



HAL
open science

Les agencements sociométrologiques de la qualité de l'air : les configurations participatives des Tiers-Lieux

Béa Arruabarrena, Anne Berthinier-Poncet, Maryse Carmes, Michel Letté

► To cite this version:

Béa Arruabarrena, Anne Berthinier-Poncet, Maryse Carmes, Michel Letté. Les agencements sociométrologiques de la qualité de l'air : les configurations participatives des Tiers-Lieux. Les Cahiers du numérique, 2021. halshs-03244102

HAL Id: halshs-03244102

<https://shs.hal.science/halshs-03244102>

Submitted on 1 Jun 2021

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

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

Les agencements sociométriques de la qualité de l'air : les configurations participatives des Tiers-Lieux

The participative configurations of Third Places - Socio-metrological arrangements of air quality

Béa Arruabarrena, Anne Berthinier-Poncet, Maryse Carmes et Michel Letté

Résumé - À partir de l'observation d'actions menées dans trois Tiers-Lieux (Fablabs) en France, en Allemagne et au Québec, nous montrons comment s'instaure une métrologie citoyenne de la qualité de l'air agréant des configurations participatives variées, des rapports en tension ou de coopération, des motifs de concernement multiples. Notre étude propose d'analyser les agencements de cette socio-métrologie à partir d'une approche pragmatique qui place au cœur de la démarche une perspective techno-politique. Nous comparons ainsi les trois initiatives différentes mises en œuvre dans les Fablabs étudiés. Cette première étude exploratoire insiste sur la question des processus d'apprentissage liés à la participation, et plus globalement sur la nécessité d'interroger le design participatif mis en place au regard des dimensions socio-politiques et socio-cognitives en jeu.

Abstract – Based on the observation of actions carried out in three different Fablabs in France, Germany and Canada (Quebec), we show how a citizen science of air quality is established, combining various participative configurations, cooperation or more tense relationships, and patterns of multiple concerns. Our study proposes to analyze the arrangements of this socio-metrology, following a pragmatic approach based on a historical and socio-cognitive perspective. In the light of this analysis, we then compare the different initiatives implemented in the three Fablabs studied. This first exploratory study insists on the question of learning processes. It stresses out the need to question the participative design implemented with regard to the socio-political and socio-cognitive dimensions at stake.

Mots clefs – Métrologie citoyenne – Qualité de l'air – Fablabs – Littératie numérique – Design participatif

Key words – Citizen Science – Metrology – Air Quality – Digital Literacy – Participative design

Introduction

Les initiatives de métrologie ¹ dite « citoyenne » se sont multipliées à travers le monde en s'appuyant de manière extensive sur des dispositifs numériques et sur des dynamiques cohabitant, de façon plus ou moins consensuelle, avec les approches soutenues par l'acteur politique et public, les institutions scientifiques ou les organismes de santé. Désignées comme des pratiques de *popular epidemiology*, de *citizen science*, de *street science*, de *crowdsensing* (Bin, 2014) ou encore d'*environment-tracking* ², ces métrologies citoyennes recouvrent de nombreux thèmes : qualité de l'air et de l'eau, pollens, biodiversité, nuisances sonores et olfactives, îlots de chaleur, produits chimiques domestiques, pesticides, etc. Il s'agit d'examiner dans cette recherche ces collectifs qui proposent et conçoivent « des métrologies alternatives » (Chateauraynaud et Debaz, 2013) - *i.e.* des protocoles de récolte de données et de restitution des résultats - en considérant la diversité de leurs expressions et de puissances d'action.

Prendre la mesure de l'air que l'on respire est une vieille histoire ³. Elle continue de s'écrire au présent (Jarrige et Le Roux, 2017), suivant une évolution en apparence inédite qui voit le citoyen s'équiper pour se mêler de ce qui le regarde (Larqué et Pestre, 2013). Commence en effet à s'imposer l'évidence selon laquelle les victimes du mauvais air seraient, après tout, les plus à même de dire quelque chose de pertinent sur la pollution comme facteur de risque majeur pour leur santé mais sans nécessairement devoir mobiliser la précision des scientifiques, techniciens et responsables de l'administration publique (Blondeau, 2019). Plus que jamais, la population dispose d'un accès sans précédent à une quantité d'informations lui permettant de faire valoir ses droits. On a ainsi vu apparaître à partir de 2015, avec des associations écologistes militantes, une procédure légale visant à faire reconnaître auprès des instances européennes la responsabilité de l'État français du fait de son inaction dans la lutte contre la pollution ⁴. La mauvaise qualité de l'air est ainsi réputée responsable en France de la mort prématurée de dizaines de milliers d'individus chaque année ⁵ (Boutaric et Lascoumes, 2008). Des

¹ Métrologie : science de la mesure, science du mesurage et de ses applications, la métrologie rassemble les techniques permettant de réaliser des mesures, de les interpréter et d'assurer leur fiabilité. La métrologie légale est un ensemble d'exigences et de procédures imposées par l'État pour garantir la qualité et la fiabilité de certains instruments de mesure ou d'opérations de mesurage touchant l'intérêt public : la sécurité des personnes, la protection des consommateurs, de l'environnement et de la santé, la loyauté des transactions commerciales ou encore la bonne application des lois et des règlements (sources : LNE et CFM)

² *Enviro-Trackers Are a New Gadget Trend. What Do We Do With Them?* <https://www.wired.com/2014/12/enviro-trackers-new-gadget-micro-trend/> - 12 décembre 2014

³ Par exemple Le Prieur L.-J. (1825) ; voir aussi parmi les historiens : Te Brake (1975) ou Brimblecombe (1987)

⁴ L'Affaire du siècle est une campagne de justice climatique initiée le 17 décembre 2018 par quatre associations (Fondation pour la nature et l'homme, Greenpeace France, Notre affaire à tous et Oxfam France) visant à poursuivre l'État pour son inaction en matière de lutte contre le réchauffement climatique : <https://laffairedusecle.net/>

⁵ L'Agence Santé publique France informe le public en 2016 qu'elle estime la pollution de l'air responsable de 48 000 morts prématurés chaque année. En 2019, une nouvelle « évaluation quantitative d'impact sanitaire » précise que la pollution atmosphérique constitue un problème de

victimes en viennent ainsi à porter plainte contre l'État. Plus largement, la revendication d'une démocratie environnementale soucieuse des populations impactées acquiert aujourd'hui un peu plus de légitimité (Akrich et al., 2010). Prenant appui sur des initiatives bottom-up, riverains, usagers, administrés, patients, parents, hackers, etc. se découvrent des capacités d'action témoignant d'une volonté de réappropriation citoyenne de problèmes trop vite abandonnés au monopole du jugement des seuls experts institutionnels (Callon et al., 2001). Une population qui s'équipe donc, techniquement, mais selon quels effets sur la redistribution d'une puissance d'action et selon quelles configurations participatives ?

Cette recherche étudie les agencements socio-météorologiques de la pollution de l'air et leurs techno-politiques en acte, et ce, en considérant la pragmatique participative spécifique déployée par des Tiers-Lieux. Afin d'examiner ces phénomènes, nous développons notre analyse de manière transverse selon deux perspectives :

- Une perspective historique et agonistique : comment s'incarnent, cohabitent, s'hybrident ou s'affrontent des dispositifs institutionnels de mesure et des processus de métrologie distribuée et polycentrique ?

- Une perspective socio-cognitive : sous quelles conditions les configurations participatives déterminent-elles la création de nouvelles connaissances collectives et de nouveaux apprentissages et ce faisant, de nouveaux rapports éco-politiques ?

La première partie de cet article porte sur un examen des nouveaux agencements socio-météorologiques au regard des soubassements historiques de l'analyse de la qualité de l'air et d'une mise à l'épreuve de ses agencements techno-politiques contemporains. Nous mettons en regard les configurations passées de la surveillance de l'air avec les approches contemporaines. Malgré les évidentes innovations techniques, une brève socio-histoire de la mesure de la pollution rappelle, qu'aujourd'hui comme hier, des êtres vivants – faits de corps et de sens – constituent des éléments de mesure « ordinaire » de l'état du milieu immédiat. Les configurations socio-météorologiques récentes s'appuient sur des moyens individuels de production et de diffusion de données (une quantification permise par le développement de l'Internet des Objets (IOT) et des capteurs) dont les usages actualisent les enjeux et la portée de celles-ci.

Au regard de notre analyse socio-politique et socio-historique, dans la seconde partie, nous proposons une modélisation de ces configurations et de leurs agencements à partir des « épreuves » qui les traversent. Le problème, le débat, la tension comme épreuve sont condition de prise sur la matérialité de la situation : l'épreuve est condition de l'entendement des rapports de force (Latour, 1984) et des processus d'innovation sociotechniques ici impliqués. Parmi ces épreuves, la question des dimensions socio-cognitives, des difficultés rencontrées en la matière, est plus particulièrement étudiée. Suivant toujours en cela une approche pragmatique des agencements en train de se faire et de l'instauration de connaissances-compétences par le suivi de l'activité des acteurs, nous les examinons à partir des actions et pratiques concrètes des Tiers-Lieux et plus

santé publique majeur. C'est la troisième cause de mortalité en France, derrière le tabac (78 000 décès) et l'alcool (49 000 décès). <https://www.santepubliquefrance.fr/les-actualites/2019/evaluer-l-impact-sur-la-sante-de-la-pollution-de-l-air-retour-sur-la-journee-du-6-novembre-2019>. Voir Jorge Boczkowski et Sophie Lanone (2019). Impacts de la pollution de l'air sur la santé humaine, Annales des Mines - Responsabilité et environnement, 96(4), 17-21.

spécifiquement de trois Fablabs (LabFab, OkLab, Communautique) situés respectivement en France, en Allemagne et au Québec. Dans une dernière partie, nous présentons une étude exploratoire sur les pratiques de mesure de qualité de l'air, les configurations participatives des ateliers de métrologie citoyenne conçus par ces Tiers Lieux. Nous en proposons une comparaison selon les processus d'apprentissages favorisés, les publics impliqués, l'impact politique visé ou effectif. Enfin, un focus est réalisé sur les agencements participatifs et les types de littératies ainsi engagés.

1. Le citoyen métrologue, une histoire ancienne

1.1. Les corps humains capteurs de l'air

Quels sont les soubassements historiques de la revendication des populations à prendre aujourd'hui elles-mêmes la mesure du mauvais air qu'elles respirent ? Est-ce même inédit ? S'assurer de son innocuité est une préoccupation bien plus ancienne qu'il n'y paraît. Certes l'histoire de sa mesure reste à faire (Mélard *et al.*, 2013), l'air que l'on respire est cependant évalué de bien des façons depuis fort longtemps afin de juger de son caractère, selon des modes opératoires allant de la simple observation aux méthodes d'objectivation les plus sophistiquées (Jancovic, 2010). Le rapport des sociétés humaines avec leur environnement est en réalité avant tout fait d'expériences ordinaires et sensibles. La vue est la première alerte. Le nez est le premier baromètre de la nuisance (Massard-Guilbaud, 1997). La maladie, les épidémies et les décès sont la démonstration des effets mortifères du mauvais air. L'air, les vents, les fumées, les effluves, les miasmes, la puanteur sont scrutés pour soi, pour les autres, pour se convaincre qu'ils ne comportent pas de risques pour la santé. Le premier équipement permettant de caractériser la pollution est donc le corps de l'individu la percevant au travers de ses sensations. Louis Sébastien Mercier évoque dans son tableau de Paris les exhalaisons qui corrompent l'air et sont « nuisibles à la santé des citoyens » (Mercier, 1780, p. 122). L'historienne Arlette Farge repère dans les archives de l'ancien Régime l'omniprésence des odeurs et l'anxiété qu'elle génère parmi l'opinion publique et la rumeur (Farge, 1979, 1992). La qualité de l'air est un objet de discussion au quotidien comme l'est la météo. Une police veille cependant au respect de la réglementation des activités artisanales et industrielles, assurant une voie de régulation relativement efficace de leurs débordements dans l'espace public par la judiciarisation de leurs excès (Le Roux, 2011).

Les habitants eux-mêmes reniflent les alentours, observent la corruption de leur potager ou la détérioration de leur linge étendu au-dehors, listent les nuisances subies, suspectent la cause de la dégradation de leur état de santé et font parfois cesser au pénal l'activité des fabriques ou ateliers responsables (Massard-Guilbaud, 2010). Le passage de l'usage du bois au charbon de terre instaure dans le même temps une autre façon d'infecter l'air durablement. Il suscite la protestation des habitants (Uekoetter, 2009). En Angleterre, les statistiques démographiques établissent le lien entre la saturation de l'atmosphère urbaine par ces fumées et la mortalité comme la morbidité par maladies respiratoires (Mosley, 2001 ; Thorsheim, 2006). À la suite d'une série de mesures s'avérant toutes aussi inefficaces les unes que les autres, le Préfet de Paris prend en 1898 une ordonnance interdisant l'émission de fumées « noires, épaisses, prolongées ». Dans le même état d'esprit, une loi de 1932 tente de réguler leur présence ou au moins leur visibilité. La principale difficulté demeure cependant d'objectiver les situations illicites

que les dispositifs juridiques et techniques n'arrivent qu'imparfaitement à stabiliser. L'industriel, l'habitant, l'inspecteur ou le magistrat restent les principaux capteurs du mauvais air.

En Angleterre, l'*alkali act* de 1863 cherche à limiter les pollutions atmosphériques, non sur la base de mesures ou d'indicateurs strictement chiffrés mais partant des évidences : les alentours des soudières sont un enfer. Ce sont des inspecteurs bien humains qui ont en charge la police de leurs pollutions. Leur estimation de la situation est alors moins faite de mesures que d'observation, d'écoute et de compromis. Leur action est plus incitative que punitive. C'est cependant durant ces années que le langage technique commence à s'imposer. Il relève peu à peu des sciences et de l'expertise, instaurant un changement majeur dans la prise en charge de la pollution de l'air par les sociétés contemporaines.

1.2. Le sens de la mesure ordinaire et experte

Il est cependant peu encore question d'appareils ou d'instruments de mesure. Essentiellement basées sur l'examen direct des effets de la pollution sur les êtres vivants, les politiques publiques ne s'équipent que tardivement de capteurs au fondement de l'expertise des solutions et des problèmes. Ainsi, la gestion institutionnelle de la qualité de l'air par les instruments est à la fois récente et marginale. Ses prémisses ne datent que du tournant des 19^e et 20^e siècles (Le Roux, *op.cit*). En réalité, les standards et protocoles d'évaluation redessinent surtout les frontières entre l'air mesuré par les techniciens et l'air public tel que vécu, ressenti, subi par les habitants. Cet air public déborde souvent sinon toujours les dispositifs sociotechniques supposés le contenir. La donnée n'épuise pas la mesure en la réduisant en chiffre ou en graphe. La matière subjective reste nécessaire pour lui assurer sens et pertinence. Ainsi, même matérialisées par des instruments, traduites dans des textes ou en courbes de valeurs, les données ont besoin d'humains pour les faire exister : des yeux pour comparer des opacités, des nez pour émettre un avis, des sensations pour témoigner. Au 19^e siècle à Chicago et dans quelques autres villes des États-Unis, les autorités répondent aux habitants qui se plaignent des effets mortifères de l'air en leur envoyant le nez des enquêteurs chargés de juger, d'évaluer à leur tour la qualité de l'air. C'est nez contre nez que se décide le caractère délétère de l'air (Kiechle, 2017).

L'histoire de la mesure de la qualité de l'air est ainsi faite de ces capteurs empiriques et sensoriels, faits de négociations et de compromissions. Certes, la pollution émanant des usines d'aluminium est calculée par l'entreprise et les instances de régulation administrative. Elle l'est surtout par les plaintes des éleveurs. Les capteurs involontaires du mauvais air sont ici la mort des vaches et la malformation des veaux, l'état de la végétation alentour (Guerin-Henri, 1980). Aujourd'hui encore il est nécessaire de mobiliser un tiers, un huissier ou des pétitionnaires pour faire constater à partir de leurs propres sens l'évidence de la pollution et de ses effets. Le recours à des laboratoires afin de procéder à des mesures reste bien entendu un incontournable de la panoplie de la preuve. Le corps du riverain reste néanmoins le principal capteur du mauvais air. C'est lui que redoute sans doute le plus le responsable d'exploitation industrielle. Les cadrans peuvent bien s'affoler dans l'enceinte de l'usine, il importe surtout que dans les alentours leurs effets ne soient pas ou peu perceptibles.

1.3. La confiance en la mesure

L'usage d'appareils s'avère être un épisode surtout contemporain de l'histoire de la mesure du mauvais air. Il répond au besoin de normalisation des façons légitimes de qualifier, visant l'objectivation des dangers et le calcul des risques. La qualité de l'air s'affirme comme un enjeu économique et politique. Elle commande la régulation des savoirs produits, la conception standardisée d'indicateurs et la réalisation de boîtes noires génératrices de données jugées fiables (Porter, 1995). Au fondement de la confiance, de sa fabrique (Luhmann, 2006), et plus spécifiquement en matière de métrologie (Cotterret, 2021), la normalisation et la certification deviennent d'incontournables dispositifs juridiques, réglementaires et administratifs afin d'agencer le droit et la science (Jasanoff, 2013). L'articulation des sciences de l'environnement et de la politique des agences contribue à la fixation des pratiques comme des processus de légitimation des connaissances sur les effets de la pollution sur la santé (Stradling, 1999). Au demeurant la qualité de l'air fait l'objet d'une attention redoublée de la part de toutes les sciences, permettant dans une large mesure de consolider les connaissances produites par la quantification des phénomènes (OCDE, 1965). La qualité de l'air serait-elle aujourd'hui savamment et suffisamment connue à défaut d'être maîtrisée ? La tendance à la multiplication et au déploiement sous tous azimuts de capteurs par des collectifs de citoyens contredit le fait. S'il y a production accrue de recherches, leur crédibilité ne convient visiblement pas à tout le monde.

L'expertise commande irrémédiablement la contre-expertise. Plus des chiffres sont produits et diffusés, et plus des données alternatives sont exigées. Ce sont autant de justifications d'une implication des publics désirée par les autorités gestionnaires, tant pour réguler ses expressions que pour abolir le monopole de la certitude revendiquée par les seuls experts. Aux côtés d'un tiers secteur scientifique se déploient ainsi des collectifs de contre-expertise. Par bien des aspects, la situation actuelle présente ainsi des similitudes avec le passé. Elle renoue avec des pratiques autrefois courantes de vigie et de contrôle par les populations elles-mêmes, parfois en concertation avec les autorités de régulation. Longtemps la mesure de la qualité de l'air est assurée non par des experts mais par les publics concernés par l'altération de leur environnement : ce sont donc là les premières expressions socio-métrologiques. S'agit-il dans ce cas de produire de la mesure ou du signal d'alerte ? Ainsi, les parisiens deviennent à la fin du 19^e siècle les auxiliaires des autorités dénonçant les industriels contrevenants (Corbin, 1983). Le flot continu des conflits contestant la qualité de l'air témoigne du besoin de prendre la mesure des risques générés par les activités industrielles alors en plein essor. La production de données quantitatives ne concerne cependant que l'épisode le plus récent de cette histoire. Dans plusieurs régions comme Rouen, Lyon ou en Wallonie, la structuration des réseaux de nez, l'élaboration des protocoles de vigie olfactive passent par l'implication de la population.

Il n'y a donc pas eu remplacement d'une époque du sensible qui caractériserait les 18^e et 19^e siècles, par celle data-centrée actuelle, mais un enchevêtrement et une complexification des systèmes perceptifs (jusqu'au désir de *quantified self* dans le domaine de la santé) dont la demande d'équipement s'est accrue à mesure que la pollution se fait de moins en moins visible. Tout cela réclame sinon des capteurs, au moins des

contextes politiques et sociotechniques permettant de renforcer la pertinence des pratiques de mesures citoyennes, distribuées, de la production et diffusion de données.

2. Modélisation théorique des agencements socio-métrologiques : configurations et épreuves

En privilégiant des démarches ethnographiques, il s'agit d'étudier les agencements contemporains de « la mise en participation » traversée par l'impératif écologique et « data ». Inscrivant notre recherche dans une perspective socio-pragmatique et technopolitique (Carmes, 2017 ; Carmes et Noyer, 2014), nous appréhendons la métrologie citoyenne à partir des « épreuves » qui s'expriment. Le problème ou la tension comme épreuve est condition de prise sur la matérialité de la situation (ce qui fait trace) et l'épreuve est condition de l'entendement des rapports de force. Tel que le rappelle B. Latour dans la deuxième proposition d'*Irréductions*, (1994) elle est une exigence de l'analyse empirique et ce, dès son commencement : « (il n'y a que) des épreuves (de forces ou de faiblesses). »

Les agencements de la socio-métrologie de la pollution de l'air mettent notamment à l'épreuve les déplacements, par « retouches participatives » et par « mises en situation de capacitation » (Blatrix, 2009 ; Blondiaux et Fourniau, 2011), d'une démocratie représentative vers une démocratie délibérative. S'instaurent ici des configurations tantôt initiées par des acteurs publics, tantôt par des collectifs citoyens (ou encore des modèles hybrides de coopération), mais qui participent toujours d'une remise en question de la mesure « experte » face à une « mesure profane ». Dans le cas de la pollution de l'air, agissent des acteurs institutionnels – par exemple, en France, les Aasqaa régionales (Associations agréées de surveillance de la qualité de l'air)⁶ et le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA) à l'échelle nationale – ainsi qu'une multiplicité d'autres acteurs : associations militantes, réseau de Tiers-Lieux, acteurs éducatifs etc. Parmi ces derniers, on retrouve des collectifs indépendants fortement investis en Europe dans le développement d'une mesure alternative. Il s'agit d'envisager ces collectifs qui proposent et conçoivent ces métrologies -i.e. des protocoles de collecte jusqu'à la diffusion et l'interprétation de données - en considérant la diversité de leurs expressions et de leurs puissances d'action (Chateauraynaud, Debaz, *op.cit* ; Allard et Blondeau, 2013).

Répondant au nécessaire enrichissement du modèle d'*Arnstein* (Arnstein, 1969) - son focus sur les critères d'intensité et d'étendue de la participation citoyenne – nous proposons une hypothèse de modélisation impliquant une diversité d'épreuves caractérisant les configurations métrologiques distribuées (Figure 1).

⁶ Air Breizh est une des 19 associations de surveillance de la qualité de l'air en France, agréées par le Ministère de l'Environnement. Elles constituent le dispositif national appelé ATMO agréé par le ministère chargé de l'Environnement pour la surveillance de la qualité.

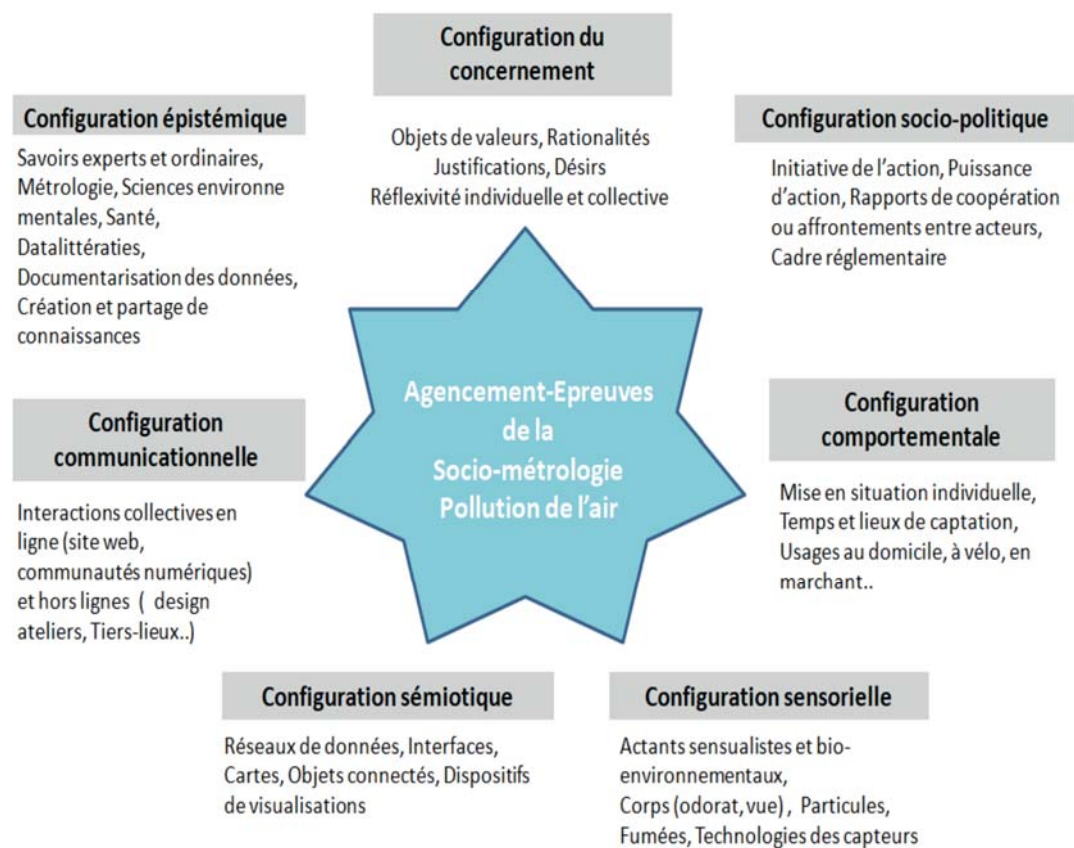


Figure 1. Les épreuves au sein des agencements socio-métrieques des milieux.

Les agencements de la métrologie citoyenne mobilisent et mettent en tension des configurations relevant :

1. de processus de concernement⁷ des citoyens qui mobilisent des registres de justification, des rationalités, des objets de valeurs ou des désirs spécifiques. À chaque fois, les conditions d'engagement (Thévenot) ou d'intéressement (Callon, Latour) croisent la question du rapport à la connaissance- expertise, à la mise en capacité des « profanes », à l'imaginaire technique (tous innovateurs), à l'institution, à l'impératif écologique, à l'anxiété sanitaire.
2. de dimensions socio-politiques qui caractérisent le portage de l'action, les rapports de coopération ou d'affrontements entre les parties en présence (citoyens, acteurs publics et territoriaux, associations, tiers-lieux, Aasqua, professionnels de santé, chercheurs etc.) et la puissance d'agir de celles-ci (y compris d'un point de vue réglementaire ou juridique).

⁷ Concernement comme processus d'implication et d'engagement des publics. Brunet, Philippe. « De l'usage raisonné de la notion de « concernement » : mobilisations locales à propos de l'industrie nucléaire », *Natures Sciences Sociétés* 16 (4) 2008, pp. 317-325. Voir encore la proximité avec les processus d'intéressement de la sociologie de la traduction.

3. de dimensions communicationnelles : celles-ci concernent aussi bien la légitimation et l'incitation à s'engager que les modes d'interactions entre les acteurs au sein des dispositifs mis en œuvre ;

4. de dimensions comportementales caractérisant les pratiques des dispositifs techniques (en l'occurrence ici, des capteurs), qu'ils soient incités, performés, ou ajustés par les participants ; Ici, la question de la conception des situations participatives s'avère notamment majeure.

5. et 6 de dimensions sensorielles et sémiotiques : ce sont non seulement les questions d'interfaces, de productions et de visualisations de données qui sont concernées, mais aussi les actants bio-environnementaux et sensualistes qui agissent ici tels que le corps, la vue, les odeurs. On a alors affaire à des épreuves de traduction, de médiations et d'interprétation liées par exemple aux cartes de pollution, aux indicateurs et aux diverses fonctionnalités des applications associées.

7. de dimensions épistémiques allant de la capacité à produire des données « fiables » jusqu'à la création de connaissances et leur interprétation en passant par une meilleure compréhension de son milieu et des sources de pollution. Cette création d'une littérature éco-citoyenne résulte non seulement des configurations socio-politiques qui les soutiennent mais aussi des choix de mise en participation, de design de celle-ci. Le design de la participation est donc fondamentalement politique incluant une participation démocratique des individus auxquels on attribue, si ce n'est un statut d'expert (Vaajakallio et Mattelmäki, 2007), tout du moins une parole légitime renforcée par la production de données.

Chacune de ces dimensions est potentiellement porteuse de risques pour les projets et constitue des éléments de différenciations entre ceux-ci. Considérant la littérature scientifique sur les approches socio-métrologiques, la configuration épistémique (scientifique et socio-cognitive) de la métrologie citoyenne apparaît ainsi souvent fragile. À la fois démonstration d'un intérêt grandissant pour les questions de pollution atmosphérique et d'une volonté de savoir pour agir, le foisonnement de ces dispositifs interroge cependant le sens et la pertinence de ce qu'ils font. Leur reconnaissance est un enjeu politique majeur. Ils conditionnent en grande partie la réalité d'implication citoyenne au travers des expérimentations démocratiques pour la transition énergétique. La réflexion sur ce point – au-delà des incantations à la participation active des publics concernés – commande de réinscrire dans une perspective pluridisciplinaire la question de leur contribution. De plus, pour nombre des responsables institués de la surveillance de la pollution, ces initiatives n'apportent au mieux aucune information nouvelle. Au pire, elles cultivent la confusion là où la gestion rationnelle des problèmes commande un protocole garantissant la rigueur des dispositifs experts. Enfin, elles tendent à distordre selon eux une réalité entre la perception qu'en ont les populations et l'évaluation métrologique « sérieuse ». Là où la mesure clinique de la pollution sous l'égide des experts mobilise un appareillage procédural et instrumental ne souffrant aucune discussion, des citoyens bricolent des dispositifs existants ou en élaborent de nouveaux. Ils bousculent les cadres légitimes destinés à dire le vrai. Ils disputent aux experts leur fonction de valider rationnellement l'état de la situation à défaut de la contrôler.

Ainsi, les configurations politiques s'avèrent très instables : cohabitent de manière plus ou moins consensuelle, des initiatives « instituées – instituanes » avec une métrologie

autonome, qui pourtant apparaît comme une opportunité majeure d'implication des habitants et de constitution de « Communs de la connaissance » (Coriat, 2015). Il convient encore d'examiner les figures de cette mise en participation reliée ou non à des institutions (ONG, associations locales...), à des organisations publiques (collectivités territoriales, réseaux de recherche...) ou à des tiers-lieux (Labo citoyen, Fablabs, Hackerspaces, etc.). Ces différentes configurations conditionnent le degré de pertinence, la force des initiatives et le maintien dans le temps d'une motivation des habitants volontaires. Il nous faut donc suivre la conception des situations de métrologie citoyenne, leurs ingénieries et l'action des objets techniques, des actants sensoriels, des données, de leurs sémiotiques, mais aussi les processus performatifs à l'œuvre, l'avènement d'une mesure indépendante de l'acteur public, les batailles officieuses ou frontales, et s'attacher alors à tracer les épreuves et à tracer les assemblages ainsi constitués.

3. Étude exploratoire sur les pratiques de mesure de qualité de l'air : configuration participative des ateliers de métrologie citoyenne et des Tiers Lieux

3.1. Présentation des Tiers-Lieux étudiés

Les termes et appellations sont nombreux pour désigner ces nouveaux lieux collaboratifs de socialisation où la culture du « faire » et du bricolage est reine : *hackerspaces, makerspaces, living labs, Fablabs...* Michel Lallement insiste sur la difficulté, voire l'impossibilité, d'espérer « fournir une définition substantive claire et délimitée pour chacune de ces formes » (Lallement, 2015, p. 38). Ce qu'il faut retenir de ces lieux « tiers » ou « intermédiaires », dans le sens où ils n'appartiennent ni à la sphère professionnelle ni à celle personnelle (Oldenburg, 1999), c'est qu'ils offrent un espace communautaire, où des individus peuvent se rencontrer et travailler sur leurs projets de fabrication, partageant des ressources (machines, outils, matériaux, connaissances, information...) et des valeurs souvent issues de l'éthique hacker (libre coopération, liberté d'échanges de l'information et des connaissances, importance de la *do-ocratie...*) (Lallement, 2015). Bien que souvent orientés vers la fabrication numérique, ces tiers-lieux, et les Fablabs parmi eux, sont ouverts à tous, néophytes comme experts, pour expérimenter, apprendre, fabriquer ensemble et partager les savoir-faire (Nedjar-Guerre et Gagnebien, *op.cit*). La philosophie de ces lieux repose, en grande partie, sur l'apprentissage par le « Faire » (Make to Learn) avec l'objectif de faire, de refaire, de défaire et de mettre à disposition de la communauté des outils et des méthodes de production (Suire, 2016). Ces espaces collaboratifs connaissent une expansion sans précédent dans le monde, depuis le début des années 2000, en Europe et aux États-Unis principalement, mais aussi en Amérique du Sud, Asie et récemment en Afrique subsaharienne. Parmi eux, le réseau des Fablabs, initié par celui du MIT au Center for Bits and Atoms sous la houlette du professeur Niel Gershenfeld en 1998, recense aujourd'hui 1 750 Fablabs répartis sur plus de 100 pays dans le monde. L'inscription dans le réseau Fablab du MIT engage les structures à respecter un certain nombre de règles de fonctionnement dont l'ouverture obligatoire au public, la formation par l'apprentissage, seul et avec autrui, la contribution à la documentation et aux connaissances des autres usagers du lieu dans une perspective de partage étendu. S'il y a une convergence des Fablabs sur ces grands principes, leurs positionnements et donc le type d'actions menées peuvent varier. Certains, mettront l'accent sur la création et la mise en relation de connaissances : « espace d'expérimentation par le bricolage » (Lhoste & Barbier, 2016,

p. 44), le Fablab permet le flux d'échanges de connaissances entre des individus qui apportent créativité, démarche exploratoire et des acteurs plus institutionnels qui mettent à disposition encadrement, capacités de production et potentiellement, une audience mondiale dans le contexte du réseau des Fablabs (Suire, 2016). En raison de leur caractère ouvert, faiblement ou non réglementé, les Fablabs peuvent être considérés comme offrant un « bizarre bazar » pour l'échange, la fabrication et la création de connaissances (Haldrup *et al.*, 2018). D'autres, sur l'intermédiation, dans cette optique, l'espace du Fablab ainsi que les responsables du lieu jouent un rôle d'intermédiaires, essentiel au processus d'institutionnalisation (Lhoste et Barbier, 2016 ; Fonrouge, 2018). Pour Suire (2016), le Fablab représente ainsi un *middleground* (Cohendet et al., 2010), un espace intermédiaire qui permet de faire le lien entre l'*upperground*, des acteurs institutionnels (entreprises, collectivités, acteurs publics...) et l'*underground*, où l'on trouve des acteurs de taille plus petite, souvent isolés, les « makers », constituant une périphérie foisonnante et exploratoire qu'il est difficile d'approcher sans la présence de ce *middleground*. Enfin, c'est le souhait de création d'une capacité d'action (d'*empowerment*) de ses membres qui peut constituer la motivation première du dispositif. Il s'agit de (re)prendre le pouvoir sur leur capacité d'apprentissage et sur leur rapport aux institutions. L'objectif de nombreux Fablabs est de dépasser ce bricolage technologique - auquel on les réduit souvent – pour inventer de nouvelles formes de conception urbaine et sociale (Nedjar-Guerre et Gagnebien, 2015). Lieu d'expérimentation d'innovation sociale, le Fablab permet aussi de créer du lien social dans des espaces qui en manquent (Nedjar et Gagnebien, 2015). Pour certains, le Fablab est aussi un lieu de « démocratisation de l'innovation » (Blikstein, 2013) car il offre à chacun la possibilité d'inventer, de créer, de modifier des objets en utilisant des outils de design et de production high-tech qui permettent d'atteindre des standards élevés.

Dans cette étude, nous avons observé trois Fablabs adhérant à la charte Fablab (MIT) et ayant chacun développé un programme de métrologie citoyenne de la qualité de l'air : le réseau rennais des LabFabs, le OK Lab de Stuttgart en Allemagne et Communautique à Montréal, Canada. Entre 2019 et 2020, nous avons assisté à plusieurs ateliers de montage de capteurs à Rennes et mené une série d'entretiens auprès des Fabmanagers des trois Fablabs étudiés⁸. Pour les deux premiers, le principe est de favoriser l'utilisation de capteurs à bas coûts de particules fines (PM 2,5 et PM10) qui, une fois installés à l'extérieur du domicile et connectés au réseau internet, permettent de visualiser la qualité de l'air à partir des données envoyées sur le serveur du Ok Lab de Stuttgart (projet Lufdaten renommé en 2020, sensor-community). En ce qui concerne le projet Canari de Montréal⁹, l'approche est légèrement différente puisqu'elle ne se focalise pas seulement sur la mise en place des capteurs mais surtout sur le développement de contenus de formation et de pratiques de création et d'appropriation des données locales pour la résolution d'enjeux urbains, comme la qualité de l'air. Les capteurs utilisés ne sont pas les mêmes que ceux de Stuttgart ou Rennes du fait de problèmes d'approvisionnement (absence de ventilateur intégré).

⁸ Les observations d'ateliers ont été menées à l'occasion de cinq événements principaux, les entretiens ont été réalisés sur place avec le réseau Labfab de Rennes. Pour Communautique, des entretiens à distance et à Montréal ont été organisés en 2019 et des ateliers sont prévus au second semestre 2021. Les échanges avec Lufdaten-Sensor Community ont principalement eu lieu à distance avec les responsables entre 2019 et 2020.

⁹ Projet Canari <https://wikifactory.com/+echofab/projet-canari>

3.2. Analyse comparative des trois actions des Fablabs

En appui à notre modèle précédemment présenté et à partir de cette phase première de recherche, sont ici examinées, en synthèse, les principales configurations de ces initiatives.

3.2.1. Configuration socio-politique

La gouvernance de ces Fablabs est relativement variable d'une structure à une autre, avec un niveau d'institutionnalisation plus ou moins fort. Ainsi, le réseau étendu des LabFabs sur Rennes (16 entités concernées), s'est constitué progressivement, à partir d'une première initiative portée en 2012 par la Métropole puis transformée en 2017 en une association élargie reliant différents Tiers-Lieux du territoire. La collectivité territoriale est liée par contrat avec chacun des LabFabs. Elle soutient certaines actions transverses mais le réseau n'est pas financé directement par celle-ci et elle n'est pas présente au conseil d'administration. À Montréal, Communautique est un autre exemple intéressant de Fablab, indépendant des acteurs publics dans sa gouvernance tout en étant un acteur institutionnel incontournable de la formation aux nouvelles technologies des communautés et citoyens potentiellement exclus. Enfin, via son programme Sensor-Community (anciennement Luftdaten), le OK Lab de Stuttgart se positionne, quant à lui, comme un acteur indépendant, libre de tout financement public, tout en étant reconnu par les institutions de la ville qui demandent régulièrement à ses représentants de participer aux discussions sur l'open data. Les coopérations et échanges entre le Lab, la ville et le Land sont variables, mais on ne peut pas ignorer l'influence de la démarche : en effet, une action de journalistes a récemment soutenu l'installation d'un capteur Luftdaten à côté d'un capteur officiel et début 2019, les responsables politiques de Stuttgart ont pris la décision d'interdire le Diesel en centre-ville. De même, la judiciarisation des questions de pollution de l'air tend à s'intensifier¹⁰, la fabrique du droit - attachée aux agencements métrologiques - étant elle-même ici à étudier dans ses liaisons à la fois internationales et micro-locales¹¹.

¹⁰ L'association Respire investit cette thématique en faisant connaître notamment les zones en dépassement de limites autorisées et en engageant à l'interpellation des élus ou à actions en justice. En 2019, l'association a utilisé l'open data Air Paris pour en donner une visualisation sur la qualité de l'air dans les écoles parisiennes jusqu'à l'interpellation directe des maires. <https://www.respire-asso.org/>

¹¹ En France, chacun le droit de respirer un air qui ne nuise pas à sa santé et d'être informé de la qualité de l'air qu'il respire. Loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30 déc. 1996.

	OK LAB STUTTGART	Réseau LABFAB	COMMUNAUTIQUE
Lieu d'implantation	Stuttgart, Allemagne	Rennes, France	Montréal, Canada
Date de création	2014	2012	1995
Statut/ Gouvernance	Associatif. Fait partie d'un réseau de 26 labs répartis dans 14 régions d'Allemagne. Créé dans le cadre du projet Code For Germany de la Fondation Open Knowledge Germany.	Association loi 1901. Le LabFab est le projet collaboratif de Laboratoires de Fabrication numérique sur Rennes Métropole 16 Fablabs sur Rennes (réseau étendu impliquant également des universités).	Associatif. Mode de gestion participative. EchoFab, 1er Fablab au Canada, fait partie de Communautaire Adhésion à la charte Fablab (MIT Media Lab)
Mission principale	Développer et accompagner les initiatives dans le domaine de la transparence, des données libres et des sciences citoyennes.	Réseau et communauté de pratiques, d'acteurs de la fabrication numérique et de la transition du territoire. Démocratiser les usages et les pratiques liés à la fabrication numérique. Professionnaliser et accompagner les porteurs de projets. Développer des projets et solutions en faveur des grands enjeux durables.	Lutter contre l'exclusion sociale. Soutenir la participation citoyenne en favorisant la maîtrise de l'information, l'appropriation des technologies de l'information et des communications et la contribution à leur développement.
Métriologie citoyenne	Projet Luftdaten / Sensor Community - https://sensor.community/en Lancé en 2015 avec un premier détecteur mais réel lancement fin 2016 suite à une campagne de crowdfunding qui leur permet de financer la mise en place de 80 capteurs. Dissémination rapide dans la région de la Ruhr (très industrielle et très polluée). Aujourd'hui, l'initiative a essaimé dans 71 pays : 14 000 capteurs actifs (agrégation des données sur leur serveur et visualisation).	Projet "Capteurs environnementaux" http://www.labfab.fr/ Lancé au printemps 2018, avec l'organisation d'ateliers de montage de capteurs de type "Lufdaten" dans les différents Fablabs du réseau rennais et sur toute la région Bretagne. Animation d'une vingtaine d'ateliers Création fin 2018 d'un collectif citoyen « Capteurs Citoyens & Environnement » pour permettre à la communauté rennaise d'échanger sur le capteur de qualité de l'air Sensor Community de Stuttgart	Projet Canari https://www.communautaire.quebec/ Lancé à l'automne 2020, ce projet vise à donner aux citoyens des outils et des connaissances pour « prendre actions sur le changement climatique ». Processus d'apprentissage en boucle : démarre par une marche de sensibilisation à l'environnement et sa pollution, se termine par une mise en action via des solutions trouvées par les participants en passant par la construction des capteurs et l'apprentissages de la mesure des données collectées.

3.2.2. Configuration du concernement

Se distinguant par son portage et son déploiement, l'initiative « Luftdaten/Sensor-Community » a été lancée en 2015 au sein du OK Lab de Stuttgart et par le projet « Code for Germany » de l'Open Knowledge Foundation. Ce ne sont que quelques personnes fortement investies dans la promotion de l'Open data et de l'open source – des profils plutôt « geeks », communicants et un métrologue à la retraite – qui vont ainsi concevoir

un dispositif pour amplifier le libre accès aux données publiques. Ville berceau de l'industrie automobile allemande, la pollution aux particules fines (PM 2,5 et PM10)¹² s'est avérée une thématique à fort potentiel d'intéressement de la population pour le Ok Lab de Stuttgart. Les mesures officielles (trois capteurs dans la ville et six au niveau du Land) communiquent fréquemment des pics de pollution importants. Le principe est de doter des habitants volontaires de capteurs fixes, faciles à monter et installés aux abords de leurs logements. Le mot d'ordre : « mesurer de manière indépendante la qualité de l'air et transformer les particules en données libres ». Le Lab s'investit actuellement sur des projets relatifs à des mesures de dioxyde d'azote (NO₂) – liées à la pollution routière et à la production d'énergie - et à des mesures du bruit.

La coopération et les échanges de retours d'expérience au sein des Fablabs ont permis aux acteurs de la Ville de Rennes de se saisir du sujet : initié dès le départ par le service du numérique de la collectivité, des événements d'utilisation sur une durée déterminée d'un capteur mobile (dispositif *Ambassad'Air*) ont été organisés par la Maison de la Consommation et de l'Environnement soutenu par la direction de la Santé de la ville, mais une multitude d'autres actions ont été menées dans le même temps par le réseau de Fablabs rennais, ainsi que par des associations essaimant sur le grand Ouest. Des ateliers d'information et de montage de capteurs sont ainsi régulièrement animés, indépendamment des actions de la collectivité. Sur ce territoire, la mise en avant de la matérialité du « capteur » peut laisser à penser que les plus motivés seraient férus de technologies et de cartes *Arduino*. Si ces derniers constituent des publics classiques des ateliers en Fablab, l'association avec d'autres démarches hors du tiers-lieux et l'organisation de mises en situations diverses, favorisent une plus grande hétérogénéité des profils de participants qui, de plus, peuvent mobiliser en même temps plusieurs registres de justification différents. On constate une grande hétérogénéité des motifs de concernement des participants¹³ : la fabrication et l'expertise technique (profil plutôt « geek », autres responsables de tiers-lieux), les conditions d'une pratique sportive (joueur, cyclistes), l'intérêt sanitaire collectif (l'impact de la qualité de l'air sur la santé), l'idéal réformateur critique (proposer des contre-mesures), l'urgence écologique (alerter les politiques), l'intérêt pédagogique (monde éducatif). Cela laisse supposer qu'une initiative soutenue par le prétexte du « capteur » peut permettre un élargissement des publics. Et de même, par le lieu de mise en situation, les initiateurs de l'action trouvent ici une opportunité pour hybrider des profils, pour dépasser un entre-soi hérité. Ainsi, les tiers-lieux que sont les Fablabs peuvent à cette occasion s'adresser à des populations ayant des caractéristiques autres que l'idéal-type du « geek ».

¹² Les particules PM10, de taille inférieure à 10 µm (6 à 8 fois plus petites que l'épaisseur d'un cheveu ou de la taille d'une cellule) et les particules fines ou PM2,5, inférieures ou égales à 2,5 µm (comme les bactéries) pénètrent dans l'appareil respiratoire. Elles ont plusieurs origines : les rejets directs dans l'atmosphère liés à l'industrie, le trafic routier, les brûlages de déchets verts, le chauffage (dont le chauffage au bois) ; les remises en suspension des particules qui s'étaient déposées au sol sous l'action du vent ou par les véhicules le long des rues ; la transformation chimique de gaz. À l'échelle de l'UE, la production de particules fines est issue en premier lieu des « activités commerciales », des « activités des ménages » ainsi que de la « production industrielle » et du transport routier, selon l'AEE. Source :

<https://www.touteleurope.eu/actualite/la-qualite-de-l-air-en-europe.html>

¹³ Rapport de recherche ACTE - Appropriation et Communs de la transition énergétique, Programme Cit'IN, mai 2020 (Carmes *et al.*, 2020)

À Montréal, le déploiement très récent du projet Canari (qui s'appuie donc sur une configuration sémiotique spécifique et historique)¹⁴, avec seulement deux ateliers mis en place du fait notamment de la crise sanitaire survenue au moment du lancement, ne permet pas encore d'analyser en profondeur les motifs de concernement des participants. Toutefois, le positionnement affiché de Communautique contre l'exclusion sociale et pour un soutien des populations à l'échelle du quartier oriente fortement la sélection des participants aux ateliers. À la différence des deux autres Fablabs, les ateliers Canari sont plutôt accessibles à un public sélectionné : lors d'un premier atelier mené en juillet 2020, en ligne, dans le cadre du FABx Live¹⁵, ils ont rassemblé des membres de l'Echofab et tous ceux inscrits en ligne dans le cadre de l'événement. Les ateliers suivants se sont plutôt concentrés sur de jeunes adultes inscrits dans le programme CNJ – Compétences numériques pour les jeunes – financé par le gouvernement canadien et visant à développer les compétences numériques de cette population en décrochage. L'objectif de Communautique est d'utiliser ce projet Canari pour sensibiliser deux types de population : les adhérents du Fablab élargis aux citoyens du quartier et les jeunes dans le cadre du CNJ.

3.2.3. Configuration épistémique

Les trois Fablabs jouent un vrai rôle de traducteur de connaissances, *a minima* technique, en facilitant l'appropriation des connaissances sur des capteurs de pollution de l'air. Le réseau de capteurs sensor.community est l'un des plus importants en Europe (plus de 14 000 capteurs de particules fines à février 2021) : la force de cette initiative provient notamment de la convergence sur une même carte de tous ces points de données, du développement d'une approche communautaire internationale et du travail de légitimation des données « profanes » (par exemple tests des capteurs avec l'Atmo Nouvelle Aquitaine en 2020, reprise des données du réseau sur la plateforme officielle du ministère de la santé et de l'environnement des Pays-Bas). Car en matière de création de connaissances, la fiabilité des données est sans surprise une expression majeure du rapport de force qui peut se développer entre les Fablabs et les autres acteurs du territoire, « garants » d'une mesure légitime. C'est l'épreuve de vérité de la métrologie citoyenne : se confronter à la mesure « officielle ». Cette intervention d'un participant à un atelier du Fablab de Rennes soutenant la démarche « capteur » face à l'Asqaa est un exemple de débat qui mobilise également les dimensions sémiotiques : *« la carte Air Breizh présente une moyenne de plusieurs capteurs. On finit par repérer les données fausses ou vraies. Une autre façon de les détecter c'est de lire les mesures d'humidité et les particules fines. Si on n'a pas de variation c'est que c'est en intérieur. C'est surtout par la température*

¹⁴ L'objet Canari (ici, une boîte en bois en forme de Canari fabriqué au sein de Communautique) emprunte à l'image du « canari sentinelle » : « Au 19^e siècle, alors que l'exploitation des mines de charbon battait son plein, il était fréquent de retrouver, au fond des mines, un canari. Très sensible aux émanations de gaz toxiques, impossibles à détecter pour les hommes ne bénéficiant pas des équipements modernes, le petit oiseau jaune servait d'outil de référence. Ainsi, lorsqu'il mourait ou s'évanouissait, les mineurs se dépêchaient de sortir de la mine afin d'éviter une explosion ou une intoxication imminente. » <https://wikifactory.com/+echofab/projet-canari>

¹⁵ En raison de la pandémie, Communautique n'a pas pu accueillir fin juillet 2020 la communauté mondiale des Fablabs lors de l'événement fédérateur Fab16/FabCity. Ils ont transformé l'événement en conférences et ateliers en ligne sur cette même période et l'ont renommé FABx Live.

que l'on repère. Si ce qui sort du capteur est mauvais, tout est discrédité. Alors avec nos capteurs, on a pu valider la comparaison avec Air Breizh. » La question des protocoles (plus ou moins formalisés) est aussi soulevée : « Quand on regarde la carte, on voit que des gens mesurent à l'intérieur de la maison. Ça fausse un peu les points de la carte ». D'autres discussions peuvent encore porter sur la cindynique de la pollution, sur l'appréhension du risque, les bons comportements ou sur l'information scientifique. Extrait d'une discussion ¹⁶ : Alain : « l'intérieur est composé de CO₂ » ; Sylvie enchaîne : « on peut atteindre 700 de CO₂ en une journée alors imaginez une salle de classe, une salle de réunion ». Henri : « à l'extérieur ce n'est pas terrible, mais à l'intérieur c'est pire ! » ; « Il faut nettoyer tous les mois les VMC » renchérit un autre. « Il faut ventiler chaque jour ». Et par ailleurs, c'est aussi une demande très forte de meilleure connaissance des pollutions, de leurs sources et de leur impact, qui s'exprime. À travers cet échange proche d'une métrologie ordinaire, s'impose la nécessité d'une véritable consolidation des connaissances sur la pollution, condition de la pérennité de la socio-métrologie et d'un enrôlement plus large des habitants.

3.2.4. Configuration communicationnelle et participative

Le positionnement souhaité par chacun des Fablabs se traduit par des choix d'actions et d'ingénierie participative. Ainsi, si les trois Fablabs conservent le positionnement classique « lieu de bricolage » (Lhoste et Barbier, *op.cit*) et d'expérimentation, l'investissement d'un registre plus politique et donc de capacités d'action face aux enjeux environnementaux, peut varier. Les projets allemands et canadiens apparaissent davantage portés, pour le premier, par la nécessité de créer de nouvelles connaissances sur la qualité de l'air pour fonder des revendications auprès de l'acteur politique jusqu'à parfois un acquis de légitimité ouvrant à une hybridation des données ¹⁷, et pour le second, par une ambition d'innovation sociale et environnementale. Ces deux Fablabs vont alors concevoir des dispositifs d'interaction permettant de créer de véritables communautés d'intérêts et d'actions soit entre utilisateurs de capteurs, soit entre *fabmanagers* qui tiennent alors le rôle de *knowledge broker*. Dans d'autres cas, l'accent n'est pas tant mis ici sur une nouvelle intelligence collective environnementale que sur des compétences technologiques et instrumentales. C'est ce qui sera questionné ci-après dans la description d'ateliers réalisés sur l'ouest de la France.

Par ailleurs les LabFabs de Rennes, comme le OK Lab de Stuttgart ou Communautique à Montréal, adoptent de fait un rôle de *middleground*, un espace intermédiaire qui permet d'accueillir et de rassembler des individus, très disparates en termes de profils, qui ne se seraient jamais rencontrés sans les événements mis en œuvre par les Fablabs. Dans le cadre des actions rennaises, les LabFabs proposent régulièrement des ateliers d'assemblage de capteurs Luftdaten, et l'organisation d'un rendez-vous régulier 2 fois par mois (un Open Lab) afin d'aider les utilisateurs à surmonter les difficultés rencontrées dans la mise en route des capteurs. Le OK Lab propose aussi régulièrement des ateliers de montage Luftdaten, les 2^e mardis du mois, dans le *Shakespace*, un Fablab « perdu dans une zone industrielle de Stuttgart ». Sur son projet « Canari », Communautique a

¹⁶ Les prénoms ont été modifiés.

¹⁷ En 2021, le RIVM (ministère de la santé et de l'environnement) des Pays-bas, envisage la reprise des données de Sensor.Community sur la plateforme officielle.

délibérément choisi de développer un programme de formation complet, sur plusieurs séances alliant temps de montage au sein de l'Echofab, marche à l'extérieur pour sensibiliser à la pollution de l'air et tester les mesures ensemble, analyse collective des données. Il y a là une volonté affichée de créer un commun de connaissances.

3.3. Focus sur un cycle d'ateliers de métrologie citoyenne : approche ethnographie des ateliers du Réseau LABFAB Rennes (2019-20)

Cette observation des ateliers de métrologie citoyenne du réseau Labfab de Rennes (2019-2020) a été conduite dans le cadre d'une démarche exploratoire visant à examiner les différentes configurations en jeu, à appréhender les méthodes de « design participatif ¹⁸» mobilisées (au-delà des intensités et étendues de la participation) ¹⁹ et la création de ce que nous décrivons en tant que littérature éco-citoyenne. Une de nos hypothèses est que le processus de littérature éco-citoyenne s'acquiert à chaque étape de l'expérience de métrologie et qu'elle est ainsi mise en action tout le long de la démarche et les différentes littératures constitutives des pratiques de socio-métrologie diversement mobilisées pour l'utilisation des CivicTech ²⁰. De façons sous-jacentes, il s'agit de comprendre comment le design participatif mis en œuvre soutient le développement d'une culture éco-citoyenne à travers des dispositifs hétérogènes qui associent des décideurs et des citoyens ni experts de la technique, ni de la politique du débat sur la décision politique (Nez, 2006). En effet quel est le niveau de participation ? Quel est l'apport des ateliers pour les citoyens ? Sur quelles méthodes s'appuient-ils ? Comment sont développées les compétences nécessaires à l'appropriation du dispositif par les citoyens ?

Dans cette recherche exploratoire, les modalités d'enquêtes se sont essentiellement basées sur des méthodes qualitatives (entretiens, observation, ateliers) qui s'inscrivent dans une démarche compréhensive d'analyse des pratiques en situation (concernement, motivations de participation, engagement, perception, montage du capteur etc.). Cette recherche effectuée sur le territoire de Rennes Métropole s'étend à un ensemble d'actions sur l'ouest de la France investies suivant différentes modalités (ateliers, rencontres,

¹⁸ Le design participatif est une approche interdisciplinaire de développement de méthodes de conception de la participation basé sur la coopération (Sanders, 2002). Elles ont d'abord émergé dans les années 80 en Scandinavie sous l'impulsion du Syndicat des Graphistes Nordiques (NGU) qui face à la numérisation du travail venue transformer les métiers de la chaîne graphique (Ehn, 1993) ont permis de co-construire de nouvelles façons de travailler. Le design participatif (qu'on retrouve dans le co-design, le design thinking, l'UX design, le design centré utilisateur, etc.) s'hybride avec d'autres méthodes issues de la sociologie (entretien), psychologie (collectif), et de l'anthropologie (ethnographie) afin de modéliser les discours et les actions (Sanders, 2000).

¹⁹ Nous considérons que le modèle de l'échelle d'Arnstein (3 niveaux répartis en 8 catégories de pratiques) est à envisager selon les agencements complexes et les différentes articulations entre les configurations énoncées. Les catégories d'Arsntein, comme le design participatif choisi, en sont donc le produit. Cette échelle permet l'évaluation de la participation citoyenne d'analyser la manière dont les pouvoirs publics informent les citoyens et l'intensité de la délégation de pouvoir consentie au citoyen par les décideurs. La non-participation (manipulation et thérapie) ; la coopération symbolique (information, consultation et apaisement) ; la participation (partenariat, délégation, contrôle).

²⁰ Technologies à visée citoyenne mobilisées dans un dispositif soit « top-down » créé par un acteur public (on parle alors de GovTech), telles que des plateformes de consultation, de votes (exemples : budget participatif, urbanisme participatif), soit dans un dispositif bottom-up, créé par les citoyens eux-mêmes (exemples : pétition en ligne, financement participatif).

événements, etc.). Les ateliers se sont déroulés à Rennes ou ailleurs dans le département et également à Nantes. Le dispositif choisi est celui de Sensor Community dont l'objectif est de développer et d'accompagner les initiatives dans le domaine de la transparence, des données libres et des sciences citoyennes. Les ateliers d'une durée de 2 heures se déroulent sur différentes séquences temporelles qui constituent la mise en participation :

- Phase 1 : Ouverture sur la présentation de l'atelier et des enjeux environnementaux
- Phase 2 : Montage du capteur avec l'appui de l'animateur
- Phase 3 : Connexion du capteur avec le wifi
- Phase 4 : Visualisation des premières données sur le serveur Luftdaten-Sensor-community
- Phase 5 : Fabrication d'une boîte de protection du capteur conçue au Fablab (machine de découpe laser du bois)
- Phase 6 : Clôture



Atelier de montage de capteurs – Makers, Nantes 07/2019

3.3.1. Les ateliers : primat des compétences techniques

Lors des phases 1 et 2, seule une partie des individus dont le profil est plus technique, réussit le montage du capteur sans difficultés. Mais pour d'autres, s'expriment des craintes liées aux compétences techniques, instrumentales et procédurales nécessaires au montage, à l'interprétation du schéma de montage, à l'appariement du capteur au wifi de son domicile. L'équipe d'animation ²¹ assiste alors les participants en expliquant « qu'un enfant de 8 ans peut le faire ». Les encadrants de l'atelier s'appuient sur une rigoureuse préparation en amont qui guide techniquement les individus (plaquette d'information sur les particules fines et schéma de montage sont fournis). L'appropriation technique s'opère donc précisément par ce travail d'explication et de vulgarisation proposé par l'équipe d'animateurs de l'atelier. À la fin des ateliers, les participants sont enthousiastes : « *Je pars avec mon capteur !* ».

Si cet appui à la technique constitue un enjeu important, car la réussite du montage du capteur conditionne la poursuite de la pratique sur le long terme (à domicile), il tend néanmoins à prendre le dessus et à passer sous silence les enjeux sociopolitiques, sanitaires, territoriaux, de la qualité de l'air. Les informations sur les Particules fines (PM)

²¹ L'équipe est composée d'agents de Rennes Métropole spécialiste de la fabrication numérique.

sont très peu débattues au cours des ateliers, au profit de discours qui réduisent ces pratiques à la technique. De la même manière, la démarche de vulgarisation qui s'inscrit dans une volonté de simplification des étapes du montage programmation du capteur contribue à faire des capteurs des boîtes noires qui ne permettent pas d'en comprendre précisément leur fonctionnement. La dimension métrologique par exemple, contingente à toute construction d'un instrument de mesure et à toute mesure, n'est pas abordée directement. Les principes métrologiques tels que l'étalonnage, le calibrage, l'incertitude, participent pourtant à fournir les grilles de lecture indispensables à l'analyse, à l'interprétation des données collectées, et conditionnent le degré de confiance qu'on leur attribue. La question de la confiance est d'ailleurs régulièrement posée par les participants qui soulèvent des préoccupations relatives à la sécurité des données personnelles ainsi qu'à la fiabilité des mesures et des capteurs. Néanmoins, malgré ces débats sur la « fiabilité » des mesures (argument récurrent des décideurs publics), les comparaisons entre dispositifs « officiels-non officiels » montrent souvent une convergence et la participation de chercheurs ainsi que de métrologues aux initiatives indépendantes tendent à renforcer la pertinence des démarches « profanes ». L'Université John Hopkins consacre par exemple depuis 2007 une revue aux travaux dédiés à l'implication des publics concernés par les recherches sur les questions de santé dont les recherches sur la qualité de l'air mesurée à l'aide de capteurs citoyens. *Progress in Community Health Partnerships* affiche de cette façon une triple vocation de recherche, d'éducation et d'incitation aux pratiques d'action. Ce ne sont donc pas tant les processus de production de données, même si les caractéristiques techniques des capteurs, leur étalonnage etc. restent une condition majeure de crédibilité, qui sont à discuter à l'avenir, que les moyens d'interprétation de celles-ci.

3.3.2. La visualisation des données : une sémio-politique à inventer

Après les ateliers, les individus peuvent appareiller leur capteur au wifi de leur domicile, envoyer leurs données en temps réel sur le serveur Lufdaten, quelques jours après, les visualiser sur une carte. Les mesures de qualité de l'air sont ensuite restituées et visualisées à partir des interfaces numériques (courbes de données brutes et cartographies de la plateforme sensor.community). Dans un 1^{er} temps de visualisation, quand le serveur Lufdaten reconnaît le capteur pour la première fois, et commence à tracer la courbe à partir des premières données, des « pulsations », « celui-ci prend vie ! ». La première visualisation des données produites concrétise la conscientisation de s'appropriier un processus dans sa globalité. Mais dans un second temps, quand les données sont plus nombreuses, la difficulté à interpréter les données chez eux est souvent soulevée par les citoyens. La plateforme de visualisation de Lufdaten propose des graphiques rudimentaires restituant les données produites par le capteur, mais les données collectées donnent lieu à un affichage de courbes d'évolution temps réel (et jour/mois/année) des PM « obtenues » par leur capteur sans comparaison possible et les données ne sont pas directement manipulables à moins de passer par l'API de la plateforme. Or, cette dernière possibilité demande des connaissances spécifiques en informatique.

De la même manière, l'identification du capteur auprès de l'administrateur et des données associées à un seuil de gravité, géolocalisées et restituées sur une carte mondiale, ne donne aucune précision sur les seuils légaux ou recommandés autour du domicile.

Cette démarche n'est pas le simple résultat d'un choix graphique. En arrière-plan, cette sémiotique visuelle est contrainte. Comme l'explique un des responsables de la plateforme Open source SensorCommunity, « *En indiquant en rouge par exemple, la norme officielle, la compréhension serait meilleure, on pourrait comprendre immédiatement, mais ce n'est pas possible. En Allemagne le risque de la comparaison aux mesures officielles est de déclencher des réactions des institutions publiques et de mettre l'association en difficultés* » (entretien SensorCommunity, 09/2019). Les enjeux de sémiotisation de pollution de l'air sont essentiels. Des interfaces agencées actuellement pour des spécialistes devraient davantage se centrer sur le développement de facilitation graphique en vue d'un usage citoyen devenu indispensable pour une appropriation des données et leur interprétation. À cet égard les travaux sur la « physicalisation des données » (Jansen et al, 2015) pourraient permettre de rendre compte d'une pollution sensible dont les interfaces, et plus largement le numérique, peuvent augmenter la tangibilité. L'enjeu sémiotique, à savoir une visualisation des données et donc une objectivation de la pollution (voir par exemple, les mobiliers urbains connectés informant sur la qualité de l'air ou sur le taux de pollinisation) est certes incontournable, mais les ambitions de la métrologie citoyenne vont au-delà. Dans tous les cas, se conçoit ici une sémio-politique complexe des milieux articulant actants sensoriels et sémio-cognition.

3.3.3. Le dispositif à domicile : l'écueil de la participation citoyenne

Les entretiens menés dans le cadre de cette recherche montrent que si les participants les plus engagés consultent leurs données peu après l'installation du capteur, par la suite ils le font de plus en plus irrégulièrement. Pour certains, la portée politique des données de l'air, la mise en débat de celles-ci, conditionnent le maintien de la dynamique :

« Certains sont déçus car ils voudraient montrer la pollution et faire des manifestations ensuite. »

« C'est bien d'alerter, mais ça ne suffit pas, si ce n'est pas suivi, il n'y a pas de retours et de discussions publiques possibles ²² ».

Le dispositif de suivi et de soutien aux interactions après les ateliers varie selon les initiatives de métrologies citoyennes. Cela implique un design participatif nécessitant des moyens pour animer des groupes de personnes dans le temps long et pour co-construire un débat autour des données ainsi collectées, y compris avec les pouvoirs publics. Toutefois, si certains acteurs de ces démarches organisent des réunions après les ateliers, peu de citoyens y participent et il s'agit le plus souvent de rencontres réunissant des profils techniques venus parler informatique et électronique, ce qui favorise un certain entre soi. L'assistance du réseau SensorCommunity permet de fournir des informations sur les capteurs, sur sa déconnexion par exemple, mais, jusqu'à l'année 2020, il n'existait pas de systèmes de communication entre utilisateurs et les connaissances ainsi produites ne pouvaient être évaluées. Comme le souligne un responsable du réseau, la communication directe avec les citoyens utilisateurs de la plateforme pose des difficultés, car au plan juridique il n'y a pas la possibilité de recontacter des personnes via leurs données personnelles collectées sur la plateforme.

²² Verbatims, Atelier de montage de capteurs de mesure de qualité de l'air - Nantes 2019.

3.4. Analyse d'ateliers de métrologie citoyenne : du montage du capteur au débat public sur la qualité de l'air

3.4.1. Construire des configurations participatives de la qualité de l'air basées sur le développement des littératies éco-citoyennes

Les initiatives de métrologie citoyenne mettent ainsi à l'épreuve différentes configurations participatives qui, même si elles sont présentées comme promesse de « mise en capacité » nouvelle des habitants vis-à-vis de la pollution de l'air, révèlent un manque de conception de la participation en amont des ateliers. Certains agencements participatifs actuels favorisent peu la réflexivité individuelle et collective, voire génèrent chez certains participants de la frustration et de la déception quant aux retombées concrètes des ateliers. En réduisant souvent les ateliers à leur dimension technique, la métrologie citoyenne devient un solutionnisme technologique où les compétences nécessaires au développement d'une culture éco-citoyenne ne sont pas inscrites dans une logique culturelle et pédagogique. Le primat de la technique ne suffit pas à construire la participation. En effet, l'analyse des pratiques montre que la participation passe par l'appropriation d'un certain nombre de compétences – littératies – constitutives d'une culture éco-citoyenne et de véritables dynamiques transformationnelles. Notre étude a permis d'identifier différentes composantes d'une littératie éco-citoyenne associée à des technologies, celle-ci pouvant s'entendre comme la réunion de connaissances sur les problématiques environnementales (ex. : impacts, sources de dérèglement, normes internationales) et de compétences pratiques (ex. : manipuler des interfaces, monter un capteur), cognitives (ex. : créer, modifier, classer, filtrer), réflexives (ex. : contextualiser, interpréter, débattre). Appliqués à notre objet, on retrouve articulés les domaines de littératies suivants :

- Littératie écologique/environnementale²³ : des connaissances sur la qualité de l'air et ses enjeux ;
- Littératie technique : des capacités instrumentales et procédurales permettant l'utilisation d'un capteur (cela allant de la compréhension du schéma de montage jusqu'à sa protection) ;
- Littératie métrologique : des capacités métrologiques spécifiques au calibrage, à l'étalonnage, au respect d'un protocole d'usage du capteur ;
- Littératie de données ou « data literacy » : pour le recueil, la production des données, leur traitement, leur visualisation, leur interprétation ;
- Littératie informationnelle : une compétence informationnelle pour le filtrage, la catégorisation des informations, la rétroaction collective ;

²³ La littératie écologique, ou éco-littératie, est un terme qui a été utilisé pour la première fois dans les années 1990 par l'éducateur américain David W. Orr et par le physicien Fritjof Capra, afin d'introduire dans la pratique pédagogique les notions de valeur et de bien-être de la Terre et de ses écosystèmes. Il s'agit d'une façon de penser le monde en fonction de l'interdépendance de ses systèmes naturels et humains, et ce, tout en prenant en considération les répercussions de l'activité humaine sur le milieu naturel et son interaction avec ce milieu. Source : https://www.edu.gov.mb.ca/m12/frpub/ped/sh/enj_mond_imm/docs/litteratie.pdf

- Littératie numérique : une compétence numérique ou littératie numérique mobilisée par exemple dans l'usage des interfaces, la modélisation des données, la participation à des espaces d'interactions en ligne. Les configurations communicationnelles (espaces d'interaction en ligne et hors ligne entre participants et scientifiques, outils d'exploration et d'exploitation des données) et configuration pour une « data literatie » - littératie des données - étendue sont intimement liées.

L'ambition des démarches de métrologie citoyenne doit affronter sa propre incomplétude en termes de développement d'une culture écologique et métrologique indispensable pour comprendre les mesures, les données et donc les interpréter, et ce dans un contexte plus large favorisant une participation aux décisions concernant l'environnement. Un fort investissement dans l'accompagnement et la création de littératies s'avère ici nécessaire afin que chacun soit en capacité de comprendre les conditions de production d'un instrument de mesure et de production de données, de les contextualiser (par rapport à son environnement immédiat et sur un temps long), voire de modifier des habitudes pouvant impacter la qualité de l'air.

3.4.2. *Penser le design participatif comme action politique et le défaire des approches « nudgées »*

Variant d'un Fablab à l'autre, les pratiques résultant des différentes configurations participatives affrontent une difficulté commune relative au suivi des pratiques des participants, entre un atelier de montage et la production de données à domicile. C'est un symptôme récurrent de la fragilité de ces initiatives. Les travaux de recherche sur le sujet ont déjà pointé les limites des démarches publiques dites « participatives » telles que la tendance à l'entre-soi, le problème de représentativité sans compter le faible degré d'influence sur la décision publique (Blondiaux et Fourniau, 2011 ; Scotto d'Apollonia *et al.*, 2019). Dans sa forme instituante, la métrologie citoyenne n'échappe pas non plus à ces épreuves socio-politiques et plus globalement à la faiblesse du concept de gouvernance environnementale²⁴ qui sous-tend une puissance d'agir partagée entre les parties-prenantes et vite remplacée par celui de « transition environnementale ». En effet, c'est particulièrement le cas en France, où la participation reste assez faible à l'instar des initiatives citoyennes déployées depuis 40 ans (Fortin-Debart *et al.*, 2009). Cette problématique est également bien connue des sciences citoyennes (Blanguy *et al.*, 2017) qui pointent le manque d'accompagnement et de dispositifs d'interaction collective, cela pouvant se traduire par une baisse importante de la motivation.

Dans cette recherche, les configurations soutenues par les politiques publiques montrent que le design participatif²⁵ est peu développé. Si certaines initiatives socio-

²⁴ On peut entendre par « Gouvernance environnementale » un dispositif organisationnel et décisionnel réunissant un ensemble de parties-prenantes territoriales, ayant pour finalité une meilleure gestion des ressources et le traitement de conséquences environnementales de projets. « La décision n'y est pas vue en tant que responsabilité d'un seul acteur, mais bien comme le résultat d'une dynamique sociale entre agents publics et privés ». Milot N. *et al.*, *La gouvernance à l'épreuve des enjeux environnementaux et des exigences démocratiques*, Éditions VertigoO, Montréal, 2012, <http://www.editionsvertigo.org/images/livres/extraits/8.pdf>, consulté le 13/12/19

²⁵ Le design participatif est une approche interdisciplinaire de développement de méthodes de conception de la participation basé sur la coopération (Sanders, 2002)

métrologiques s'inspirent des méthodes visuelles (facilitation graphique, carte d'idéation, etc.) ou verbales leurs usages restent souvent rudimentaires. Dans les dispositifs étudiés, la participation relève le plus souvent de la « coopération symbolique » (Arnstein, *op.cit.*). Les méthodes ne sont pas pensées dans leur globalité en termes de design de la participation et passent ainsi à côté de leur finalité initiale qui est de faire émerger les idées novatrices issues de l'expertise des citoyens (Abrasart *et al.*, 2015) et de favoriser des formes de débat. Qui plus est, certaines méthodes sont traversées par l'approche comportementaliste promue en France par l'ADEME²⁶ sous couvert d'urgence climatique. Plus connu sous les noms de *Captology*, de design persuasif (Fogg, 2009) ou encore de Nudges (Sunstein et Thaler, 2014), le design comportemental fait partie intégrante des stratégies d'influence qui, depuis quelques années, connaissent un engouement aux États-Unis avec l'essor de la psychologie positive et de l'économie comportementale (Servet, 2017), y compris dans le design des politiques publiques (Bergeron, 2018). Ce design, essentiellement basé sur des approches behavioristes, utilise les biais cognitifs pour faire adopter de nouveaux comportements ou orienter les choix des citoyens dans leur prise de décision. Si cette forme de design peut avoir un intérêt méthodologique ponctuel tel un « coup de pouce » (*Nudge*) pour inciter à la participation, elle soulève de nombreuses questions sur les fondements théoriques et éthiques, puisque reposant sur le postulat d'un citoyen à « rationalité limitée », incapable de transformer son action consciemment. Dans ces conditions, le risque est de réduire la rationalité démocratique à des comportements observables, excluant de fait toute dimension cognitive, discursive, sociale et réflexive, pourtant indissociable d'une participation citoyenne renouvelée. Pourtant, comme l'ont mis en évidence certains travaux, les collectifs d'acteurs ont la capacité à se construire des compétences suffisantes pour influencer le débat public, mais aussi « accroître une demande légitime d'informations sur des sujets soumis à de fortes incertitudes » (Dosias-Perla *et al.*, 2018).

Le design participatif a donc un rôle central en termes de démocratie participative puisque par ses méthodes, il est au cœur des processus de communication (Darras, 2017) tels que la coopération, la concertation, et la délibération résultant des besoins des parties-prenantes (Kaine *et al.*, 2016). En s'appuyant sur l'approche décrite par Habermas dans « *Theorparry of Communicative Action and Deliberative Democracy* » (1998), on peut considérer que le design participatif constitue une forme de « communication par l'action à la base de la délibération ». Dans cette perspective, le design participatif peut s'alimenter d'approches moins prescriptives et qui à la place, se focalisent sur la médiation, l'apprentissage, le développement de compétences qui sont au cœur de la délibération citoyenne (Fourniau, 2004, 2017) faisant ainsi des épreuves une ressource de transformation de l'action. Notre propos est donc de développer un design participatif permettant d'accompagner les citoyens dans la transformation de leurs actions (et non de leurs comportements) en leur fournissant les moyens de construire leur propre rationalité, leur stratégie d'action et de délibération de manière autonome et ainsi de dépasser la tendance comportementaliste.

²⁶ ADEME, Changer de comportements 2016 - <https://www.ademe.fr/changer-comportementsfaire-evoluer-pratiques-sociales-vers-plus-durabilite>.

Conclusion

En privilégiant une approche pragmatique, cette recherche appréhende les nouveaux agencements socio-métrologiques de la pollution de l'air et montre de ce point de vue, la nécessité, pour en saisir toutes les variations, de développer des méthodologies ancrées sur le terrain et donc, de se défaire d'approches bien trop macro-sociologiques. À partir de l'examen des épreuves rencontrées au cours de l'instauration et du déploiement de ces actions, ont été identifiés des dimensions et phénomènes clefs qu'il conviendra de compléter (n'ont été traités dans cet article que certains aspects) et de suivre sur un temps long. Par exemple, à partir de l'analyse d'actions de Fablabs, les configurations sémiotiques et sensorielles n'ont été ici qu'esquissées à travers une première analyse des interfaces (liées aux serveurs de SensorCommunity notamment), et l'on sait, toute la techno-politique en acte que constituent les données, leurs traductions, y compris en d'autres dispositifs de médiation (par exemple, la forme « Canari Sentinelle » des émanations de gaz emprunté par Communautique).

Nous avons donc affaire à une transformation continue de la gestion informationnelle de la qualité de l'air par les instruments, par les lieux et par les acteurs qui s'en saisissent. La question des rapports de force ou de coopération entre ces derniers reste largement ouverte. Dans le cas spécifique des Fablabs, les initiatives se déplacent sur un spectre allant d'une dépolitisation du « faire » à l'action politique affirmée d'une contre-expertise en passant par une contribution aux communs de la connaissance. À ce titre, certains d'entre eux portent la promesse d'une (re)prise du pouvoir sur leur rapport aux institutions ou résonne avec l'objectif de certains d'entre eux de dépasser le bricolage technologique – auquel on les réduit souvent – pour inventer des formes nouvelles de conception urbaine et sociale. Cela implique alors d'envisager le design participatif mobilisé comme techno-politique incarnée et de discuter les tentations performatives voir comportementalistes qui traversent par ailleurs nombre de programmes s'adossant à un psychologisme environnemental normatif.

Tout cela réclame sinon des capteurs et des desseins participatifs clairement énoncés, au moins des contextes politiques et sociotechniques permettant de renforcer les littératies impliquées et la pertinence des pratiques de métrologie citoyenne.

L'expansion des usages des micro-capteurs n'est pas la réalisation de nouvelles boîtes noires, trop vite refermées par les techniciens et les décideurs, mais les actants de nouveaux agencements métrologiques encore fragiles.

Bibliographie

Abrassart C., Gauthier P., Proulx S., Martel M., (2015). Le design social : une sociologie des associations par le design ? Le cas de deux démarches de co-design dans des projets de rénovation des bibliothèques de la Ville de Montréal. *Lien social et Politiques* 73, 117- 138.

Akrich M. et al., (dir.), (2010). *Sur la piste environnementale : menaces sanitaires et mobilisations profanes*. Presses École des mines, Paris.

- Allard L., Blondeau O., (2013). *Pour un Internet des Objets citoyen : vers une intelligence collective environnementale*, <http://www.citoyenscapteurs.net/>
- Arnstein S. R., (1969). A ladder of citizen participation. *Journal of the American Institut of planners* 35 (4), 216-224.
- Bergeron H., Castel P., Dubuisson-Quellier S., (2018). *Le biais comportementaliste*. Presses de Sciences Po, Paris.
- Bin G., ZhiwenY., XingsheZ., Daqing Z., (2014). *From participatory sensing to Mobile Crowd Sensing*, PERCOM Workshops.
- Blanc N. (2003). Évaluation et perception de l'exposition à la pollution atmosphérique : une interrogation sociétale. *Nature Sciences Sociétés* 11 (4), 432-433.
- Blangy S., Lhoste V., Arnal C., Carré J., Chapot A. et al., (2018), Au-delà de la collecte des données dans les projets de sciences citoyennes : ouvrir le champ de l'analyse et de l'interprétation des données aux citoyens, *Technologie et innovation*, ISTE OpenScience, 18- 3 (Innovations citoyennes).
- Blatrix C., (2009). La démocratie participative en représentation. *Sociétés contemporaines*, 74 (2), 97-119.
- Blikstein P., (2013). Digital Fabrication and 'Making' in Education: The Democratization of Invention In Walter-Herrmann, J. et C. Büching, *FabLabs: Of Machines, Makers and Inventors.*, Transcript Publishers. Bielefeld, 21.
- Blondeau O., (2019). Pollution de l'air : ce que veulent les associations, *Annales des mines* 96 (4), 68-71.
- Blondiaux L., Fourniau J.-M., (2011). Un bilan des recherches sur la participation du public en démocratie : beaucoup de bruit pour rien ? *Participations* 1 (1), 8-35.
- Boczkowski J., Lanone S., (2019). Impacts de la pollution de l'air sur la santé humaine. *Annales des Mines - Responsabilité et environnement* 96 (4), 17-21.
- Boutaric F., Lascoumes P., (2008). L'épidémiologie environnementale entre science et politique. Les enjeux de la pollution atmosphérique en France. *Sciences sociales et santé*, 26 (4), 5-38.
- Brimblecombe P., (1987). *The Big Smoke: A History of Air Pollution in London since Medieval Times*. Methuen & Co, New York.
- Callon M., Lascoumes P., Barthe Y., (2001). *Agir dans un monde incertain. Essai sur la démocratie technique*. Le Seuil, Paris.
- Carmes M. et al., (2020). *Rapport CitIn, Appropriation et Communs de la transition énergétique*, Projet Acte (Bocquet B, dir).
- Carmes M., (2017). *Les fabriques numériques de l'organisation : agencements, scripts et sémiopolitiques*. Iste Éditions, Londres.
- Carmes M., Noyer J.-M. (dir.), (2014), *Devenirs Urbains*. Presses des Mines/Paris-Tech, Paris.

- Chateauraynaud F., Debaz J., (2013). *De la métrologie en démocratie. La nouvelle vague des capteurs citoyens*. <https://socioargu.hypotheses.org/4505>.
- Charvolin F., Blavier G., Frioux S., Kamoun L., Roussel I., (2013). *Percevoir et objectiver la pollution de l'air. Une exploration historique et sociologique de ses « mesures » et de ses débordements* (No. 0006424). Ministère français de l'écologie, du développement durable et de l'énergie.
- Cohendet P., Grandadam D., Simon L., (2010). The Anatomy of the Creative City. *Industry et Innovation* 17 (1), 91-111.
- Coriat B., (dir.) (2015). *Le retour des communs : la crise de l'idéologie propriétaire*. Les Liens qui Libèrent, Paris.
- Corbin A., (1983). L'opinion et la politique face aux nuisances industrielles dans la ville préhausmannienne. *Histoire, Économie et Société* 2, 111-118.
- Cotteret M. A. (2020). Métrologie et Citoyenneté. *Les Cahiers du Numérique* 16 (2-4).
- Darras B., (2017). Design du codesign. Le rôle de la communication dans le design participatif. *MEI Médiation et information* 40.
- Dosias-Perla D., Scotto d'Apollonia L., Blangy S., (2018). *La fabrique participative des politiques publiques sur la qualité de l'air au prisme d'un dispositif innovant : artistes-atelier*, <https://www.researchgate.net/>.
- Farge A., (1979). *Vivre dans la rue à Paris au XVIII^e siècle*. Gallimard, Paris.
- Farge A., (1992). *Dire et mal dire. L'opinion publique au XVIII^e siècle*. Éd. Seuil, Paris.
- Fogg B. J., (2009). A behavior model for persuasive design. In *Proceedings of the 4th international Conference on Persuasive Technology* (p. 40). ACM.
- Fonrouge C., (2018). Les Fablabs et l'émergence de figures alternatives de l'entrepreneur. *Projectics / Proyectica / Projectique* 19 (1), 41-55.
- Fortin-Debart C., Girault Y., (2009). De l'analyse des pratiques de participation citoyenne à des propositions pour une éducation à l'environnement. *Éducation relative à l'environnement. Regards-Recherches-Réflexions*, (Volume 8)
- Fourniau JM., Hollard G., Simard L., (2004). *Ce que débattre veut dire. Procédures de débat public et légitimité de la décision dans le champ de l'utilité publique*, 197p., fhal-00546235f.
- Fourniau J.-M., (2017). L'expérience démocratique des "citoyens en tant que riverains" dans les conflits d'aménagement. *Revue européenne des sciences sociales* XLV (1), 149-179.
- Guerin-Henri A., (1980). *Les pollueurs. Lutttes sociales et pollution industrielle*. Paris, Seuil.
- Haldrup M, Hoby M., Padfield N., (2018). The bizarre bazaar: Fablabs as hybrid hubs, *CoDesign: International Journal of CoCreation in Design and the Arts* 14 (4), 329-44.
- Jacobson MZ., (2012). *Air pollution and global warming: history, science, and solutions*. Cambridge University Press, New York.

- Jancovic V., (2010). *Confronting the Climate. British Airs and the Making of Environmental Medicine*. Palgrave Macmillan, London.
- Jansen Y., Dragicevic P., Isenberg P., Alexander J., Karnik A., Kildal J., Hornbæk K., (2015). Opportunities and challenges for data physicalization. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 3227-3236).
- Jarrige F. et Le Roux Th., (2017). *La Contamination du monde. Une histoire des pollutions à l'âge industriel*. Seuil, Paris.
- Jasanoff S., (2013). *Le droit et la Science en Action*. Dalloz, Paris.
- Kaine E., Bellemare D., Bergeron-Martel E. et De Coninck P., (2016). *Petit guide de la grande concertation, Études amérindiennes*. PUL, Lyon.
- Kiechle M., (2017). *Smell Detectives: An Olfactory History of Nineteenth-Century Urban America*. University of Washington Press, Seattle.
- Lallement M., (2015). *L'âge du faire. Hacking, travail, anarchie*. Éditions du Seuil, Paris.
- Latour B. et Lemonnier P., (1994). *De la préhistoire aux missiles balistiques. L'intelligence sociale des techniques*. La Découverte, Paris.
- Latour B., (1984). *Pasteur : guerre et paix des microbes ; Suivi de Irréductions*. A.M. Métailié, Paris.
- Larqué L., Pestre D., (dir.) (2013). *Les sciences, ça nous regarde. Histoires surprenantes de nos rapports aux sciences et aux techniques*. La Découverte, Paris.
- Le Prieur L.-J., (1825). *L'homme considéré dans ses rapports avec l'atmosphère, ou nouvelle doctrine des épidémies, fondée sur les phénomènes de la nature. Fragments de physique, d'hygiène, de physiologie pathologique et de thérapeutique rationnelle*. Le Rouge, Paris.
- Letté M., (2012). Le tournant environnemental de la société industrielle au prisme d'une histoire des débordements et de leurs conflits. *Vingtième Siècle* 113 (1), 142-154.
- Le Roux Th., (2011). *Le laboratoire des pollutions industrielles. Paris, 1770-1830*. Albin Michel, Paris.
- Lhoste E. et Barbier M., (2016). Fablabs : L'institutionnalisation de Tiers-Lieux du "soft hacking". *Revue d'anthropologie des connaissances* 10 (1), 43-69.
- Luhmann N., (2006). *La confiance, un mécanisme de réduction de la complexité sociale*. Economica, Paris.
- Maravilhas S., Martins J. (2019). Strategic knowledge management in a digital environment: Tacit and explicit knowledge in Fab Labs. *Journal of Business Research* 94, 353-359.
- Massard-Guilbaud G., (1997). Les citoyens auvergnats face aux nuisances industrielles, 1810-1914. *Recherches contemporaines* 4, 5-48.
- Massard-Guilbaud G., (1999). La régulation des nuisances industrielles urbaines (1800-1940), *Vingtième Siècle* 64, 53-65.

- Massard-Guilbaud G., (2010). *Histoire de la pollution industrielle. France, 1789-1914*. EHESS, Paris.
- Mercier L. S. (1780). *La Demande Imprévue : comédie en 3 actes et en prose* ; représentée par les Comédiens Italiens Ordinaires du Roi, le 23 mai 1780. Ballard, Paris.
- Meyer M. et Kearnes M., (2013). Introduction to Special Section: Intermediaries between Science, Policy and the Market. *Science and Public Policy* 40 (4), 423-429.
- Ministère de l'environnement, (1984) *Annuaire des associations de gestion des réseaux de mesure de la pollution atmosphérique* (Direction de la prévention des pollutions, Service de l'environnement industriel, Sous-direction de la pollution de l'air), Neuilly-sur-Seine.
- Mosley S. (2001). *The Chimney of the World: A History of Smoke. Pollution in Victorian and Edwardian Manchester*, White Horse Press, Cambridge.
- Mosley S. (2009). A Network of Trust: Measuring and Monitoring Air Pollution in British Cities, 1912-1960. *Environment and History* 15, 273-302.
- Nedjar-Guerre, A. et Gagnebien A., (2015). Les Fablabs, étude de cas. *Agora débats/jeunesses* 69 (1), 101-114.
- Nez H., (2006). *Démocratie participative et inclusion socio-politique: les expériences de Bobigny (France) et Barreiro (Belo Horizonte, Brésil)*.
- OCDE, (1965). *Méthodes de mesure de la pollution atmosphérique. Rapport du Groupe de travail sur les méthodes de mesure de la pollution de l'air et les techniques d'enquête*, Paris.
- Oldenburg R., (1999). *The Great Good Place: Cafes, Coffee Shops, Bookstores, Bars, Hair Salons, and Other Hangouts at the Heart of a Community*. Da Capo Press, New York.
- Porter Th.-M., (1995). *Trust in Numbers: The Pursuit of Objectivity in Science and Public Life*. Princeton University Press, Princeton.
- Sanders E. B.-N., (2002). From User-Centered to Participatory Design Approaches In J. Frascara (Éd.), *Design and the social sciences : making connections*, Taylor & Francis, London.
- Scotto d'Apollonia I., Dosias-perla D., Camps P., Poidras T., (2019). De la bio surveillance participative de la qualité de l'air. *Revue Technique de l'Ingénieur*.
- Servet J. M., (2017). Institution monétaire et commun(s). *Économie et institutions* 26.
- Stradling D., (1999). *Smokestacks and Progressives: Environmentalists, Engineers and Air Quality in America, 1881-1951*. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Suire R., (2016). La performance des lieux de co-création de connaissances. Le cas des Fablabs. *Réseaux* 196 (2), 81-109.
- Sunstein C. R., Thaler R. H., (2014). *Nudge: Improving decisions about health, wealth, and happiness*. Penguin Books, London.

Te Brake W.-H., (1975). Air Pollution and Fuel Crises in Pre-industrial London, 1250-1650. *Technology and Culture* 16 (3), 337-359.

Thorsheim P., (2006). *Inventing Pollution: Coal, Smoke and Culture in Britain since 1800*, Ohio University Press, Athens.

Vaajakallio K., Mattelmäki T., (2007). *Collaborative design exploration: envisioning future practices with make tools*. Communication présentée Proceedings of the 2007 conference on Designing pleasurable products and Interfaces. Finland, Helsinki.

Uekoetter F., (2009). *The Age of Smoke: Environmental Policy in Germany and the United States, 1880–1970*. University of Pittsburgh Press, Pittsburgh.