



HAL
open science

De la biosurveillance participative de la qualité de l'air Aubout air quality participatory biomonitoring device

Lionel Scotto D'apollonia, Davia Dosias-Perla, Pierre Camps, Thierry Poidras

► To cite this version:

Lionel Scotto D'apollonia, Davia Dosias-Perla, Pierre Camps, Thierry Poidras. De la biosurveillance participative de la qualité de l'air Aubout air quality participatory biomonitoring device. Techniques de l'Ingénieur. Eco-Conception et Innovation Responsable, 2019, Éco-conception et innovation responsable, 10.51257/a-v1-ag118 . hal-04298660

HAL Id: hal-04298660

<https://hal.science/hal-04298660v1>

Submitted on 21 Nov 2023

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - NoDerivatives 4.0 International License

De la biosurveillance participative de la qualité de l'air

Aubout air quality participatory biomonitoring device

Lionel Scotto d'Apollonia - Enseignant et chercheur - GDR PARCS - LIRDEF Université de Montpellier

Davia Dosias-Perla - Ingénieur d'étude CNRS UMR ARTDev Université Paul Valéry Montpellier

Pierre Camps - DR CNRS - UMR Géosciences - Université de Montpellier

Thierry Poidras - Ingénieur de recherche CNRS - UMR Géosciences - Université de Montpellier

Résumé

Après avoir dresser un état des lieux des évolutions de la Recherche Action Participative (RAP) et des Sciences Citoyennes (SC), cet article présente un dispositif innovant nommé Artivistes-atelier (AA) visant à accompagner les politiques publiques sur la qualité de l'air en intégrant le citoyen dans la boucle décisionnelle prenant en compte le champ de contraintes sociales et environnementales y compris les épineux aspects métrologiques. Il détaille comment le dispositif (AA) s'intègre et se développe dans deux projets de recherche complémentaire (Air Climat Santé Société & Art et BREATHE) sur la qualité de l'air pour apporter des réponses concrètes à des problèmes complexes dans un esprit résolument pragmatique, critique et réflexif.

Abstract

After drawing an inventory of developments in Participatory Action Research (RAP) and Citizen Sciences (SC), this article presents an innovative device called Artivistes-atelier (AA) aimed to help public policies on the air quality including citizens in decision-making by considering social environmental constraints which include the thorny metrological aspects. The article gets through how the device (AA) is integrated and developed in two complementary research projects (Air Climate Health Society & Art and BREATHE) on air quality up to provide concrete answers to complex problems with a pragmatic critical and reflexive approach.

Mots-clés (~ 3-4) :

Ingénierie socioenvironnementale - qualité de l'air - politique publique - plan climat

Keywords (~ 3-4) :

Socioenvironmental engineering - air quality - public policies - climate plan

Table des matières

1	Focus sur la place des Sciences Citoyennes et de la Recherche Action Participative et dans l'ingénierie environnementale.	5
1.1	Que sont les Sciences Citoyennes et la Recherche Action Participative ?	5
1.2	Comment développer une ingénierie de la participation sur les questions socioenvironnementales ?	7
9		
9		
10		
3	L'insertion du dispositif dans un projet portant sur la qualité de l'air	11
3.1.	État de l'art sur l'état de l'air	12
3.2	Les spécificités de l'Agglomération du Pays de l'Or	13
3.3	Une métrologie innovante	14
3.3	Construire des <i>Design</i> pour répondre à des problèmes	16
4.	L'intégration du citoyen dans l'analyse de la qualité de l'air par une métrologie des dépôts de poussières sur bio-matériaux	18
18		
21		
21		
23		

En 2015, la ville chinoise de Xian s'est dotée d'un spectaculaire purificateur d'air de 60 mètres de haut pour lutter contre la pollution atmosphérique. Préoccupation mondiale, la pollution atmosphérique génère des contestations citoyennes en France tout autant que dans l'ancien Empire céleste, signe d'une évolution de la mobilisation d'une partie de la société dite civile. Fin 2017, l'Agence européenne de l'environnement ouvrait un site Internet afin que chaque citoyen puisse s'informer de la qualité de l'air chez lui. L'indice européen de la qualité de l'air se base sur cinq sources de polluant, l'ozone O₃, le dioxyde de soufre SO₂, le dioxyde d'azote NO₂, et les particules fines en suspension (PM 2.5 et PM 10) néfastes pour la santé. Les PM 2.5 et 10, de l'anglais Particulate Matter désignent les particules dont le diamètre aérodynamique est inférieur respectivement à 2,5 et 10 µm. Les revendications citoyennes visent à inciter les pouvoirs publics à mettre en place des mesures pour diminuer la concentration de ces polluants. Cependant les logiques de mobilisations citoyennes répondent à des schémas complexes en tension entre la préservation d'un bien commun et la protection d'intérêts privés, caractérisés par l'expression « not in my backyard » (NIMBY) (« pas dans mon jardin »). Dans ce contexte, prendre des décisions pour améliorer la qualité de l'air s'avère une tâche ardue. Cela nécessite d'intégrer des facteurs sociotechniques sur des échelles de temps et d'espaces difficilement conciliables avec la singularité des contestations sociales s'accompagnant, qui plus est, d'une métrologie citoyenne controversée ne répondant pas aux normes métrologiques en vigueur. La qualité de l'air extérieur est ainsi devenue un enjeu social de santé publique majeur encore trop souvent média-centrée sur les pics de pollution au détriment de la prise en compte sur le long terme de composés dont la toxicité est démontrée. Ainsi en 2016, la législation française a renforcé le rôle des intercommunalités et leur demande d'agir avec les citoyens via des actions multi partenariales. Symbole de ces évolutions, la législation intègre désormais le « A » des enjeux sur l'Air dans le nouveau Plan Climat Air Energie Territorial, plus connu sous l'acronyme PCAET (anciennement PCET). Or sur le plan juridique et technique, la mise en application des lois se heurte à une double problématique. D'une part les différentes lois et plans d'actions perpétuent une sectorialisation dissociant les enjeux de santé, d'air, de climat et de société. D'autre part, les agents des services publics responsables de la mise en œuvre et les metteurs en œuvre (collectivités territoriales, entreprises du territoire, secteur socio professionnel en lien avec l'action publique) peinent à trouver de la cohérence et une véritable efficacité toutes deux engluées dans ce qu'il est commun d'appeler le « mille-feuille institutionnel ». Force est de constater qu'il persiste un déficit massif d'implication des populations dans l'ensemble des dispositifs « qualité de l'air » et ce en dépit de la constance des mobilisations focalisées répondant majoritairement à l'expression d'intérêts locaux (NIMBY).

Cet article présente un dispositif innovant nommé Artivistes-atelier visant à accompagner les politiques publiques en l'occurrence sur la qualité l'air en intégrant le citoyen dans la boucle décisionnelle prenant en compte le champ des contraintes sociales, environnementales et les épineux aspects métrologiques. Il détaille comment a été conçu le dispositif Artivistes-atelier porté par une structure associative hybride du même nom pour apporter des réponses concrètes à des problèmes complexes dans un esprit résolument pragmatique, critique et réflexif. Le dispositif Artivistes-

atelier mobilise les outils de la Recherche Action Participative (RAP) et des Sciences Citoyennes (SC), c'est-à-dire qu'il s'agit à la fois de déployer une ingénierie de la participation sur les questions socioenvironnementale pour impliquer les citoyens et plus largement l'ensemble des acteurs (élus et agents territoriaux des collectivités, agences et services de l'État : Agence du Développement de l'Environnement et de la Maitrise de l'Énergie -ADEME-, Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement -DREAL-, Agence Régionale de Santé -ARS-, ATMO-OCCITANIE, grands aménageurs et constructeurs, associations) dans les processus décisionnels tout en développant une loupe analytique. Il permet d'une part d'analyser les problèmes structurels du mille-feuille institutionnel et d'autre part ses propres limites quant à la portée de son action. Il agit comme un marqueur pertinent de la fabrique (supposée) participative des politiques publiques sur l'air et les capacités d'autonomisation et d'action des citoyens mobilisés par une cause (empowerment citoyen).

Les premiers résultats tendent à prouver la pertinence du dispositif Artivistes-atelier quant à sa capacité à apporter des réponses concrètes à la fois sur le plan de la Recherche, de l'Action et de la Participation. La pertinence du dispositif tient dans sa capacité à intégrer et analyser ses propres limites et les problèmes soulevés qu'il s'agit d'identifier. Cette ingénierie critique et réflexive permet de faire évoluer le design, désignant l'ensemble du modus operandi. Ce travail demande à la fois des compétences personnelles dans la gestion des tensions éthiques, politiques et affectives générées et un outillage analytique sans cesse remis en question par les logiques du terrain. En effet, le champ lexical faisant référence aux termes techniques d'ingénierie de la participation n'est pas le gage d'un meilleur processus démocratique et par voie de conséquences d'une meilleure efficacité des politiques publiques. En ce sens le dispositif prévoit la co-construction d'indicateurs d'efficacité des politiques publiques.

Dans une première partie, cet article fait un point sur la Recherche Action Participative (RAP) et les Sciences Citoyennes (SC) et l'ingénierie environnementale, et décrit dans une deuxième partie les spécificités du dispositif Artivistes-atelier. La troisième partie permet de détailler l'élaboration du dispositif Artivistes-atelier sur le thème de qualité de l'air et les premiers résultats d'une recherche en cours dans le cadre d'un projet Air Climat Santé Société & Art sur le territoire de l'agglomération du Pays de l'Or en Occitanie, financé par l'ADEME (AACT-AIR¹) et co-porté par l'UMR ART Dev et Artivistes-atelier. La quatrième partie, décrit comment le dispositif Artivistes-atelier vient s'insérer dans un projet en phase exploratoire de Sciences Citoyennes piloté par l'UMR Géosciences Montpellier visant à développer une bio-métrie innovante avec l'objectif de construire des cartographies des dépôts des particules fines sur les végétaux et de leur origine à l'aide d'une analyse couplée de leurs propriétés magnétiques avec leur signature de géochimie isotopique. En retour ces cartographies permettant d'objectiver plus finement la pollution atmosphérique visent à alimenter les processus décisionnels à différents niveaux d'échelles et permettent de concevoir des outils d'aide à la décision pertinents et améliorer in fine les processus démocratiques.

¹ AACT AIR : appel à projet national ADEME en recherche et développement visant l'Aide à l'Action des Collectivités Territoriales sur l'AIR.

1 Focus sur la place des Sciences Citoyennes et de la Recherche Action Participative et dans l'ingénierie environnementale.

Cette première partie dresse une courte synthèse de l'état des lieux de la Recherche Action Participative (RAP), des Sciences Citoyennes (SC) et des implications dans ce qu'il est possible d'appeler l'ingénierie environnementale. La grande hétérogénéité des pratiques de la RAP et des SC rend périlleux l'exercice d'une synthèse exhaustive mais elle vise à clarifier les différences fondamentales entre la RAP et les SC sans chercher à enfermer de façon trop arbitraire ces termes, sachant que le champ lexical est loin d'être stabilisé et qu'il est possible de parler tout autant de sciences participatives intégrant à la fois la RAP et les SC. L'article s'appuie fortement sur l'approche développée par le Groupe de Recherche (GDR) PARCS (*Participatory Action Research and Citizen Sciences*) en recherche action participative et sciences citoyennes. Les objectifs du GDR PARCS sont entre autre (i) de développer d'autres approches de recherche intégrant les savoirs citoyens (ii) d'améliorer les pratiques de recherche, de participation, de sensibilisation, (iii) d'améliorer les bénéfices réciproques chercheurs/citoyens, (iv) d'analyser comment mieux répondre à la demande sociale, (v) de mieux intégrer les citoyens et la société en amont et en aval des projets de recherche, et (vi) de faire des citoyens des relais pour l'éducation à la démarche scientifique [1].

1.1 Que sont les Sciences Citoyennes et la Recherche Action Participative ?

Le COMETS, c'est-à-dire le comité d'éthique du CNRS, a rendu le 25 juin 2015 un avis intitulé les « sciences citoyennes » [2] considérant qu'il existe une urgence à construire une relation de confiance entre les citoyens et les scientifiques. Ce document définit ainsi les SC comme des « *sciences auxquelles contribuent des citoyens amateurs à côté des professionnels de la recherche* » [2]. Les SC sont ainsi considérées comme « *les sciences ayant des vertus citoyennes, au service de la société dans leur organisation et leur fonctionnement* » [2]. Si les pratiques des sciences amateurs remontent au siècle des Lumières, les SC se sont développées après-guerre avec l'observation citoyenne des espèces d'oiseaux. Le terme SC est communément attribué à Alan Irwin [3] sur la base d'expériences individuelles d'un grand nombre de personnes sur les questions environnementales et fait aussi référence à la participation du grand public à la recherche [4]. Le terme SC de nos jours recouvre un ensemble de pratiques hétérogènes ayant comme dénominateur commun une implication citoyenne dans des démarches scientifiques historiquement situées dans les secteurs de la botanique, de l'ornithologie, de l'astronomie et de la météorologie avec en toile de fond le couple biodiversité-climat. Afin d'illustrer le propos, l'article présente à grand traits deux programmes de SC « Cybelle Méditerranée » [5] et « Observatoire des Saisons » [6]. Le premier est porté par

l'association Cybelle Planète, le second initié au sein de la recherche et dont la responsabilité, assurée par une chercheuse du CNRS Isabelle Chuine est porté par une structure hybride recherche-association. La présence de structures associatives dans les deux cas témoigne de cette volonté de faire le lien entre les sciences et la société. Le programme « Cybelle Méditerranée » permet aux usagers de la mer, amateurs ou professionnels, de s'engager concrètement pour la préservation de la faune marine. Le programme a pour vocation de créer une communauté engagée, proposer des protocoles d'observation adaptés, construire un catalogue de photo-identification des cétacés, organiser des expéditions en mer pour collecter des données expertes, et valoriser les données citoyennes. Le programme « Observatoire des saisons » quant à lui propose aux citoyens naturalistes ou non, d'aider la communauté scientifique à récolter des données sur les rythmes saisonniers de la flore et de la faune pour comprendre l'impact du changement climatique sur les écosystèmes.

La RAP se distingue des SC dans le sens où elle recouvre un domaine plus large que les objets de sciences décrits précédemment et peut à la fois s'appliquer à des problèmes psycho-sociaux dans des entreprises, des techniques de management, de questions éthiques, etc. La RAP peut être considérée comme la conjonction de deux courants, celui de la Recherche Action (RA) inspiré du pragmatisme de John Dewey, Charles Sanders Pierce et William James et de la Recherche Participative (RP) historiquement développée auprès des populations marginalisés ou fragilisés. Il n'existe pas véritablement de cadre théorique commun de référence inhérent à la RAP. Toutefois, le dénominateur commun repose sur un ancrage dans l'approche systémique en référence à la complexité comme le décrit par exemple d'Edgar Morin [7]. Elle se définit avant tout par ses pratiques. Malgré le fait qu'elle s'inscrive systématiquement dans les critères définissant la démarche scientifique, il n'existe pas encore à l'heure actuelle un paradigmatique RAP stabilisé. La RAP vise à apporter des réponses à un problème posé à un groupe d'acteurs dans le but de favoriser l'Action par la Participation tout en développant de façon collaborative une analyse scientifique. C'est pourquoi malgré une grande hétérogénéité d'acteurs et de pratiques, toute démarche doit intégrer le R de Recherche. Insistant sur les aspects fondamentaux définissant les critères de scientificité, un des plus éminents spécialistes Jacques Chevalier [8 ; 9 ;10], compare la RAP au Jazz, pour en jouer il faut bien connaître les règles, maîtriser son rythme, son arithmétique. Cette métaphore traduit à merveille, l'exigence de codification et de normalisation de la démarche tout en laissant une très grande liberté d'action. Cherchant à favoriser l'exercice de la démocratie dans une visée clairement normative, la RAP accompagne un dessein politique. Or l'exercice de la démocratie s'effectue dans l'expression de la pluralité des opinions et en ce sens dans une certaine forme de conflictualité sociale. En ce sens, la dimension réflexive est une des spécificités de la RAP, le chercheur devant s'interroger sur sa posture au regard de son propre système de normes et de valeurs.

La différence fondamentale entre la RAP et une démarche scientifique classique tient à la construction du protocole de recherche qui part de l'expérience vécue par les acteurs en établissant un diagnostic partagé. Dans l'esprit d'une recherche de l'action située, l'action et son contexte sont pris en compte simultanément. En ce sens, le protocole établi ne cherche pas coûte que coûte à être

reproductible. La posture consiste à aplanir les rapports hiérarchiques entre chercheurs et participants. Cette posture ne va pas sans poser des problèmes quant à la collecte et l'analyse des données et fait l'objet d'un questionnement réflexif. Cette difficulté est appréhendée de façon critique et réflexive par l'interrogation systématique des liens entre la recherche, l'action et la participation. Ainsi il est possible de développer la réflexion sur trois plans inter-reliés : (1) axiologique (qu'est-ce qui compte le plus de l'action, la participation ou la recherche ?), (2) épistémologique (quelle est la pertinence et la légitimité de ce qui est produit pour la recherche, la société et l'individu qui participe ?) et méthodologique (quelles sont les outils les mieux adaptés à ces approches ?) et (3) psychosociologiques (participation des citoyens aux prises de décision ou participation des scientifiques aux débats publics ?). Pour les chercheurs souhaitant utiliser ce type d'approche, le risque est grand de s'empêtrer dans ces débats. Pour faire avancer leurs programmes, ils doivent être capable de mobiliser le plus grand nombre de participants tout en respectant les positions de chacun [11]. Pratiquer la RAP revient à articuler la pratique et la réflexion autour des trois CO : CO-construction de savoir - CO-engagement pour l'action - CO-opération avec les acteurs. Des études ont permis de construire des typologies en fonction de l'importance de chaque composante [12; 13]. Les méthodes de RAP permettent ainsi de planifier des processus de recherche basés autant sur le dialogue que sur l'analyse de données et qui tentent de répondre à des questions que les gens se posent réellement au bon moment et avec les bons outils.

1.2 Comment développer une ingénierie de la participation sur les questions socioenvironnementales ?

Les missions dédiées à l'ingénierie environnementale couvrent tout un ensemble de domaines disciplinaires devant intégrer les aspects juridiques et réglementaires et s'exercent dans différentes structures (bureaux d'études, associations, secteurs public et privé). La législation impose une expertise sociotechnique comme par exemple les études d'impacts définies dans un cadre réglementaire de la concertation avec la société dite civile. L'ingénierie environnementale consiste alors à construire des dispositifs sociotechniques. Par dispositif il faut entendre ici tout « *un ensemble intentionnel d'éléments hétérogènes (instruments, méthodes, actions publiques, etc.) répartis spécifiquement en fonction d'une finalité attendue* » [14]. Cette partie s'attache à décrire les éléments apparaissant comme les plus pertinents, c'est-à-dire en décrivant de façon critique, le champ de contraintes dans lequel se déploient ses nouvelles formes d'ingénierie environnementale. Comme le souligne Laurent Mermet les solutions ont des effets trop souvent contre-productifs : « *[...], la plupart des approches développées dans le champ de l'environnement [...] reviennent en dernière analyse à instituer comme système d'action pour remédier à un problème environnemental le même système d'action qui porte en lui, souvent profondément inscrites, les causes de ce problème et l'impuissance ou la réticence à les résoudre* » [15].

Apporter des solutions à des préoccupations sociales sur les questions environnementales ne date pas d'aujourd'hui [16]. De l'émergence de l'ère industrielle

à la période de la grande accélération après la deuxième guerre mondiale, elles n'ont cessé d'évoluer et de s'accroître. Initié par des industriels et des dirigeants politiques dans les années 1970, le club de Rome est un des marqueurs de ces changements profonds sur les questions environnementales, caractérisés par un accroissement significatif des mobilisations citoyennes dans les années 1980 et l'émergence de la fameuse notion controversée de développement durable. Les citoyens ne laissant plus les pouvoirs publics agir seuls, la démocratie est devenue réflexive et la société, une société du risque pour reprendre les termes du sociologue allemand Ulrich Beck [17]. C'est dans ce contexte qu'est apparue la notion de contre-expertise développant des approches participatives [18] privilégiant l'hybridation des savoirs savants et profanes (pris dans le sens expérientiels).

Les problèmes environnementaux ainsi ne sont plus abordés - doux euphémisme - de façon technique, mais bien dans l'épaisseur de leur complexité, c'est-à-dire à la fois sur les plans scientifique, technique et social impliquant *de facto* les aspects axiologiques c'est-à-dire politiques, éthiques et moraux [19]. L'ingénierie environnementale tend à être moins calquée sur le modèle d'une science parlant au pouvoir (*science speaks truth to power*) mais doit intégrer de nouveaux modes de régulation de l'expertise, s'intégrant dans le concept de *gouvernance environnementale*. Ce concept se caractérise comme une régulation des processus décisionnels faisant une plus grande ouverture à tout un ensemble d'acteurs [20] dont le fameux citoyen. En effet, la prise en considération de la complexité des enjeux environnementaux à l'échelle d'un territoire permet de faire appel à un panel large d'acteurs mobilisables autour d'ateliers de réflexion, ou de participation au diagnostic territorial, voire jusqu'à l'évaluation des décisions publiques. Ces acteurs sont divers et peuvent être des : ingénieurs, chercheurs, associatifs, socioprofessionnels. Nous remarquons un effort à impliquer le citoyen, l'habitant, l'utilisateur en mobilisant de la même façon sa capacité d'expertise sur un sujet précis. L'ingénierie environnementale qui développe des démarches participatives est soutenue et commence à être accompagnée par des bailleurs (État, Agences d'État, Fondations, secteur privé) permettant la mise en œuvre de ces démarches participatives. La gouvernance environnementale est ici définie comme : « *un processus de négociation et de décision à visée normative qui cherchant à s'inscrire dans les transformations du contexte général d'action collective, favorise des interactions négociées entre une pluralité d'acteurs (autorités publiques, groupes organisés, acteurs du marché, société civile) concernés par la régulation d'un problème commun* » [21]. Objet de nombreuses critiques, elle demeure un concept flou et polysémique désignant à la fois un concept analytique, un principe normatif d'action et une rhétorique dans le débat politique.

Afin de rompre avec la verticalité des prises de décisions d'un pouvoir centralisé, des modes de concertation et de participation horizontaux plus coopératifs et collaboratifs se sont développés afin de (re)mettre le citoyen dans la boucle décisionnelle. Cependant force est de constater qu'un quart de siècle après son émergence, la gouvernance environnementale s'est imposée dans une logique gestionnaire et dont l'efficacité reste à prouver. A force de critiques et d'essoufflement, et, par manque d'appropriation des acteurs, en France, les concepts de développement durable et de gouvernance environnementale ont été recyclés sous

les vocables respectivement de transition écologique et solidaire et d'agir environnemental [22 ; 15]. Notons que ces effets de cosmétique communicationnelle n'épargnent pas les sciences sociales tenues de promouvoir la participation citoyenne. Ainsi la dépendance (ou la proximité) avec les pouvoirs tutélaires est une source constante de tensions. Elle nécessite un questionnement critique et réflexif sur les déplacements de la ligne de front entre les pouvoirs institutionnels et politiques et la recherche prise dans l'étau des logiques gestionnaires trop souvent incompatibles avec son activité propre.

Ces précisions faites, il est aisé de comprendre que bien que sous une forme savante et sérieuse, le terme de dispositif sociotechnique pouvant intégrer une ingénierie de la participation ne doit pas masquer les limites et difficultés d'application. Les études ont montré que la participation citoyenne [23] n'est pas forcément garante d'une meilleure démocratisation, les contestataires les plus virulents se retrouvant mis à l'index et marginalisés [21] et le citoyen lambda tout simplement absent, cantonné durablement aux abonnés anonymes. L'implication du citoyen n'est pas compensée par les revendications de certaines grosses institutions associatives ou organisations non gouvernementales structurées dans des logiques de réseaux d'alliance, dont la représentativité vis-à-vis de la population reste insuffisamment interrogée. On assiste, concernant les consultations citoyennes dans le cadre de mise en œuvre d'action publique ou d'évaluation environnementale réglementaire, de façon récurrente, le cas de certaines organisations dénonçant des formes de connivence avec le pouvoir en place, n'ayant d'autre recours pour dénoncer la mascarade de débat démocratique que de pratiquer la politique de la chaise vide.

2 Le dispositif Artivistes-atelier : une ingénierie participative socioenvironnementale

2.1 Le dispositif en réponse à une double attente citoyenne et politique

Le dispositif Artivistes-atelier s'appuie sur le constat partagé d'un double déficit : « *d'une part déficit de mobilisation et d'implication citoyenne sur les questions environnementales et d'autre part déficit de mise en place de politiques ayant des effets concrets* » [24]. Le dispositif est le fruit de travaux au sein du GDR PARCS dans la logique des sciences participatives décrites précédemment. Sa spécificité est d'apporter des solutions concertées dans le cadre de la mise en place de politiques publiques tout en développant un regard analytique, le fameux R de la recherche. Le dispositif s'ancre à la fois dans le milieu associatif, dans celui des collectivités territoriales, des entreprises et au cœur de la recherche. Le dessein du dispositif Artivistes-atelier est éminemment politique. Parce qu'il est éminemment normatif, il intègre *de facto* l'ensemble des contraintes sur deux plans en interaction. Le premier plan concerne les contraintes internes au système d'action sur la base d'un diagnostic partagé. Le second plan est externe au système d'action, en tant qu'agent extérieur du système-même qu'il vise à modifier. Cet objectif normatif agit de façon axiomatique : partir du constat d'un manque d'efficacité des politiques publiques sur

les questions socioenvironnementales, tenter d'apporter des solutions tout en analysant les limites du nouveau système d'actions.

La première spécificité et sans doute la plus importante du dispositif Artivistes-atelier réside dans la pratique d'une démarche résolument critique et réflexive. L'intégration d'une démarche collaborative et l'adoption d'une posture compréhensive est l'objet d'un double questionnement visant à éviter certains écueils. En effet, dans une volonté d'analyser la mise en place et l'efficacité d'un tel dispositif participatif il est nécessaire d'intégrer dans une démarche collaborative tout un ensemble d'acteurs aux intérêts parfois divergents. Cette démarche est un parti-pris et doit prendre en compte les aspects conflictuels et les rapports de domination et les luttes de pouvoir plus ou moins symboliques. Dans les limites du possible, il prend en compte la conflictualité qui est au cœur de la régulation des problèmes sociaux et nécessaire au bon déroulement de la démocratie d'autant plus si elle se revendique participative. Cependant, son champ d'action est très vite limité et ne s'applique pas dans le cadre de luttes sociales radicalisées, voire violentes. Autrement-dit, son champ d'action s'inscrit dans les limites d'un schéma habermassien régulant le dialogue social par l'exercice d'un débat raisonné. Porter un regard analytique sur ces formes émergentes d'expérimentation territoriale hors du champ d'action du dispositif permet d'identifier en retour les changements sociaux. Dans tous les cas adopter une posture compréhensive vis-à-vis de l'ensemble des acteurs relève d'un numéro d'équilibriste. Cette posture nécessite une appropriation de la pluralité des opinions et des différents *habitus* lexicaux et culturels propres à chaque groupe d'acteurs. Le *modus operandi* du dispositif Artivistes-atelier intègre donc des boucles réflexives continues visant à analyser les jeux d'acteurs et à assumer une posture au regard de son propre système de valeurs. En ce sens le dispositif Artivistes-atelier prévoit une gouvernance plurielle des projets afin de développer une réflexivité collective vis-à-vis des questions d'ordre normatif surgissant au fur et à mesure de la conduite des projets. Cette posture de funambule est inévitablement une source de tensions, d'autant plus qu'elle doit prendre de façon prioritaire la commande initiale du bailleur. Cependant prendre en compte et interroger cette limite est le gage d'une meilleure efficacité sur le terrain.

2.2 Modus operandi

Le schéma ci-dessous décrit les différentes étapes du *modus operandi* allant d'un diagnostic partagé du territoire jusqu'à l'évaluation intégrée du projet et de la portée du dispositif par les participants du groupe multi acteurs constitué lors du projet.

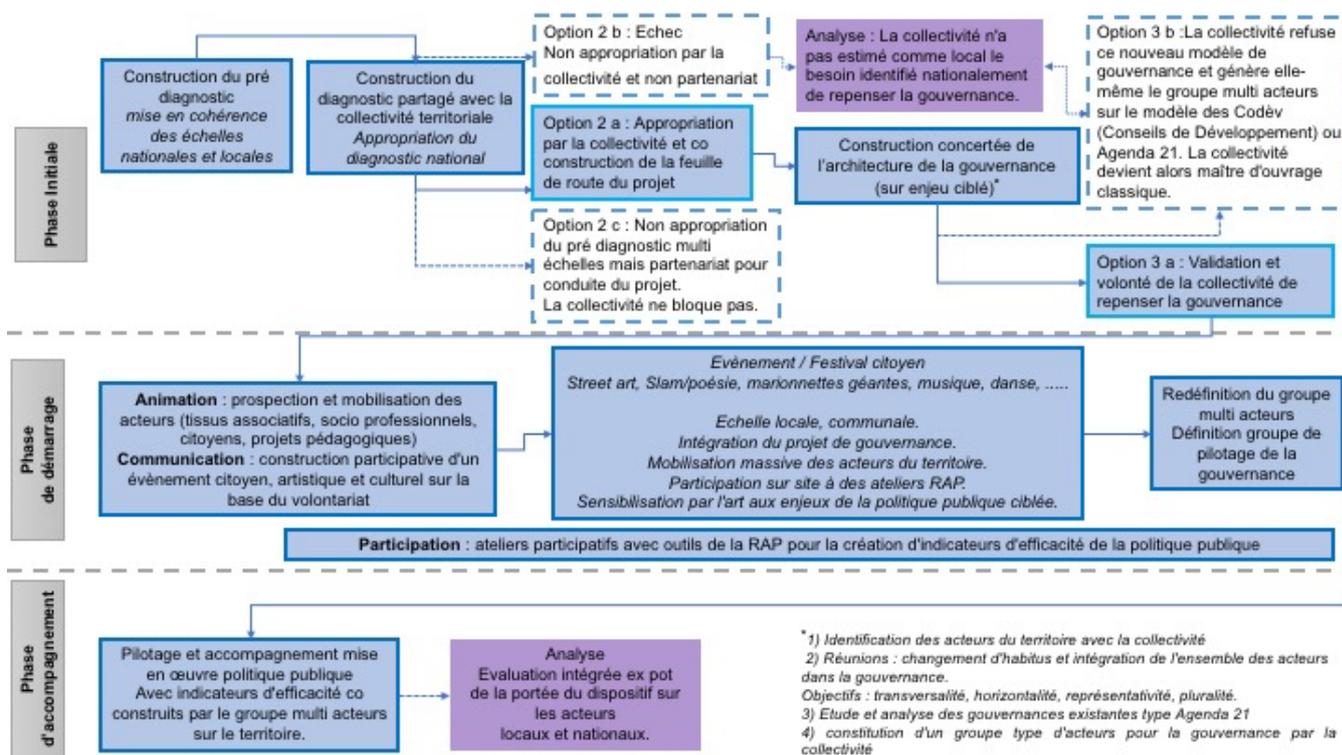


Figure 1 Modus operandi du dispositif Artistes atelier sur les territoires

3 L'insertion du dispositif dans un projet portant sur la qualité de l'air

Les éléments présentés décrivent comment le dispositif en tant que levier d'action opérationnel d'un projet ADEME AACT-AIR, Air Climat Santé Société & Art co-porté par l'association Artistes-atelier et l'UMR ART Dev² a permis de créer des synergies entre les différents acteurs et structurer le volet Sciences Citoyennes d'un autre projet dénommé BREATHE sur le même territoire piloté par l'UMR Géosciences Montpellier³.

La mise en application du dispositif Artistes-atelier sur la qualité de l'air a été conçu de manière à : (1) mobiliser le plus grand nombre d'acteurs ; (2) dynamiser le territoire ; (3) intégrer le citoyen au cœur de la métrologie ; (4) construire des cartographies en temps réel des polluants atmosphériques et de leur origine ; (5) accompagner les politiques publiques et plus particulièrement le PCAET du territoire d'expérimentation. Ces entrées sont analysées à travers la construction d'indicateurs d'efficacité des politiques publiques dans des groupes multi acteurs constitués dans le cadre du projet Air, Climat, Santé, Société & Art. Les questions de recherche sont formulées sur la base des trois thématiques suivantes : Mobiliser/ Dynamiser/ Accompagner. Il s'agit de permettre *in fine* d'identifier les freins et leviers de la mise en place sur le territoire des politiques engluées dans le mille-feuille institutionnel [24]. L'objectif est de co-construire des indicateurs cohérents et pertinents. En effet, le

² UMR5281 ART Dev. Présentation de l'unité mixte de recherche sur le lien suivant (site consulté le 13 juillet 2018).

³ UMR 5243 Géosciences Montpellier. Présentation du laboratoire sur le lien suivant (site consulté le 13 juillet 2018).

système d'action visant à mettre en application les politiques publiques se heurte à la difficulté de définir de façon collective et concertée des indicateurs d'efficacité pertinents [25]. Ces indicateurs doivent prendre en compte les perspectives dynamiques et transformatives d'autres systèmes d'actions dont les effets mobilisent différentes échelles de temps et d'espaces, mais aussi être socialement acceptés afin de pérenniser ces actions indépendamment des portages et agendas politiques. Les indicateurs sont devenus des instruments de pouvoir qui peuvent agir comme une boussole indiquant le nord ou tout autant comme un miroir déformant de légitimation des politiques publiques [26].

3.1. État de l'art sur l'état de l'air

Cette partie dresse à grands traits la toile de fond des problèmes posés à la fois sur la mise en place des politiques publiques et les lignes de fractures entre différents types de métrologies. Le dernier rapport de l'Organisation Mondiale de la Santé [27] sur la pollution de l'air aux particules fines dresse un constat alarmant : plus de 3 millions de décès à l'échelle globale par an et 85 millions d'années perdues dans l'espérance de vie en bonne santé (indicateur DALY). Ces chiffres restent préoccupants à l'échelle de la France qui comptabilise selon ces rapports environ 11 000 décès annuels directement imputés à une mauvaise qualité de l'air ambiant.

Le rapport parlementaire de 2016 sur l'évaluation des politiques publiques de lutte contre la pollution de l'air [28] établit un double constat rejoignant pleinement celui relaté précédemment : (1) à l'heure actuelle, les actions menées sont partielles et insuffisamment structurées, la lutte contre le réchauffement climatique et celle en faveur de l'amélioration de la qualité de l'air restant insuffisamment articulées à la fois aux niveaux local et national ; (2) la gouvernance des politiques anti-pollution reste complexe et instable en raison de plusieurs facteurs (action ministérielle ; planification locale foisonnante et inaboutie ; des marges de manœuvre insuffisantes pour les acteurs de terrain ; des actions insuffisamment évaluées ; une gestion des pics de pollution inappropriée ; un manque de clarté pour le grand public ; des mesures à l'impact limité ; un cadre juridique en cours de révision).

Il existe un découplage persistant entre les dispositifs métrologiques et l'expérience sensible des citoyens [29] historiquement et socialement située dans les évolutions des représentations des pollutions atmosphériques [30]. La métrologie occupe une place centrale en raison des liens étroits entre l'industrie, les enjeux sanitaires et nos modes de vie [31 ; 32 ; 33]. Pourtant, il existe un déficit de connaissance persistant concernant les analyses de l'impact sanitaire en raison de la législation réglementant une politique de seuils et de normes économiquement acceptables au détriment des besoins sanitaires. L'émergence du principe ALARA (*As Low As Reasonably Achievable* « Aussi bas que raisonnablement possible ») dans la directive IPPC (*Integrated Pollution Prevention and Control*) de 1996 [34] illustre bien ces propos. Les mouvements de mobilisation, de capteurs citoyens et de contestation se multiplient [29 ; 35] sans parvenir toutefois à influencer la réglementation notamment sur les particules fines, ni à créer un réel mouvement de démocratisation des enjeux liés à

l'air. Le problème persistant des métrologies citoyennes réside principalement dans le fait qu'elles ne répondent pas aux normes en vigueur et cristallisent les tensions. L'exemple des conflits générés par les mobilisations citoyennes autour des usines d'incinération de déchets sont en ce sens représentatifs de la prévalence des intérêts particuliers. L'objectivation de la donnée sur la qualité de l'air qui répond à des normes métrologiques précises polarise les tensions.

En ce sens, la métrologie des concentrations des particules fines et une bonne connaissance de leur source d'émission sont deux volets importants dans le traitement de ce risque sanitaire. Une politique publique efficace serait de développer à court terme des parades adaptées autres qu'une simple diminution des émissions en milieu urbain et périurbain liées au trafic ou au chauffage au bois par exemple. L'identification de la source de pollution diffuse, enjeu majeur dans les cas de pollutions des milieux naturels est un premier pas vers une mise en œuvre de plans d'action efficaces de lutte mais permet également d'identifier les acteurs et parties prenantes à inviter dans la concertation pour définir les leviers et freins d'actions à mettre en œuvre.

3.2 Les spécificités de l'Agglomération du Pays de l'Or

Le déploiement du dispositif Artivistes-atelier portant sur la qualité de l'air s'effectue à l'échelle du territoire de l'agglomération du Pays de l'Or à l'Est de la Métropole Montpellier Méditerranée. L'Agglomération du Pays de l'Or est composée de huit communes dont celle de Saint-Aunès, lieu de déploiement d'une métrologie expérimentale sur l'air extérieur. Une des spécificités de ce territoire du Pays de l'Or est de compter trois stations balnéaires, La Grande-Motte, Palavas-les-Flots et Carnon, faisant fluctuer sa population de 50 000 à 200 000 habitants durant la période estivale. Au-delà, de l'impact des activités touristiques et de l'importance d'une gestion cohérente des pics de pollutions notamment dus à une concentration accrue de l'ozone dans les basses couches atmosphériques en raison d'un fort ensoleillement, l'Agglomération du Pays de l'Or est un excellent terrain d'expérimentation par la présence de l'aéroport Montpellier Méditerranée, d'un fort développement historique des activités tertiaires, agricoles, viticoles et maraichères, des enjeux vifs de mobilités quasi exclusivement opérées par le réseau routier et la présence sur le territoire limitrophe (Lunel-Vieil) de l'usine d'incinération d'ordures ménagères dite de valorisation des déchets.

Une mobilisation citoyenne est intervenue suite au projet de déplacement et doublement de l'Autoroute A9 au niveau de la commune de Saint-Aunès. Organisée en association (ADPMA9), cette mobilisation a interpellé la commune, les services décentralisés de l'Etat (DREAL LR et Sous-Préfecture de l'Hérault) et la société des Autoroutes du Sud de la France (ASF) sur la crainte d'un danger, celui de voir une dégradation de la qualité de l'air induite par l'augmentation du trafic. Les riverains ont vu une autoroute passer de 2x3 voies à 4x3 voies. Cette mobilisation a abouti à la création par les ASF d'un site expérimental dont l'objectif est d'étudier l'impact des haies arborées sur la qualité de l'air. Ce site assez singulier est composé de deux merlons gérés par les « ASF » plus un merlon communal arborés autour desquels 14

filtres passifs NO₂ et 8 micro-capteurs de particules fines (PM₁₀ et PM_{2.5}) ont été implantés par l'agence de l'air ATMO-Occitanie dans le cadre d'une étude de suivi de l'impact du doublement de l'autoroute avec les « ASF » avec un engagement de traitement et de diffusion des résultats sur une période de 10 ans. Deux stations métrologiques sont aussi opérationnelles aux abords des merlons. Le site est géré par un comité de pilotage regroupant tous les acteurs impliqués (commune, association, entreprises). Sollicités par ce comité de pilotage, nous proposons la mise en place d'une métrologie originale sur le site et ses alentours basée sur les techniques du magnétisme environnemental, techniques permettant "facilement" d'intégrer le citoyen dans un cadre de recherche participative. La métrologie dans « mon jardin », détaillée plus loin, consiste à mesurer les polluants fixés sur les plantes et à doubler la mesure par des filtres passifs classiques afin d'avoir des éléments de contrôle.

3.3 Une métrologie innovante

Il nous a semblé plus intéressant de présenter une métrologie en cours de développement plutôt qu'un processus figé excluant l'ensemble des questions auxquelles les équipes doivent apporter des réponses adaptées. Elle est donc amenée à évoluer en fonction de la prise en compte du contexte relatif au projet. Le magnétisme environnemental est une science relativement nouvelle développée dans les années 80 pour l'étude des sols et des sédiments dans des problématiques de paléoclimatologie [36]. Les développements technologiques permettent de détecter aujourd'hui des signaux magnétiques extrêmement faibles sur différents types de matériaux. En particulier, les travaux pionniers de Barbara Maher et de ses collaborateurs [37 ; 38] ont montré qu'il était possible de réaliser un suivi des particules fines déposées sur les végétaux en appliquant ces techniques de magnétisme des roches sur des prélèvements de feuilles ou d'écorce par exemple [39].

L'intérêt d'une telle approche est double. Tout d'abord il s'agit d'analyses rapides et peu coûteuses permettant ainsi de réaliser un grand nombre de mesures. Cette caractéristique est importante dans une problématique de suivi de pollution à long terme où le citoyen joue un rôle actif dans un programme de sciences citoyennes. Par ailleurs, il existe plusieurs paramètres magnétiques qui, combinés ou non les uns avec les autres, permettent d'obtenir des informations sur la nature, la taille et la concentration relative des particules fines déposées à la surface de ces filtres naturels que sont les végétaux. Par exemple une étude préliminaire que nous avons réalisée dans le cadre d'un stage de master dans la métropole de Montpellier [40] a montré sans équivoque le dépôt sur les végétaux en bordure de voies de circulation de particules d'origine anthropique de diverses dimensions et en particulier des particules ultrafines de taille < à 30 nm. Ces particules de taille nanométrique ne sont pas détectées par les mesures réglementaires, or elles présentent une dangerosité potentiellement importante car elles sont susceptibles de traverser la paroi pulmonaire et ainsi passer dans le sang ou encore atteindre le cerveau par le nerf olfactif [41]. Ces nanoparticules sont par ailleurs les plus nombreuses en milieu urbain [42]. Que cela soit en vertu du principe de Paracelse (XVI^{ème} siècle) c'est « *dans la dose qu'est le poison* » ou des effets cocktails encore mal connus les répercussions sanitaires

représentent un enjeu majeur⁴. La méthode magnétique pourtant très prometteuse reste aujourd'hui à un stade qualitatif permettant uniquement de réaliser que des comparaisons relatives dans les concentrations des seules particules qui contiennent du fer. Même si les travaux initiaux [37] ont montré que ces mesures pouvaient être de bons indicateurs de métaux lourds non magnétiques, un étalonnage précis reste à faire et sera un volet important de nos recherches futures. Nous préconisons pour cela une approche pluridisciplinaire alliant des mesures de géochimie isotopique et de magnétisme environnemental sur des végétaux dont les objectifs seront : (i) de tracer les sources potentielles des particules fines comme les résidus de combustion (gaz d'échappement), l'abrasion de la route, des pneus, des freins mais aussi des rails et des roues des trains, ou encore les sources naturelles (érosion des sols, sable saharien etc...), (ii) d'établir des corrélations, si elles existent, entre les mesures magnétiques et différents métaux lourds non-magnétiques qui ont un rôle impactant sur la santé [43] (plomb, cadmium, antimoine etc...). Pour cela nous développons un banc d'essai expérimental (tunnel à vent) qui se situe à proximité de l'autoroute A9. Ce banc expérimental sert à effectuer des tests de dépôts de particules fines de nature et de concentration contrôlées sur les différentes espèces végétales présentes sur les merlons autoroutiers pour différentes vitesses de circulation d'air. Le site expérimental de Saint-Aunès représente ainsi un terrain test. Ce banc expérimental servira aussi de catalyseur à un programme de recherche en Sciences Citoyennes pour délivrer une étude objectivant les impacts relatifs de l'autoroute et de la voie ferrée sur l'ensemble de la commune de Saint Aunès, au-delà des trois merlons autoroutiers. L'idée est d'établir le degré de précision de la mesure magnétique sur biocapteurs dans le cadre d'un suivi décennal des particules fines sur le site expérimental de Saint-Aunès. Nous avons l'ambition de proposer des pistes concernant les solutions pour un piégeage optimal des particules fines par les végétaux en bordure de voies de circulations. Dans cette optique, nous avons réalisé une étude préliminaire sur la commune de Saint-Aunès avant le 30 Mai 2017, date de la mise en circulation de la nouvelle autoroute, afin de faire en quelque sorte un état initial. Avec l'aide des services des espaces verts de la commune de Saint-Aunès, plusieurs campagnes de prélèvements et de mesures ont été réalisées. Trois espèces végétales ont été prélevées et étudiées en laboratoire : le chêne blanc, l'érable de Montpellier, et les ronces. Les résultats obtenus sont très intéressants. Par exemple, sur la Figure 2, sont représentées les intensités magnétiques mesurées sur des feuilles de ronces prélevées le long d'un ruisseau situé en bordure du village au Nord et en bordure de vignes au Sud de l'autoroute, profil qui s'étend au sud jusqu'à 250 m au-delà de la voie ferrée. Ces prélèvements et mesures réalisés sur deux jours qui encadrent l'ouverture de l'autoroute sont comparés à des mesures réalisées sur des feuilles de ronce prélevées en bordure de l'avenue d'Agropolis à Montpellier et dans un milieu protégé (pinède dans la campagne au nord de Montpellier). Les résultats sont parlants et ne nécessitent pas de commentaires exhaustifs. Nous voyons que le niveau de particules fines de part et d'autre de l'autoroute se situe à un niveau intermédiaire entre un milieu

⁴ Il est important de préciser que la norme sur les alertes concernant la pollution de l'air est fixée suivant le principe de Paracelse. Les seuils fixés à ne pas dépasser correspondent à des moyennes journalières et non des pics de pollutions instantanées. Par exemple les seuils sont dépassés largement toutes les fins d'après midi en milieu urbain, quand les gens rentrent du travail. Il apparaît judicieux de questionner la répétition de ces pics sur la santé en fonction de sa variabilité journalière et comme c'est le cas actuellement sur le taux moyen journaliers.

isolé et une avenue urbaine. Ils nous indiquent aussi qu'il sera important de prendre en compte la présence de la voie ferrée au sud et celle de la départementale D24E2 au nord dans le périmètre de notre étude. Les vents dominants (majoritairement du Nord vers le Sud) seront aussi un paramètre à intégrer dans l'étude.

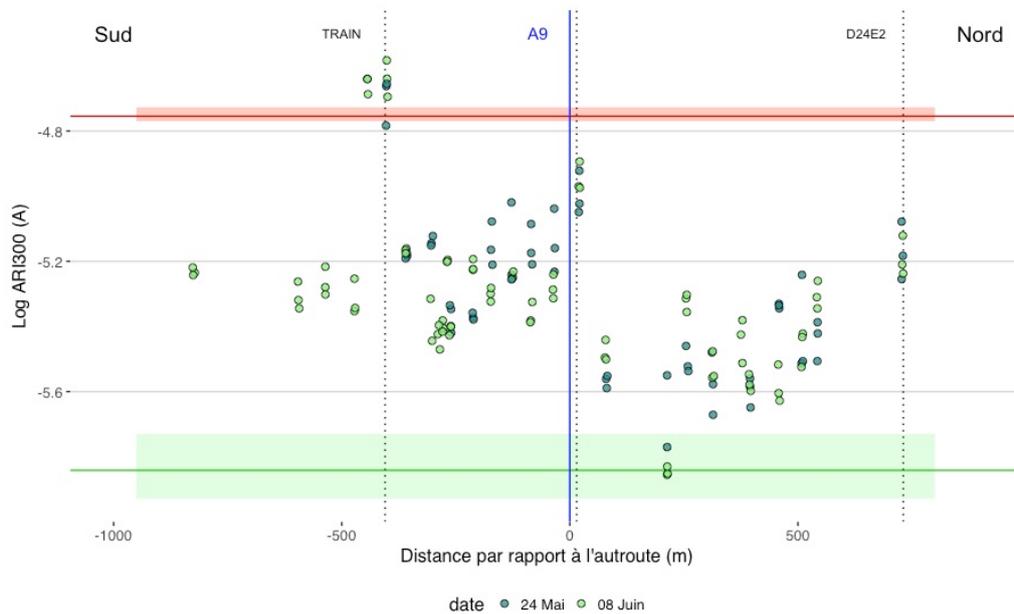
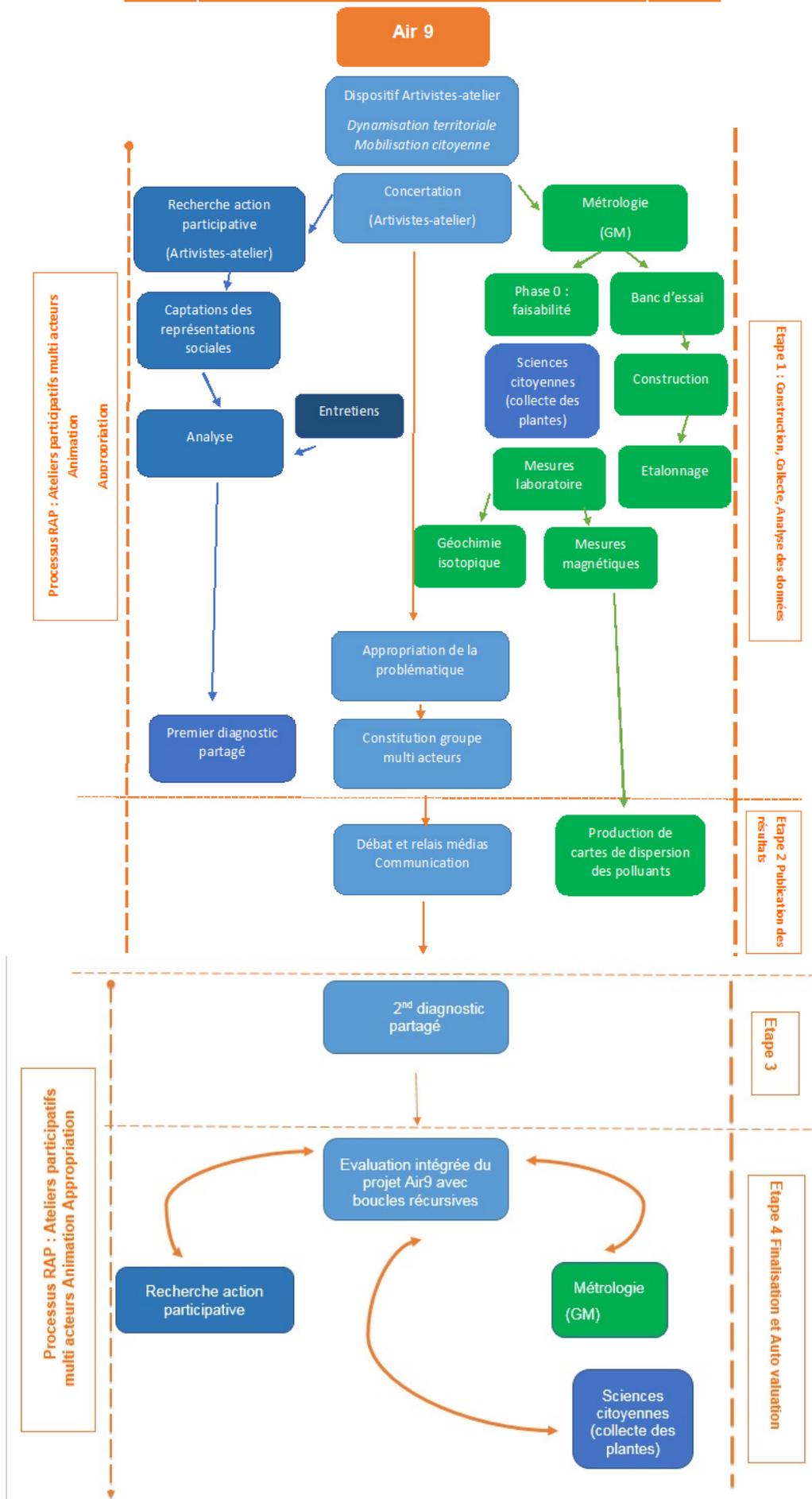


Figure 2 Aimantation rémanente à saturation mesurée sur des feuilles de ronces en fonction de la distance à l'autoroute. Par hypothèse de travail, plus les valeurs de l'intensité d'aimantation sont élevées, plus le taux de particules fines déposées sur les végétaux est important. Les barres d'erreurs sur la mesure sont plus petites que la taille des symboles. Les intervalles représentés en rouge et en vert correspondent respectivement à la gamme de valeurs trouvées le long d'une avenue urbaine dans Montpellier et dans un milieu isolé de tout trafic (pinède).

3.3 Construire des *Design* pour répondre à des problèmes

Répondre à une double demande (des citoyens et des décisionnaires) par une métrologie expérimentale et innovante dans le but de créer de manière participative les bases d'un outil d'aide à la décision sur les enjeux de qualité de l'air sur le territoire de Saint Aunés (Hérault, France)



4. L'intégration du citoyen dans l'analyse de la qualité de l'air par une métrologie des dépôts de poussières sur bio-matériaux

Sur le plan général, la métrologie de la qualité de l'air dès lors qu'elle est associée à une prise de décision politique se heurte à deux difficultés. En effet, il s'agit de maîtriser d'une part les incertitudes liées aux mesures et d'autre part la traçabilité des dispersions des polluants atmosphériques. A ces problèmes généraux de construction et de normalisation du chiffre permettant une interprétation fiable de l'information scientifique élaborée vient s'ajouter une difficulté liée à la calibration du matériel permettant de maîtriser l'homogénéité des mesures provenant de différents procédés. C'est un défi que se propose de relever le projet permettant d'établir les conditions suffisantes favorisant l'implication de l'ensemble des acteurs dans le processus de concertation en amont et déterminant la décision politique. Autrement-dit, la normalisation de la métrologie, la maîtrise des incertitudes et la traçabilité des polluants doit se faire dans le cadre contraint des réglementations en vigueur.

4.1 Quels sont les questions métrologiques qui se posent ?

Un des défis de notre approche est de faire entrer dans la métrologie la composante citoyenne aux contours variables et parfois un peu flous dans le « carcan » de la métrologie qui est extrêmement défini par les standards. Au sens large suivant, si l'on considère la définition du Bureau international des poids et mesures (BIPM) la métrologie est la science des mesurages et ses applications. Elle intègre tous les aspects théoriques et pratiques des mesurages, quels que soient l'incertitude de mesure et le domaine d'application. Le cadre métrologique décrit dans cet article revêt une spécificité allant au-delà de la définition classique énoncée ci-dessus par l'intégration d'une dimension citoyenne. En ce sens nous tentons de répondre aux questions suivantes :

- Quelles sont les grandeurs physiques (considérées comme la propriété d'un phénomène, d'un corps ou d'une substance, que l'on peut exprimer quantitativement) que nous voulons mesurer tout en intégrant le citoyen dans le dispositif métrologique ?
- Quelles sont les obstacles épistémologiques relatifs à ce type de métrologie citoyenne ?
- Comment prendre en compte l'hétérogénéité des connaissances des citoyens dans un processus commun ?
- Comment relever les défis liés à la manipulation des échantillons par de nombreuses personnes tout en prenant en compte les méthodes de comptage de particules à mettre en œuvre pendant toute la durée de l'expérimentation ?

- Comment quantifier et identifier les particules et leurs sources à l'aide des techniques de magnétisme environnemental et de géochimie isotopique ?
- Quelle est l'aptitude d'un végétal à piéger les particules ?
- Comment identifier en première approximation l'espèce la plus représentative dans le maillage choisi permettant une couverture sur le maillage suffisamment homogène ?
- Faut-il inventer un paramètre, une unité pour quantifier cette propriété ?
- Est-il possible d'établir un catalogue des espèces végétales locales qui piègent les particules fines ?

Préalablement, il convient de définir le système de mesure adapté à l'objectif du projet : analyser l'impact des haies arborées sur la qualité de l'air. Les éléments qui influent directement sur la métrologie mise en place avec le banc expérimental dédié à cette étude sont les suivants : (1) choix des essences végétales ; (2) préparation de l'échantillonnage avec les citoyens ; (3) comptage des particules dans l'air libre à l'extérieur du banc ; (4) conception et construction d'un banc expérimental adapté à la problématique ; (5) positionnement des échantillons dans le banc expérimental et en extérieur ; (6) manipulation des échantillons avant et après l'exposition aux particules ; (7) récupération des échantillons pour mesures en laboratoire ; (8) acquisition, traitement, transfert et stockage des données et résultats ; (9) diffusion des résultats.

<p>(1) Choix des essences végétales</p>	<p>L'impact des haies arborées sur la qualité de l'air est étudié en utilisant les espèces locales disponibles qui se trouvent dans les jardins et dans l'environnement des citoyens qui participent à la métrologie.</p>
<p>(2) Préparation de l'échantillonnage avec les citoyens</p>	<p>Pendant la manipulation, Il est indispensable de préserver le dépôt de polluant sur les végétaux. Un protocole simple à mettre en œuvre et strict doit être défini et enseigné aux volontaires qui prélèvent dans leurs jardins. Ce même protocole doit être appliqué aux végétaux utilisés dans le banc expérimental. Dans la mesure du possible il est préférable de privilégier des méthodes éprouvées et standardisées.</p>
<p>(3) Comptage des particules dans l'air libre à l'extérieur du banc</p>	<p>Le comptage de particule disponible en 'temps réel' auprès d'ATMO-Occitanie (PM 10 et PM 2.5) permet d'établir la ligne de base de la mesure effectuée dans le banc expérimental. Pour compléter la dynamique du mesurage et afin de compter les particules de taille inférieure à PM2.5, nous utilisons un compteur de particules extérieur supplémentaire calé temporellement sur les capteurs ATMO.</p>
<p>(4) Conception et construction d'un banc expérimental adapté à la problématique</p>	<p>Objectif : Afin de 'reproduire' les conditions extérieures (PM, T, P, RH), nous utilisons un tunnel à vent dans lequel circule l'air pris à l'extérieur et qui passe au travers 1) des espèces végétales à étudier et 2) de filtres témoins passifs. L'air qui y circule est le même que celui dans lequel les citoyens prélèvent leurs échantillons à l'air libre.</p> <p>Caractérisation du banc avec des instruments de mesure adaptés :</p> <ul style="list-style-type: none"> o Caractérisation aérodynamique : Il est nécessaire d'asservir précisément la vitesse du ventilateur extracteur d'air de

	<p>0.1 à 10 m/s (0,3 km à 36km/h). Il faut ensuite déterminer les profils de vitesse dans le tunnel à vent. Nous utilisons un anémomètre à fil chaud de précision associé à un réseau d'anémomètres 'low-cost' pour la réalisation d'un profil de vitesse global dans tout le volume de la zone expérimentale en fonction des vitesses de vent. Des mesures de pression, de température et d'humidité complètent cette caractérisation.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Injection et comptage de particules connues (quantitatif et qualitatif) : L'injection des particules se fait à l'entrée du banc expérimental. Le comptage est également réalisé dans le banc expérimental à l'aide d'un compteur de particule de laboratoire couvrant toute la gamme de taille des particules. Ces mesures in-situ sont comparées avec les mesures à l'air libre.
(5) Positionnement des échantillons dans le banc expérimental et en extérieur	<p>La longueur de la zone centrale du tunnel à vent comprise entre deux et trois mètres permet de simuler différents types de configurations, comme par exemple, une succession de haies composées de différentes espèces végétales complémentaires. En extérieur les échantillons sont prélevés de façon régulière sur la zone d'étude afin de réaliser la cartographie. L'échantillonnage est complété par la pose de filtres témoins passifs.</p>
(6) Manipulation des échantillons avant et après l'exposition aux particules (protocole)	<p>Il s'agit d'une phase prépondérante dans laquelle les citoyens volontaires jouent un rôle important pendant toute la durée de l'expérimentation. La communication et la formation des citoyens sont parties intégrantes du processus métrologique.</p>
(7) Récupération des échantillons pour mesures en laboratoire	<p>Magnétisme et géochimie : Les échantillons prélevés chez les citoyens et ceux traités dans le banc expérimental sont étudiés dans le laboratoire de magnétisme de Géosciences Montpellier. Les mesures géochimiques permettent d'identifier les sources des particules. L'ensemble de ces mesures associées aux mesures réalisées dans le banc expérimental et dans l'environnement des citoyens impliqués dans l'étude garanti la traçabilité de la métrologie.</p> <p>Corrélation des résultats : un objectif principal de cette métrologie est de pouvoir identifier la source des polluants tout en quantifiant leur présence sur les végétaux.</p>
(8) Acquisition, traitement, transfert et stockage des données et résultats	<p>Nous nous efforçons d'acquérir les données de mesures physiques de façon synchrone. Les données pourront être traitées sur place au plus près du tunnel à vent mais feront également l'objet d'une transmission à distance vers le laboratoire Géosciences.</p>
(9) Diffusion des résultats	<p>Après traitement et analyse toutes les données et cartes seront accessibles sur une base de données.</p>

L'ensemble de ces points doit prendre en compte la récessivité de reproductibilité, considérée comme la condition de mesurage dans un ensemble de conditions qui comprennent des lieux, des opérateurs et des systèmes de mesure différents, ainsi

que des mesurages répétés sur le même objet ou des objets similaires. C'est donc bien une véritable métrologie qu'il s'agit de développer devant prendre en compte une hétérogénéité de lieux, d'objets et d'opérateurs.

4.2 Quelles sont les solutions apportées ? Construction du banc expérimental (Tunnel à vent)

La conception du tunnel à vent et de ses composantes pouvant mener à un dépôt de brevet, cet article est donc limité dans la description de détails techniques susceptibles d'entraver tout processus de valorisation industrielle. Le tunnel à vent est conçu de façon à reproduire des conditions atmosphériques similaires à celles présentes à l'air libre. Il n'est donc pas conçu pour aborder l'étude des phénomènes aérodynamiques, ni de mesurer le niveau de pollution sur le site.

Ce tunnel instrumenté d'une longueur de 6m offre une section carrée de 0,75 m² suffisante pour placer les végétaux dans un flux d'air dont la vitesse sera régulée. Les composants sélectionnés ainsi que l'architecture du banc permettront de produire un vent dont la vitesse peut varier de 0.1 à 10m/s (36km/h max). L'accès à la zone d'exposition aux particules est suffisamment grand pour faciliter l'accès et éviter la « perte » des particules fixées sur les feuilles et les filtres témoins passifs. Un dispositif de comptage des particules est inséré dans le tunnel afin d'enregistrer l'évolution du nombre des particules en amont et en aval des échantillons dans le but d'avoir un élément de comparaison avec les mesures faites à l'extérieur avec les capteurs étalonnés ATMO. Il est bien également, dans la mesure du possible, d'utiliser en parallèle des capteurs de particules « *low-cost* » disponibles sur le marché afin d'élargir nos capacités de mesures. Les mesures obtenues avec ces capteurs seront ajustées avec celles des capteurs ATMO. Les protocoles d'exposition des échantillons seront précisément déterminés afin de pouvoir conduire de front les mesures magnétiques et géochimiques au laboratoire.

Le tunnel est construit sur le site des services techniques de la ville de Saint-Aunès. Il s'agit d'intégrer le citoyen dans l'analyse de la qualité de l'air qu'il respire. Dans ce but, le public pourra visiter les installations. Il est donc important de concevoir un instrument facile à mettre en œuvre, éducatif, didactique et agréable à regarder. L'objectif est double : (1) effectuer les mesurages nécessaires à la métrologie et (2) former le citoyen et le faire participer activement à la métrologie.

Le banc expérimental se compose de deux parties distinctes et éloignées l'une de l'autre. La première est le tunnel à vent situé à Saint-Aunès. La seconde se trouve dans le laboratoire Géosciences Montpellier où se feront les mesures magnétiques et géochimiques. Il est tout aussi important d'ouvrir les laboratoires expérimentaux au public pour qu'il ait une vue d'ensemble sur la métrologie.

4.3 Intégration citoyenne d'une métrologie sur bio-capteurs

L'intégration du citoyen dans la métrologie relève du défi. Il existe un phénomène d'enthousiasme communicatif soulevé par la perspective d'intégrer un programme de Sciences Citoyennes permettant de savoir précisément ce que l'on respire dans son lieu de vie quotidien. Cependant, les capacités d'« *empowerment* » citoyen sont limitées et la pérennisation de la mobilisation malgré l'importance des

enjeux est loin d'être évidente. De plus, il est important de prendre en compte la spécificité de la commune de Saint-Aunès, située en zone périurbaine et pouvant être apparentée à une zone d'habitat essentiellement pavillonnaire. Le défi est d'autant plus important que la mobilisation doit être massive afin d'avoir un maillage fin du dispositif.

L'intégration des citoyens nécessite donc de mettre en place et de déployer une formation à l'ensemble des enjeux relatifs à l'air et à la métrologie. Le déploiement d'une telle formation doit autant que faire se peut casser les codes d'un enseignement magistral en proposant des formats participatifs et ludiques permettant une montée en compétences indirecte. La difficulté est de construire les instruments d'une évaluation des apports d'un tel apprentissage sans passer par la case « interrogation » pouvant être un facteur de démotivation. En ce sens, le processus prévoit une évaluation intégrée indirecte sur la base d'indicateurs de maîtrise de la métrologie du projet en lien étroit avec un laboratoire spécialisé dans le champ des sciences de l'éducation (LIRDEF⁵).

L'originalité et l'efficacité du dispositif de Sciences Citoyennes est de développer dans la commune des actions culturelles et artistiques soutenues par le volet éducatif Artivistes-atelier. Ce volet consiste à déployer une éducation dans et hors les murs de l'ensemble des établissements scolaires de la commune. L'implication des plus jeunes permet de dynamiser le territoire afin de mettre de la cohérence dans le programme de Sciences Citoyennes. Le programme se découpe en deux phases :

(1) Un éducateur environnement et Développement Durable et un artiste interviennent sur le temps scolaire, dans les murs des écoles afin de développer une approche sensible avec les élèves aux enjeux autour de la qualité de l'air croisant ceux du climat, de la biodiversité, de l'énergie, de la mobilité et de la santé. Dans chaque école est réalisée une exposition artistique pouvant servir d'amorce ou de prolongement d'un projet d'établissement sur les questions environnementales et de développement durable.

(2) Un évènement Artivistes-atelier est réalisé hors les murs dans la commune intégrant les créations des élèves dans un festival plus large mêlant Street Art, danse, marionnettes géantes, musique, poésie et slam, etc... sur le thème des enjeux de qualité de l'air. Cet évènement citoyen et culturel permet de mobiliser massivement l'ensemble des habitants autour des ateliers participatifs dans le cadre du programme de Sciences Citoyennes directement dans la rue au plus près de leur espace de vie. L'évènement se délocalise jusqu'au banc expérimental permettant aux citoyens de décroquer véritablement la métrologie dans un processus métaphoriquement à ciel ouvert. L'évènement permet de marquer une première étape afin de débiter le programme de métrologie citoyenne et la formation des habitants souhaitant intégrer le dispositif.

La cohérence du programme sur le plan scientifique ainsi que la pérennisation de la mobilisation ne sont possibles qu'en nourrissant et favorisant les liens sociaux stimulés par la force de l'expérience collective. L'art et la culture permettent un accès plus intuitif et « facile » à des objets de sciences pouvant être des facteurs de blocage pour les citoyens les plus éloignés des questions scientifiques.

⁵ LIRDEF. Plus d'informations sur le laboratoire sur le lien suivant : (site consulté e 13 juillet 2018).

5. Conclusion

Afin de mettre en lumière la démarche générale, il nous est apparu plus pertinent de décrire un projet en train de se faire. Le projet de bio-surveillance participative relève véritablement de l'innovation sociale et scientifique dans le sens où il est bien plus ambitieux qu'une simple évolution des comportements. En effet, dans un contexte politique local très actif sur les enjeux de mobilité et de modification des usages en vue d'une adaptation au changement climatique (SCoT du Pays de l'Or, Trame verte et bleue, etc.), le potentiel de ce projet est considérable en termes de construction participative de la décision publique et de dynamisation voire de facilitation de la gestion participative du territoire pour notamment, identifier, mobiliser et intégrer les parties prenantes dans le processus participatif. La dynamique de ce projet peut constituer un marqueur d'efficacité des processus participatifs de construction des politiques publiques sur l'air, notamment dans la phase initiale de diagnostic partagé. Bien que le projet en lui-même soit de nature exploratoire, il s'intègre dans un projet de territoire plus large d'accompagnement des politiques publiques sur la qualité de l'air et notamment la construction du Plan Climat Air Énergie Territoire de l'Agglomération du Pays de l'Or.

La métrologie citoyenne visant à être développée permettra de produire des cartographies de la dispersion des polluants en ayant identifié leur origine. Dans un environnement social très fragmenté, les perspectives offertes par ce type de projet permettent de décroisonner véritablement les sciences en société.

L'exemple ici traité permet d'augurer des évolutions du métier d'ingénieur vers un développement des compétences dans le champ des sciences humaines et sociales afin de pouvoir développer des solutions véritablement intégratives permettant l'implication de l'ensemble des acteurs, décideurs, agents des collectivités, citoyens, acteurs des secteurs économiques et sociaux.

- [1] GDR PARCS ([page consultée le 28 avril 2018](#))
- [2] COMETS Avis les « sciences citoyennes » 25 juin 2015 ([page consultée le 25 avril 2018](#))
- [3] IRWIN Alan. – *Citizen Science: A Study of People, Expertise and Sustainable Development*. Psychology Press (1995).
- [4] ROSNER Hillary. – *Data on wings*. *Scientific American*, 308(2), 68–73. DOI: 10.1038/scientificamerican0213-68 (2013).
- [5] CYBELLE PLANETE ([page consultée le 13 juillet 2018](#))
- [6] OBSERVATOIRE DES SAISONS ([page consultée le 13 juillet 2018](#))
- [7] MORIN Edgar. – *Introduction à la pensée complexe*, Paris, Editions Du Seuil, (1990).
- [8] CHEVALIER Dominique. et al. – « *La dialectique de la mobilisation et de l'injonction dans la 'petite fabrique locale' du développement urbain durable* », *Urbia*, pp. 29-43, (2007).
- [9] CHEVALIER Jacques., BUCKLES Daniel. – *SAS2 : Guide sur la recherche collaborative et l'engagement social*. ESKA, Paris, (2009).
- [10] CHEVALIER Jacques., BOURASSA Martial. et BUCKLES Daniel. – *Guide de la recherche action, la planification et l'évaluation participatives en éducation*, Gatineau, SAS2 Dialogue, (2011).
- [11] BŒUF Gilles., et al. – « *L'apport des sciences participatives à la connaissance de la biodiversité en France* », *La lettre de l'OCIM*, 144, pp. 8-18, (2012).
- [12] STORUP Bérengère., NEUBAUER Claudia. et MILLOT Glen. – *La Recherche participative comme mode de production de savoirs : un état des lieux des pratiques en France*, Paris, Fondation sciences citoyennes, (2013).
- [13] GONZALEZ - LAPORTE Christian. – *Recherche-action participative, collaborative, intervention... Quelles explicitations ?* [Rapport de recherche] Labex ITEM. (2014).
- [14] ZITTOUN Philippe Dispositif, in CASTILLO, (I.) avec BARBIER Rémi, BLONDIAUX Loïc, CHATEAURAYNAUD Francis, FOURNIAU Jean-Michel, NEVEU Catherine et SALLES Denis *Dictionnaire critique et interdisciplinaire de la participation 2013* ([page consultée le 25 avril 2018](#))
- [15] MERMET Laurent. et al., – « *L'analyse de la gestion environnementale : un cadre théorique pour penser l'efficacité en matière d'environnement* », *Natures Sciences Sociétés*, vol. 13, no. 2, 2005, pp. 127-137, (2005).
- [16] FRESSOZ Jean-Baptiste. – *L'apocalypse joyeuse. Une histoire du risque technologique*, Paris, Le Seuil, (2012).
- [17] BECK Ulrich. – *La société du risque. Sur la voie d'une autre modernité*, Paris : Flammarion (2001 [1986]).
- [18] TREPOS Jean-Yves. – « *Les ingénieurs au défi des expertises participatives* », *Technique de l'ingénieur*, Ag700 (2015).
- [19] HEINICH – *Des valeurs. Une approche sociologique*, Paris, Gallimard, coll. « Bibliothèque des Sciences humaines », (2017).
- [20] PITSEYS John. – « *Le concept de gouvernance* », *Revue interdisciplinaire d'études juridiques* 2010/2 (Volume 65), p. 207-228 (2010).
- [21] SALLES Denis et LEROY Pieter *Gouvernance environnementale*, in CASTILLO, (I.) avec BARBIER Rémi, BLONDIAUX Loïc, CHATEAURAYNAUD Francis, FOURNIAU Jean-Michel, NEVEU Catherine et SALLES Denis *Dictionnaire critique et interdisciplinaire de la participation 2013* ([page consultée le 25 avril 2018](#))
- [22] LARRERE Catherine. et LARRERE Raphaël. – *Penser et agir avec la nature. Une enquête*

philosophique, La découverte- Avril (2015).

[23] BLONDIAUX Loïc. et FOURNIAU Jean-Michel. – « *Un bilan des recherches sur la participation du public en démocratie : beaucoup de bruit pour rien ?* », *Participations*, Vol 1 (1), p. 8-35, (2011).

[24] DOSIAS PERLA Davia. et al. – « *La fabrique participative des politiques publiques une arlesienne ? Le dispositif artistes-atelier « on air »* N° spécial : Technosciences et Innovations Citoyennes. Technosciences and Citizen Innovations. Journal « Technologie et Innovations ». Volume 18-4., Paris, (2018).

[25] MONNIER Éric. et DURAN Patrice. – « *Le développement de l'évaluation en France. Nécessités techniques et exigences politiques* », *Revue française de science politique*, pp235-262, (1992).

[26] ZITOUN Philippe. – « *Des indicateurs pour gouverner : boussoles ou miroirs déformants* », collection « recherche » du PUCA, n°196, Paris, (2009).

[27] WORLD HEALTH ORGANIZATION, – *Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease*, (2016).

[28] ROUMEGAS Jean -Louis et SADDIER Martial – Rapport d'information par le Comité d'évaluation et de contrôle des politiques publiques sur l'évaluation des politiques publiques de lutte contre la pollution de l'air, 2016 ([page consultée le 16 mai 2018](#))

[29] CHATEAURAYNAUD Francis et DEBAZ, Josquin – Des alertes à couper le souffle. Point sociologique sur les particules fines et la pollution atmosphérique , *Socio-informatique et argumentation*, 15 octobre 2012 (page consultée le 16 mai 2018)

[30] CHARVOLIN Florian. et al. – *Un air familier – Socio histoire des pollutions atmosphériques*, Les Mines – Paristech, (2015).

[31] GUILLERME André. et al. – *Dangereux, insalubres et incommodes : paysages industriels en banlieue parisienne*, Seyssel, Champ Vallon, (2004).

[32] MASSARD-GUILBAUD Geneviève – *Histoire de la pollution industrielle : France, 1789-1914*, Paris, Éditions de l'EHESS, (2010).

[33] VILLERMÉ Louis-René – *La Mortalité dans les divers quartiers de Paris*, Paris, La Fabrique Éditions, (2008 [1830]).

[34] DIRECTIVE IPCC (Integrate Pollution Prevention and Control), (1996).

[35] CHATEAURAYNAUD, Francis. et DEBAZ, Josquin De la métrologie en démocratie. La nouvelle vague des capteurs citoyens, *Socio-informatique et argumentation*, 30 septembre 2013 https://socioargu.hypotheses.org/4505#identifier_17_4505 (page consultée le 6 mai 2018).

[36] EVANS, Michael et HELLER, Friedrich. - *Environmental magnetism: principles and applications*, Academic Press, 293 p., 2003.

[37] MAHER Barbara, et al. – *Spatial variation in vehicle-derived metal pollution identified by magnetic and elemental analysis of roadside tree leaves*, *Atmospheric Environment*, 42, 364–373, 2008.

[38] MITCHELL R., et MAHER Barbara – *Evaluation and application of biomagnetic monitoring of traffic-derived particulate pollution*, *Atmospheric Environment* 43, 2095–2103, 2009.

[39] HOFMAN Jelle, MAHER Barbara, MUXWORTHY Adrian, et al. “Biomagnetic Monitoring of Atmospheric Pollution: A Review of Magnetic Signatures from Biological Sensors,” *Environmental Science and Technology*, vol. 51, no. 12. pp. 6648–6664, 2017.

[40] CAMPS Pierre. et al., – *Magnetic biomonitoring of particulate pollution in the city of Montpellier (France): The relative contribution of vehicles and trams.*, 15th castle meeting,

Dinant, (2016).

[41] MAHER Barbara et al., – *Magnetite pollution nanoparticles in the human brain*, PNAS, vol 113, n39 , pp 10797-10801, 2016.

[42] GROBERTY Bernard. et al., – *Airborne particles in the urban environment*, Elements, vol 6, p229-234, 2010.

[43] FORTUL Teresa et al., – *Health Effects of Metals in Particulate Matter*, Intech, chap 25., p571-608, (2015).