. http://dx.doi.org/10.3917/vsoc.174.0045

Callon, M. (1998). Des différentes formes de démocratie technique. *Annales des Mines-Responsabilité & Environnement*, (9), 63-73.

Callon, M. (1986). Éléments pour une sociologie de la traduction. La domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins dans la baie de Saint-Brieuc. *L'Année sociologique*, (36), 169-208.

Calvez, M. (2018), Qu'est-ce qu'une expertise citoyenne en santé environnementale ? Questions sur l'expérimentation rennaise Ambassad'Air. *Environnement, risques et santé*, *17*(5), 498-504. https://dx.doi.org/10.1684/ers.2018.1214

Castagnino, F. (2018). Critique des surveillances studies. Éléments pour une sociologie de la surveillance. *Déviance et société*, *42*(1), 9-40. https://doi.org/10.3917/ds.421.0009

Collins, H. & Evans, R. (2007). *Rethinking Expertise*. Chicago: University of Chicago Press.

Conrad, C. & Hilchey, K. (2011). A review of citizen science and community-based environmental monitoring: issues and opportunites. *Environ. Monit. Assess*., (176), 273-291. https://doi.org/10.1007/s10661-010-1582-5

Crave, A., Lague, D., Bour, O., Steer, P., Lavenant, N., Petton, C. & Le Guennec, A. (2021). *Projet BERCEAU – Tâche 2 – Apports des techniques de suivi spécifiques de la piézométrie sur les échanges nappe-rivières – Rapport et fiches techniques*. Adresse URL : https://www.creseb.fr/projet-berceau/ (consulté le 21/10/2022).

Denis, J. (2011). Le travail de l'écrit en coulisse de la relation de service. *Activités*, *8*(2), 32-52. https://doi.org/10.4000/activites.2575

Denis, J. & Pontille, D. (2012). Travailleur de l'écrit, matière de l'information. *Revue d'anthropologie des connaissances*, *6*(1), 1-20. https://doi.org/10.3917/rac.015.0001

Dodier, N. & Barbot, J. (2016). La force des dispositifs. *Annales, Histoire, Sciences Sociales, 71*(2), 421-450. https://www.cairn.info/revue-annales-2016-2-page-421.htm

Durand, H., Picot, F. & Douchin, M. (2010). Mascarine Cadetiana II, plate-forme web de mutualisation des données sur la flore réunionnaise. *Géomatique Expert*, (76), 88-94. http://www.geomag.fr/sites/default/files/geo76_pp88-94_carto_biodiversite.pdf

English, P.-B., Richardson, M.-J. & Garzon-Galvis, C. (2018). From Crowdsourcing to Extreme Citizen Science: Participatory Research for Environmental Health. *Annu. Rev. Public Health*, (39), 335-350. https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-publhealth-040617-013702

Fortier, A. & Alphandéry, P. (2017). La maîtrise des données, un enjeu majeur pour les associations naturalistes à l'heure de la gouvernance de la biodiversité. *Revue française d'administration publique*, *163*(3), 587-598. https://doi.org/10.3917/rfap.163.0587

Gabrys, J., Pritchard, H. & Barrat, B. (2016). Just good enough data: Figuring data citizenships through air pollution sensing and data stories. *Big Data and Society, 1*, 1-14. https://doi.org/10.1177%2F2053951716679677

Gourgues, G. (2012). Des dispositifs participatifs aux politiques de la participation. L'exemple des conseils régionaux français, *Participations*, *2*(1), 30-50. https://doi.org/10.3917/parti.002.0030

Groupe Espèces Invasives de La Réunion (GEIR) (2014). *Stratégie de lutte contre les espèces invasives à La Réunion.* DEAL La Réunion, 1-56.

Guimont, C. & Petitimbert, R. (2017). Instruments de l'action publique et approche fixiste de la biodiversité : le cas des inventaires naturalistes. *Norois,* (244), 77-89. https://doi.org/10.4000/norois.6169

Heaton, L., Millerand, F., Dias da Silva, P. & Proux, S. (2018). *La reconfiguration du travail scientifique en biodiversité, pratiques amateurs et technologies numériques.* Montréal : PUM. https://www.pum.umontreal.ca/catalogue/reconfiguration_du_travail_scientifique_en_biodiversite_la/fichiers

Houiller, F. & Merilhou-Goudard, J.-B., (2016). *Les sciences participatives en France, Etat des lieux, bonnes pratiques et recommandations*. Rapport, Ministère en charge de l'Éducation nationale, 1-63. https://dx.doi.org/10.15454/1.4606201248693647E12

Kinchy, A., Jalbert, K. & Lyons, J. (2014). What is volunteer monitoring good for? Fracking and the plural logics of participatory science. *Political Power and Social Theory, 27*, 259-289. https://doi.org/10.1108/S0198-871920140000027017

Lafleur, S. (2015). Foucault, la communication et les dispositifs. Communication, *33*(2). https://doi.org/10.4000/communication.5727

Le Crosnier, H., Neubauer, C. & Storup, B. (2013). Sciences participatives ou ingénierie sociale : quand amateurs et chercheurs co-produisent les savoirs. *Hermès, 67*(3), 68-74. https://doi.org/10.4267/2042/51888

Mao, F., Kieran, K., Krause, S., Clark, J. & Hannah, D. (2019). Low-Cost Environmental Sensor Networks: Recent Advances and Future Directions. *Frontier in Earth Science, 7*, https://doi.org/10.3389/feart.2019.00221

McCormick, S. (2012). After the Cap: Risk assessment, Citizen science and Disaster Recovery. *Ecology and Society*, *17*(4). http://dx.doi.org/10.5751/ES-05263-170431

Parasie, S. & Dedieu, F. (2019). À quoi tient la crédibilité des données citoyennes ? Revue d'anthropologie des connaissances, 13(4), 1035-1062. https://doi.org/10.3917/rac.045.1035

Pinay, G., Gascuel, C., Menesguen, A., Souchon, Y. & Le Moal, M. (2017). Eutrophisation. Manifestations, causes, conséquences et prédictibilité. *Résumé de l'Expertise scientifique collective (CNRS)*, 1-9. https://hal.inrae.fr/hal-03130487

Wiggins, A. & Crowston, K. (2011). From Conservation to Crowdsourcing: A Typology of Citizen Science. *Hawaii International Conference of System Sciences* (HICSS 2011). https://citsci.syr.edu/sites/crowston.syr.edu/files/hicss-44.pdf

Udo, N. (2016). *Quels sont les facteurs naturels et humains conduisant au statut invasif ? Le cas de l'ajonc (Ulex europaeus) sur l'île de La Réunion*. Thèse de l'Université de Rennes 1.

Van Tilbeurgh,V., Udo, N. & Atlan, A. (2020). Comment lutter contre une espèce exotique envahissante : les dispositifs de gestion de l'ajonc dans les espaces protégés de La Réunion. Dans R. Barbier, F.-J. Daniel, S. Fernandez, N. Raulet-Croset, M. Leroy & L. Guérin-Schneider (dir.), *L'environnement en mal de gestion. Les apports d'une perspective situationnelle* (pp. 97-111). Lille : Presses universitaires du Septentrion.

Vinck, D. (2009). De l'objet intermédiaire, vers la prise en compte du travail d'équipement. *Revue d'anthropologie des connaissances, 1*(3), 51-72. https://doi.org/10.3917/rac.006.0051

Wiggins, A. & Crowston, K. (2011). From Conservation to Crowdsourcing: A Typology of Citizen Science. *Hawaii International Conference of System Sciences* (HICSS 2011). https://citsci.syr.edu/sites/crowston.syr.edu/files/hicss-44.pdf

Wilderman, C. (2007). Models of Community Science: Design Lessons from the Field, *Conference: Citizen Science Toolkit Conference*, Cornell Lab of Ornithology, 1-16.

NOTES

1. Le capteur se distingue de l'instrument de mesure par le fait qu'il s'agit d'une interface entre « *un processus physique et une information manipulable. Par opposition, l'instrument de mesure est un appareil autonome se suffisant à lui-même* ». https://www.techno-science.net/

2. Ces dispositifs sont complémentaires du réseau de stations de mesure réglementaire Air Breizh et ne peuvent pas s'y substituer. En effet, selon Air Breizh, « *les équipements en vigueur dans les stations Air Breizh sont utilisés dans un cadre strict impliquant des contrôles de bon fonctionnement réguliers* » (airbreizh.asso.fr), ce qui n'est pas leur cas.

3. La Maison de l'Environnement et de la Consommation (MCE), l'École des Hautes Études en Santé Publique (EHESP), AirBreizh, un FABLAB, 5 équipements de quartiers et une association de vulgarisation scientifique.
4. La Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DEAL), les services « environnement » du Département et de la Région, les gestionnaires des milieux protégés (le parc national de La Réunion, le Conservatoire Botanique National Mascarin, CBNM, et l'Office National des Forêts).
5. Dans leur rapport sur les sciences participatives, Houiller et Merilhou-Goudard (2016) ont repris, en partie, ces éléments pour établir une typologie distinguant les sciences citoyennes, la *community based research* des recherches participatives.
6. Pour les coordonnées de l'ajonc (van Tilbeurgh, Udo & Atlan, 2020) ; pour les particules fines (Calvez, 2018).
7. La surveillance instaurée par la loi LAURE de 1996 est effectuée en Bretagne par Air Breizh (https://www.airbreizh.asso.fr/)
8. Il est à noter que le contentieux porte sur la mesure des PM10 qui est un des indicateurs de la qualité de l'air plus directement quantifiable et interprétable que la mesure des PM2,5.
9. Les juvéniles se trouvant rarement isolés, un individu seul ne peut les arracher. Par ailleurs, la repousse étant fréquente, le relevé des coordonnées permet d'organiser de nouveaux passages.
10. Cela fait déjà plusieurs décennies que des politiques publiques ciblent sur un territoire spécifique la restauration des qualités des milieux ou d'un environnement. Par exemple, la loi du 16 décembre 1964 portait en particulier sur la lutte contre les pollutions et, dès les années 1970, les opérations « rivières propres » initiées par l'État ont inscrit sur un territoire le récit d'une dégradation (Brun, 2009).

RÉSUMÉS

On observe actuellement une multiplication des dispositifs participatifs de collecte des données. L'objectif de cet article est d'analyser les enjeux de ces pratiques en interrogeant la capacité d'un dispositif à orienter l'action collective de collecte. Celle-ci est étudiée en fonction des caractéristiques de la structure de gouvernance du dispositif, analysée à travers le protocole de mesure, et ses finalités. Trois dispositifs participatifs reposant sur l'utilisation de microcapteurs sont comparés. Nous montrons que cette capacité de guidage du dispositif est variable selon les situations et s'exprime à travers le processus de validation des données et l'objet de la surveillance réalisée par les volontaires distinguant, en particulier, les dispositifs de production de données de ceux destinés à impliquer des publics.

There is currently a proliferation of participatory data collection mechanisms. The objective of this article is to analyze the issues at stake in these practices by examining the capacity of a system to guide collective action in collecting data. This is studied according to the characteristics of the structure of governance of the device, analyzed through the measurement protocol, and its aims. Three participatory devices based on the use of microsensors are compared. We show that the guiding capacity of the device varies according to the situation and is expressed through the data validation process and the purpose of the monitoring carried out by the volunteers, distinguishing, in particular, the data production devices from those intended to involved citizens.

Actualmente se observa una multiplicación de los mecanismos participativos de recopilación de datos. El objetivo de este artículo es analizar lo que está en juego en estas prácticas, examinando la capacidad de un sistema para orientar la acción colectiva en la recogida de datos. Esto se estudia en función de las características de la estructura de gobierno del dispositivo, analizadas a través del protocolo de medición, y sus objetivos. Se comparan tres dispositivos participativos basados en el uso de microsensores. Demostramos que esta capacidad de orientación del dispositivo varía según la situación y se expresa a través del proceso de validación de los datos y de la finalidad del seguimiento realizado por los voluntarios, distinguiendo, en particular, los dispositivos de producción de datos de los destinados a crear públicos implicados.

INDEX

Mots-clés : capteur, dispositif participatif, surveillance, univers cognitif
Keywords : sensor, participatory device, surveillance, cognitive universe
Palabras claves : sensor, dispositivo participativo, vigilancia, universo cognitivo

AUTEURS

VÉRONIQUE VAN TILBEURGH

Professeure de sociologie de l'environnement, membre d'ESO-Rennes (UMR 6590 ESO), ses recherches actuelles portent, en particulier, sur les sciences participatives dans l'environnement. Entre la gestion de l'eau et les capteurs, elle étudie comment les individus mettent en relation les mondes anthropique et naturel en lien avec des démarches scientifiques.
ORCID : https://orcid.org/0000-0003-2922-7068

Adresse : UMR 6590 ESO, Université Rennes 2,Place du recteur Henri le Moal – CS 24307, FR-35043 Rennes cedex (France).
Courriel : veronique.vantilbeurgh[at]univ-rennes2.fr

MARCEL CALVEZ

Professeur émérite de sociologie, Université Rennes 2, ESO (UMR 6590 CNRS). Ses travaux récents ont porté sur l'épidémiologie populaire et l'expertise interactionnelle en santé environnementale
ORCID : https://orcid.org/0000-0002-2196-623X

Adresse : UFR Sciences sociales, Université Rennes 2, Place du recteur Henri le Moal – CS 24307, FR-35043 Rennes cedex (France).
Courriel : marcel.calvez[at]univ-rennes2.fr

LAURENT LONGUEVERGNE

Chercheur au CNRS, géophysicien de formation. Ses recherches portent sur le rôle des eaux souterraines, invisibles, dans le fonctionnement des systèmes naturels et anthropisés. Il est co-responsable du programme scientifique TERRA FORMA qui consiste à développer des capteurs pour questionner l'habitabilité de notre planète.
ORCID : https://orcid.org/0000-0003-3169-743X

Adresse : Univ Rennes - CNRS, Géosciences Rennes – UMR 6118. 263 Av. Général Leclerc, FR-35042

Rennes (France)
Courriel : laurent.longuevergne[at]univ-rennes1.fr