



HAL
open science

Recherche sur une initiative de métrologie citoyenne de la qualité de l'air : le projet CapCi à Rennes

Guilhem Dardier, Françoise Jabot, Gwendoline L'Her, Myriam Servières

► To cite this version:

Guilhem Dardier, Françoise Jabot, Gwendoline L'Her, Myriam Servières. Recherche sur une initiative de métrologie citoyenne de la qualité de l'air : le projet CapCi à Rennes. *Environnement, Risques & Santé*, 2020, 19 (6), pp.417-422. 10.1684/ers.2020.1483 . hal-03094976

HAL Id: hal-03094976

<https://ehesp.hal.science/hal-03094976>

Submitted on 28 Nov 2022

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.

Recherche sur une initiative de métrologie citoyenne de la qualité de l'air : le projet CapCi à Rennes

GUILHEM DARDIER¹
FRANÇOISE JABOT^{1,2}
GWENDOLINE L'HER³
MYRIAM SERVIÈRES³

¹ EHESP
15, avenue du Pr Léon
Bernard
F-35000 Rennes
France
<guilhem.dardier@ehesp.fr>
<francoise.jabot@ehesp.fr>

² Université de Rennes
EHESP, CNRS, ARENES –
UMR 6051
F-35000 Rennes
France

³ ENSAN, AAU/CRENAU -
UMR 1563
F-44000 Nantes
France
<gwendoline.lher@
ec-nantes.fr>
<myriam.servieres@
ec-nantes.fr>

Tirés à part :
G. Dardier

Résumé. Les initiatives de métrologie citoyenne se sont fortement développées ces dernières années dans le cadre de la lutte contre la pollution de l'air en milieu urbain, enjeu majeur de santé publique. Avec le soutien de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe), la ville de Rennes s'est engagée dans cette voie à travers l'initiative Ambassad'Air lancée en 2016. Celle-ci consiste à équiper des citoyens volontaires de capteurs mobiles de particules fines afin de les sensibiliser à la problématique de la pollution atmosphérique et leur faire adopter, ainsi qu'à leur entourage, des comportements favorables à la qualité de l'air. Le projet de recherche CapCi (de la captation à la sensibilisation citoyenne) est mené par une équipe pluridisciplinaire mobilisant sciences de l'informatique, sciences sociales et sciences politiques. Étayé par une revue de la littérature scientifique et grise, il étudie, à partir de données quantitatives issues des microcapteurs ainsi que de discours de volontaires et de décideurs, les stratégies de captation citoyenne déployées par les volontaires, les interactions sociales qu'elles suscitent et les retombées de l'initiative Ambassad'Air en termes d'évolution des pratiques et d'action publique sur la qualité de l'air. Le présent article détaille la stratégie et le protocole de recherche du projet CapCi et interroge sa place parmi les différents projets de recherche sur la métrologie citoyenne de la qualité de l'air.

Mots clés : qualité de l'air ; métrologie citoyenne ; protocole de recherche.

Abstract

A research project on an air quality citizen sensing initiative: CapCi project in Rennes

Citizen sensing initiatives have recently gained momentum as an effective way to address urban air pollution, which is a major public health concern. Supported by the Ademe (French Environment and Energy Management Agency), the Rennes City Council launched an initiative in 2016 called Ambassad'Air. Every year, volunteers are equipped with mini-particulate matter sensors to learn about urban air pollution, raise awareness around them, and adopt environmentally friendly behaviors. The CapCi research project, led by a multidisciplinary team, combines computer, social, and political sciences. Based on a literature review, the sensor data, and interviews with volunteers and local decision-makers, the project aimed to study the volunteers' sensing and monitoring strategies, their social interactions, and the impacts of the initiative on both individual behaviors and local air quality policies. This article presents the CapCi project research design and strategy and examines its position in the current research on air quality citizen sensing.

Key words: air quality; citizen sensing; research design.

Article reçu le 28 avril 2020,
accepté le 15 juin 2020

doi: 10.1684/ers.2020.1483

Pour citer cet article : Dardier G, Jabot F, L'Her G, Servières M. Recherche sur une initiative de métrologie citoyenne de la qualité de l'air : le projet CapCi à Rennes. *Environ Risque Sante* 2020 ; 19 : 417-422. doi : 10.1684/ers.2020.1483

À l'heure où entre 4,2 et 8,8 millions de décès prématurés par an à l'échelle mondiale sont attribués à la pollution de l'air extérieur [1-3] et où les scénarios de réchauffement climatique de la planète, du fait des émissions de gaz à effet de serre, sont de plus en plus pessimistes [4], améliorer la qualité de l'air est devenu un impératif majeur pour assurer la protection de la santé humaine et des milieux naturels. À l'échelle locale, les pouvoirs publics se mobilisent pour réduire la pollution et mettent en œuvre un ensemble de mesures réglementaires, structurelles ou basées sur le changement de comportement [5]. Parmi ces dernières, les initiatives de métrologie citoyenne de la qualité de l'air extérieur sont considérées prometteuses et se développent dans de nombreuses villes (Grenoble, Barcelone, Amsterdam, Ljubljana, San Diego et Antananarivo, par exemple) [6-8].

L'initiative Ambassad'Air : de l'accompagnement à la recherche

En France, des projets de ce type ont été récemment initiés avec le soutien de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe) [9]. Parmi ces projets, figure l'initiative Ambassad'Air qui, depuis 2016, implique des acteurs du territoire rennais dans la mesure citoyenne de la qualité de l'air (figure 1). L'initiative, pilotée par le service santé-environnement de la ville de Rennes (SSEnv) et animée par la Maison de la consommation et de l'environnement (MCE), consiste à prêter des capteurs mobiles de particules fines à des volontaires afin de les sensibiliser à la problématique de la pollution atmosphérique, et ainsi leur faire adopter des comportements favorables à la qualité de l'air. L'initiative vise également à ce que les volontaires incitent leurs proches à faire évoluer leurs comportements. En jouant un rôle de médiateur auprès de leur entourage, ils sont supposés endosser le rôle « d'ambassad'air », c'est-à-dire d'ambassadeur de la qualité de l'air [10].

En complément du prêt de matériel, les volontaires disposent de plusieurs espaces numériques pour partager leurs mesures (application smartphone et plateforme en ligne AirCasting) ou pour communiquer et recevoir des informations générales. Par ailleurs, de nombreuses activités cherchant à associer pédagogie et convivialité sont proposées aux volontaires et au grand public : balades de mesure, concerts photo, soirées et stands d'information sur la qualité de l'air, ateliers de construction d'un microcapteur. L'ensemble de ces activités, regroupées sur quelques mois, constitue une « saison ». Ainsi, la saison 1 d'Ambassad'Air s'est déroulée de novembre 2016 à avril 2017, la saison 2 de novembre 2017 à avril 2018 et la saison 3 de janvier à juin 2019. La démarche a été depuis reconduite pour une quatrième



Figure 1. Principaux partenaires d'Ambassad'Air et tâches associées.

Figure 1. Ambassad'Air: main partners and their respective tasks.

saison et inscrite au Plan climat air énergie territorial (PCAET) de Rennes Métropole.

Dès 2016, la ville de Rennes a associé l'École des hautes études en santé publique (EHESP) à l'initiative, pour en accompagner la conception, la mise en œuvre et en préfigurer l'évaluation. À sa demande, l'EHESP a réalisé des enquêtes auprès des volontaires – les ambassad'airs – afin de mieux comprendre leurs motivations et apprécier la réalité de leur implication dans le projet. Elles reposaient sur la réalisation d'entretiens semi-directifs avec les ambassad'airs et sur l'observation d'activités collectives avec ces derniers et le grand public. Les enquêtes réalisées auprès des volontaires des saisons 1 et 2 ont nourri plusieurs questionnements, contribué à clarifier les messages transmis aux volontaires et permis d'apporter plusieurs ajustements aux dispositifs technique et participatif. À l'issue de la deuxième saison, les interrogations portaient principalement sur la pertinence et l'efficacité de la stratégie d'éducation par les pairs sur laquelle repose l'initiative Ambassad'Air, ainsi que sur les dynamiques politiques et citoyennes engendrées par une telle initiative, dimensions peu questionnées dans la littérature scientifique internationale traitant de projets de métrologie citoyenne [11-13]. Au démarrage de la troisième saison et préalablement à la troisième enquête,

il a été décidé de procéder à une analyse globale et comparée des trois saisons.

En parallèle des travaux conduits par l'EHESP, le laboratoire Ambiances architectures urbanités (UMR AAU) a mené, dans le cadre d'un travail de thèse, une enquête associant méthode ethnographique et analyses des mesures géoréférencées des taux de particules fines recueillies par les volontaires afin de faire émerger les figures du métrologue et les différents usages des capteurs.

À l'occasion d'un appel à projets lancé en 2018 par l'Ademe, l'EHESP et l'UMR AAU ont fait le choix de partager leurs questionnements et de s'engager dans une dynamique de travail commun afin de capitaliser l'ensemble des données de recherche. Ce rapprochement a donné naissance au projet de recherche CapCi (de la captation à la sensibilisation citoyenne), lancé fin 2018. Celui-ci a pour objectif d'étudier les stratégies de captation mises en place avec les microcapteurs, leur usage par les métrologues citoyens et les pouvoirs publics, et leur capacité à engendrer un changement de comportement. Conformément aux orientations de l'appel à projets, le projet CapCi – alliant les sciences humaines et sociales, les sciences de l'environnement et les sciences de l'informatique – tente de répondre à la question suivante : « Les métrologues citoyens d'Ambassad'Air deviennent-ils des porteurs de cause capables de faire évoluer les pratiques de leur entourage et les actions publiques sur la qualité de l'air ? ».

Cet article a vocation à présenter les principaux axes de ce projet de recherche, les hypothèses et questionnements propres à chacun d'eux, et son inscription dans un questionnaire plus général sur la recherche portant sur les initiatives de métrologie citoyenne de la qualité de l'air en France.

Le protocole de recherche de CapCi

Objectifs, questions et hypothèses de recherche

La question principale du projet place l'action des ambassad'airs au centre des enjeux de la métrologie citoyenne pour améliorer la qualité de l'air. En effet, ils sont supposés, grâce à l'utilisation d'un microcapteur, influencer tant les autres citoyens que la politique locale relative à la qualité de l'air. Ainsi, les objectifs de la recherche sont triples :

– décrire et analyser les pratiques et les trajectoires d'action des volontaires à partir d'une approche visant à inciter les métrologues citoyens à adopter une posture réflexive sur leurs modalités de production et d'usage des données recueillies ;

– analyser les stratégies et la mise en œuvre du projet ainsi que leur capacité à permettre aux acteurs de remplir leur fonction d'ambassad'air ;

– analyser l'usage des données collectées par les volontaires et la place de l'expertise citoyenne dans l'action publique locale relative à la qualité de l'air.

La problématique initiale est ainsi déclinée dans trois directions.

La première concerne les acteurs pivots de l'initiative, les métrologues citoyens, et s'attache à décrire leurs trajectoires d'action : pourquoi et comment ont-ils utilisé les microcapteurs et pour quelles finalités dans le cadre des trois saisons d'Ambassad'air ? Comment ont-ils exercé leur rôle de métrologue et d'intermédiaire auprès de leur entourage ? Leurs pratiques ont-elles évolué au fil du temps ?

La deuxième concerne le projet lui-même et tout particulièrement la stratégie sur laquelle il repose : les conditions de mise en œuvre du projet Ambassad'air sont-elles de nature à permettre aux volontaires d'exercer leur mission de relais d'information et de sensibilisation auprès des autres citoyens ? Comment sont-ils outillés et accompagnés ? À quel moment se reconnaissent-ils dans ce rôle et quels sont les éléments du projet qui y ont contribué ?

La troisième concerne la politique conduite au niveau local : les données collectées et, plus largement, les actions des ambassad'airs contribuent-elles à la construction et la mise en œuvre de la politique relative à la qualité de l'air ? Quel est l'impact du dispositif participatif sur le régime d'engagement de production de données individuelles ?

Ces trois axes de questionnement sont interdépendants et les hypothèses élaborées pour chacun d'entre eux se font écho.

Premièrement, nous faisons l'hypothèse que les métrologues citoyens développent des pratiques de captation propres en relation avec leurs motivations, qui évoluent au fil du temps et de leur expérience.

Deuxièmement, le microcapteur sert de support à la relation entre le métrologue citoyen et son milieu. Pour être pleinement réalisée, la fonction d'ambassadeur de la qualité de l'air – pour laquelle l'expérience sensible est primordiale dans la mesure où elle permet d'élaborer des discours argumentés mêlant récits incarnés, témoignages et recommandations – suppose la construction d'une identité qui lui est propre. Elle suppose également une reconnaissance extérieure. En développant des activités de formation et de mise en lien, le projet crée les conditions permettant aux métrologues citoyens d'endosser leur rôle d'acteur-relais au sein d'une communauté soudée par un sentiment d'appartenance.

Troisièmement, nous postulons que l'initiative Ambassad'air produit des effets sur l'action publique urbaine, qu'il s'agisse d'une transformation des discours, des stratégies de communication et des instruments de

planification urbaine, ou du renforcement des actions citoyennes.

Méthode de recherche

À la croisée de questions techniques, sociales et politiques, la méthode de recherche vise à confronter les données de mesure recueillies par les capteurs avec les discours et usages des acteurs en mobilisant sciences de l'informatique, sciences sociales et sciences politiques.

Notre stratégie de recherche repose sur l'articulation de méthodes mixtes, qualitatives et quantitatives. Plusieurs travaux épistémologiques ont conceptualisé ces méthodes [14-16] ainsi que leurs implications et traductions dans la recherche en santé publique [17, 18]. Cette approche se caractérise par l'enchaînement du recueil et de l'analyse des données (séquentiel ou concomitant), le poids accordé aux différents types de données et l'articulation entre ces données [18]. Cette recherche s'appuie sur un protocole « niché » [18], dans la mesure où les questions de recherche mobilisent des approches différentes. Les données sont recueillies de façon concomitante et les mesures, en confirmant ou invalidant les discours, nourrissent l'analyse des données qualitatives.

Collecte et analyse des données

Trois enquêtes ont été conduites auprès des volontaires des trois premières saisons d'Ambassad'Air. Ces enquêtes, qui associaient des entretiens individuels semi-directifs à l'observation d'activités collectives, ont été menées afin d'explorer les motivations des volontaires, leur utilisation du capteur, leurs perceptions relatives à l'exercice de leur fonction et les retombées de leur participation à l'initiative. En parallèle, l'ensemble des données issues des microcapteurs (mesures de la qualité de l'air effectuées par les volontaires et données d'usage des capteurs) ont été récoltées pendant les trois premières saisons d'Ambassad'Air et regroupées pour analyse. En fin de projet, des ateliers de travail ont été prévus avec les volontaires pour analyser avec eux les données, produire des supports cartographiques et graphiques pour rendre compte des pratiques de captation et faire émerger des recommandations.

L'analyse des documents relatifs au projet (comptes rendus, rapports d'activité, sites web, etc.) et l'exploitation des trois enquêtes sont le matériau de l'analyse de l'initiative Ambassad'air, à travers les séquences du dispositif participatif (sélection des volontaires, formation, accompagnement, suivi des activités, communication, rétro-information), quant à sa capacité à outiller et accompagner les volontaires pour leur permettre d'assumer la fonction de pair et d'acteur-relais. Cette analyse, croisée avec l'exploitation des données issues des microcapteurs et les enseignements tirés des ateliers,

permettra de dessiner les trajectoires d'action des volontaires.

La documentation relative au projet et à la politique locale (Plan local d'urbanisme, Plan de protection de l'atmosphère, Plan de déplacements urbains, PCAET, etc.) a été recueillie et des entretiens ont été conduits auprès des décideurs afin de comprendre la stratégie de l'initiative Ambassad'Air (objectifs de l'initiative, usage de la donnée, rôle du citoyen) et ses effets politiques (changements apportés à l'agenda politique ou à des projets opérationnels, évolution de la gouvernance locale de la qualité de l'air, mobilisation citoyenne).

CapCi dans la recherche sur la métrologie citoyenne de la qualité de l'air

Au-delà de l'analyse des dynamiques individuelles, sociales et politiques engendrées par l'initiative Ambassad'Air, le projet CapCi vise également à apporter un regard complémentaire aux décideurs qui, chaque année, statuent sur la poursuite de l'initiative, et aux personnes qui, au jour le jour, imaginent et mettent en œuvre les ajustements à apporter au dispositif. Il apporte enfin une contribution à la réflexion plus globale sur la mise en œuvre de telles initiatives de métrologie citoyenne, réflexion grandissante en France ces dernières années.

La recherche sur la métrologie citoyenne de la qualité de l'air en France

Depuis 2019, on assiste, en France, à une structuration progressive d'une communauté académique et professionnelle de la métrologie citoyenne. Cette structuration, matérialisée par l'organisation en avril 2019 à Paris du premier colloque scientifique français dédié aux capteurs et aux sciences participatives et par le lancement à venir d'un portail internet visant à recenser les initiatives de métrologie citoyenne et le partage des connaissances, ne doit pas masquer les différences d'approche entre les chercheurs intéressés par les effets des microcapteurs sur les changements de comportement des individus, et ceux intéressés par les effets des démarches de science citoyenne sur les habiletés individuelles et l'« empowerment » collectif. Ces écarts se retrouvent d'ailleurs dans les deux types de projet de recherche qui sont actuellement menés en lien avec la métrologie citoyenne de la qualité de l'air. Pour être différenciés, ces deux types de projet peuvent être caractérisés par les acteurs qui en sont à l'origine, l'ancrage institutionnel, l'objectif poursuivi et la méthode déployée, la logique d'action et le rôle donné aux citoyens.

Ainsi, d'un côté, les projets de métrologie citoyenne d'origine académique sont des projets émanant d'équipes de recherche scientifique (souvent associées à des collectivités territoriales et des acteurs de la qualité de l'air), dont l'objectif est de tester des capteurs mobiles, mesurer plus précisément la qualité de l'air ou mieux appréhender le potentiel de changement des comportements individuels associé aux capteurs, parfois dans une logique d'expérience scientifique avec mise en place d'un groupe de contrôle. Ils accordent une importance majeure à la méthode, aux résultats de l'expérience et à la compréhension des mécanismes explicatifs du changement. Plusieurs lauréats de l'appel à projets de l'Ademe sont focalisés sur des microcapteurs de qualité de l'air ou des applications mobiles, et rentrent dans cette catégorie. À l'étranger, nous pouvons aussi citer l'expérience d'Oltra à Barcelone [5] ou encore *CitiSense* à San Diego [19-21].

D'un autre côté, les projets de science citoyenne mobilisant des capteurs individuels de qualité de l'air sont des projets initiés par des collectifs de scientifiques, dont l'objectif est d'accompagner ou travailler avec des citoyens sur des capteurs mobiles dans une logique d'« empowerment » et de développement des compétences, l'importance étant alors dans la démarche de projet. Parmi les quelques initiatives françaises de ce type, citons AirCitizen et Citoyens capteurs à Paris. À l'étranger, les initiatives sont plus nombreuses, les principales étant *Smart Citizen* et *Making Sense* dans différentes villes européennes [22], ainsi que *Citizen Sense* en Angleterre et aux États-Unis [23, 24].

En parallèle de ces deux types de projet, il existe de nombreuses initiatives en lien avec la métrologie citoyenne de la qualité de l'air qui dépassent le champ de la recherche académique. C'est par exemple le cas des initiatives de surveillance communautaire environnementale initiées par des individus, des collectifs de citoyens ou des associations, dont l'objectif, dans une logique de contre-expertise citoyenne, est de produire de la donnée puis de l'utiliser comme levier d'influence dans le cadre d'une relation de pouvoir avec des autorités politiques et/ou scientifiques concernant un projet ou un thème précis [25]. Les initiatives *Safecast* au Japon [26] et *The Airplane Monitor Schiphol* aux Pays-Bas appartiennent à cette catégorie [12]. Nous pouvons également citer les initiatives de métrologie citoyenne d'origine institutionnelle, généralement portées par des collectivités territoriales dans un cadre de politique locale où experts scientifiques et chercheurs sont en retrait. Ces initiatives, émergentes et donc peu documentées, sont notamment liées en France à la mise en avant des innovations sociales et des expérimentations dans les modalités d'action publique. Elles visent généralement, à travers le prêt de microcapteurs et l'accompagnement, à sensibiliser les citoyens à la qualité de l'air et à mieux les associer à la décision publique.

La place de CapCi dans ce paysage académique

Pour positionner le projet CapCi dans ce paysage académique, il convient désormais de caractériser le projet au regard des mêmes critères, à savoir, le type d'acteur qui en est à l'origine, l'objectif poursuivi et la méthode déployée, la logique d'action et le rôle donné aux citoyens.

Le projet CapCi a été lancé par deux équipes de recherche, hébergées à l'EHESP et au sein de l'UMR AAU. Il s'appuie fortement sur l'initiative *Ambassad'Air* comme terrain de recherche, une initiative de métrologie citoyenne de la qualité de l'air lancée par une collectivité territoriale et animée par une association. Les citoyens sont donc à la fois volontaires à l'initiative *Ambassad'Air* et principale source de donnée du projet de recherche. Cependant, le projet de recherche constitue aussi une opportunité pour les volontaires de partager leur expérience et exprimer leurs avis quant à l'initiative à laquelle ils participent.

La logique d'action sous-jacente de ce projet est double : il s'agit à la fois d'accompagner le déploiement de l'initiative de métrologie citoyenne étudiée et d'essayer de faire progresser la connaissance quant aux modalités de mise en œuvre et aux effets d'une telle initiative. L'objectif est d'étudier les différents effets d'*Ambassad'Air*, en s'intéressant à la fois aux trajectoires d'action individuelles des volontaires mais aussi aux interactions sociales entre les *ambassad'airs*, et aux retombées politiques de l'initiative. Ainsi, profitant des caractéristiques de leur terrain (antériorité, accès aux données et aux partenaires) et des compétences disponibles, les équipes de recherche ont développé une combinaison d'approches mixtes, basée sur le croisement des données issues des microcapteurs de qualité de l'air avec les données issues des trois enquêtes sociologiques de terrain. Cette combinaison constitue l'une des originalités et des forces du projet, qui a peu d'équivalents en France. Le projet *Qalipso* de Lille-Douai, qui essaye de construire des indicateurs de changement de comportement puis de les identifier en croisant l'analyse des données des capteurs (pour avoir des signatures de pollution) avec des entretiens individuels et des observations, s'en rapproche sans doute le plus.

Au regard de ces différents critères, le projet CapCi apparaît finalement comme un projet de recherche académique adossé à une initiative de métrologie citoyenne d'origine institutionnelle, projet hybride qui semble, à l'heure actuelle, unique en France. ■

Remerciements et autres mentions

Financement : le projet de recherche CapCi est financé par l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe) ; **liens d'intérêts** : les auteurs déclarent ne pas avoir de lien d'intérêt.

Références

1. Organisation mondiale de la santé. *Qualité de l'air ambiant et santé*. OMS, 2018. [https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
2. Lelieveld J, Klingmüller K, Pozzer A, et al. Cardiovascular disease burden from ambient air pollution in Europe reassessed using novel hazard ratio functions. *Eur Heart J* 2019 ; (0):1-7.
3. Anses. *Particules de l'air ambiant extérieur*. Agence nationale de sécurité sanitaire, alimentation, environnement, travail, 2019. <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2014SA0156Ra.pdf>
4. GIECC. *Global warming of 1.5 °C*. 2018. <http://www.ipcc.ch/report/sr15/>
5. Oltra C, Sala R, Boso À, Asensio SL. Public engagement on urban air pollution: an exploratory study of two interventions. *Environ Monit Assess* 2017 ; 189 (6) : 296.
6. Conrad CC, Hilchey KG. A review of citizen science and community-based environmental monitoring: issues and opportunities. *Environ Monit Assess* 2011 ; 176 (1-4) : 273-91.
7. Dalongeville A, Jabot F, Roué Le Gall A. *Projet capteurs citoyens*. Rapport d'étude bibliographique : présentation de projets apparentés ; apports méthodologiques d'autres projets. Rennes : École des hautes études en santé publique, 2016.
8. Commodore A, Wilson S, Muhammad O, Svendsen E, Pearce J. Community-based participatory research for the study of air pollution: a review of motivations, approaches, and outcomes. *Environ Monit Assess* 2017 ; 189 (8) : 378.
9. ADEME, Saidi N, Planchon M, Deloitte Développement Durable, Allard L. *Liens entre données individuelles, changement de comportement et mise en oeuvre de pratiques favorables à la qualité de l'air*. Rapport d'étude. Montrouge : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, 2017.
10. Amsellem-Mainguy Y. Qu'entend-on par « éducation pour la santé par les pairs » ? *Cah Lact* 2014 ; 43 (3) : 9-16.
11. Stepenuck K, Green L. Individual and community-level impacts of volunteer environmental monitoring: a synthesis of peer-reviewed literature. *Ecol Soc* 2015 ; 20 : 19.
12. Carton L, Ache P. Citizen-sensor-networks to confront government decision-makers: two lessons from the Netherlands. *J Environ Manage* 2017 ; 196 : 234-51.
13. Hubbell BJ, Kaufman A, Rivers L, et al. Understanding social and behavioral drivers and impacts of air quality sensor use. *Sci Total Environ* 2018 ; 621 : 886-94.
14. Johnson RB, Turner LS. Data collection strategies in mixed methods research. In : Tashkkori A, Teddlie C, editors. *Handbook of mixed methods in social and behavioral research*. Thousand Oaks CA : Sage, 2003.
15. Johnson RB, Onwuegbuzie AJ. Mixed methods research: a research paradigm whose time has come. *Educ Res* 2004 ; 33 (7) : 14-26.
16. Noucher M. Que reste-t-il de Friday Harbor ? Pour une approche critique renouvelée des usages du géoweb fondée sur l'analyse des traces numériques. *Rev Int Géomat* 2018 ; 28 (2) : 15-37.
17. Creswell JW, Clark VLP. *Designing and conducting mixed methods research*. Thousand Oaks CA : SAGE, 2007.
18. Guével M-R, Pommier J. Recherche par les méthodes mixtes en santé publique : enjeux et illustration. *Santé Publique* 2012 ; 24 (1) : 23-38.
19. Bales E, Nikzad N, Quick N, Ziftci C, Patrick K, Griswold W. CitiSense: mobile air quality sensing for individuals and communities. Design and deployment of the CitiSense mobile air-quality system. In : *Proceedings of the 6th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare*. San Diego, United States: IEEE, 2012. <http://eudl.eu/doi/10.4108/icst.pervasivehealth.2012.248724>
20. Nikzad N, Verma N, Ziftci C, et al. CitiSense: improving geospatial environmental assessment of air quality using a wireless personal exposure monitoring system. In : *Proceedings of the Conference on Wireless Health*. New York, NY, USA: ACM, 2012. <http://doi.acm.org/10.1145/2448096.2448107>
21. Zappi P, Bales E, Hong Park J, Griswold W, S imunić Rosing T. The CitiSense air quality monitoring mobile sensor node. In: *Proceedings of the IPSN'12 Workshop on mobile sensing*. Beijing, China : ACM, 2012. https://www.researchgate.net/publication/267861564_The_CitiSense_Air_Quality_Monitoring_Mobile_Sensor_Node
22. Diez T, Posada A. The fab and the smart city: the use of machines and technology for the city production by its citizens. In : *Proceedings of the 7th international conference on tangible embedded and embodied interaction*. New York, NY, USA : ACM, 2013. <http://doi.acm.org/10.1145/2460625.2460725>
23. Pritchard H, Gabrys J. From citizen sensing to collective monitoring: working through the perceptive and affective problematics of environmental pollution. *GeoHumanities* 2016 ; 2 (2) : 354-71.
24. Gabrys J, Pritchard H. Just good enough data and environmental sensing: moving beyond regulatory benchmarks toward citizen action. *Int J Spat Data Infrastruct Res* 2018 ; 13 : 4-14.
25. Zandbergen D, Uitermark J. In search of the smart citizen: republican and cybernetic citizenship in the smart city. *Urban Stud* 2020 ; 57 (8) : 1733-48.
26. Brown A, Franken P, Bonner S, Dolezal N, Moross J. Safecast: successful citizen-science for radiation measurement and communication after Fukushima. *J Radiol Prot* 2016 ; 36 (2) : S82-101.