

**Comité d'experts spécialisé CES Évaluation des risques liés aux milieux aériens -  
CES AIR 2021-2023**

**Procès-verbal de la réunion  
du 10 mars 2022**

*Considérant le décret n° 2012-745 du 9 mai 2012 relatif à la déclaration publique d'intérêts et à la transparence en matière de santé publique et de sécurité sanitaire, ce procès-verbal retranscrit de manière synthétique les débats d'un collectif d'experts qui conduisent à l'adoption de conclusions. Ces conclusions fondent un avis de l'Anses sur une question de santé publique et de sécurité sanitaire, préalablement à une décision administrative.  
Les avis de l'Anses sont publiés sur son site internet ([www.anses.fr](http://www.anses.fr)).*

**Étaient présents le 10 mars 2022 :**

Madame Rachel NADIF (président de séance)  
Monsieur Hervé LABORDE-CASTEROT (vice-président de séance)

Madame Sophie ACHARD, Monsieur Fabrice ALLIOT, Monsieur Michel ANDRÉ, Madame Nathalie BONVALLOT, Monsieur Patrick BROCHARD, Madame Fleur DELVA, Monsieur Jean-Dominique DEWITTE, Monsieur Marc DURIF, Monsieur François GAIE-LEVREL, Monsieur Philippe GLORENNEC, Madame Marianne GUILLEMOT, Madame Marion HULIN, Madame Bénédicte JACQUEMIN, Monsieur Olivier JOUBERT, Madame Juliette LARBRE, Madame Barbara LE BOT, Madame Danièle LUCE, Madame Corinne MANDIN, Madame Anne OPPLIGER, Monsieur Pierre PERNOT, Monsieur Nhan PHAM THI, Monsieur Jean-Marc THIBAUDIER

**Étaient absents ou excusés :**

Madame Emilie FREALLE, Madame Johanna LEPEULE  
Monsieur Patrick BROCHARD était présent lors des débats de la matinée, mais était absent lors de la validation formelle l'après-midi.

**Présidence**

Madame Rachel NADIF assure la présidence de la séance pour la journée.

**1. ORDRE DU JOUR**

L'expertise ayant fait l'objet d'une finalisation et d'une adoption des conclusions est la suivante :

- Expertise relative à « l'utilisation de micro-capteurs pour le suivi de la qualité de l'air intérieur et extérieur »

## 2. GESTION DES RISQUES DE CONFLIT D'INTERETS

Le résultat de l'analyse des liens d'intérêts déclarés dans les DPI<sup>1</sup> et de l'ensemble des points à l'ordre du jour n'a pas mis en évidence de risque de conflit d'intérêts. En complément de cette analyse, la présidente demande aux membres du CES s'ils ont des liens voire des conflits d'intérêts qui n'auraient pas été déclarés ou détectés. Les experts n'ont rien à ajouter concernant les points à l'ordre du jour de cette réunion.

## 3. SYNTHÈSE DES DÉBATS, DÉTAIL ET EXPLICATION DES VOTES, Y COMPRIS LES POSITIONS DIVERGENTES

La présidente vérifie que le quorum est atteint avec 24 experts lors des discussions le matin et 23 l'après-midi lors du vote de l'adoption des travaux d'expertise sur 26 ne présentant pas de risque de conflit d'intérêts.

### 1.1. Contexte

Les systèmes capteurs, également dénommés micro-capteurs ou capteurs bas coûts en raison de leur taille réduite et de leur faible coût d'achat initial, connaissent une expansion rapide ces dernières années. Plusieurs facteurs expliquent cet essor :

- le coût d'achat initial relativement faible de ces technologies par rapport aux instruments de mesure utilisés dans les méthodes de référence ;
- leur facilité d'usage et leur adaptabilité, qui offrent des champs d'application variés et une utilisation par un public large ;
- la sensibilisation croissante de la population à la pollution de l'air et à ses impacts sur la santé ;
- le développement des sciences participatives « crowdsourcing<sup>2</sup> » et un intérêt croissant de la population à produire des données et à les partager ;
- une demande et un intérêt croissant d'une partie de la population pour les objets connectés (internet des objets<sup>3</sup>) ;
- un besoin d'amélioration des connaissances sur la répartition spatio-temporelle à grande échelle de la pollution de l'air, et la couverture de différents microenvironnements ;
- des progrès en ingénierie électronique et en informatique permettant la gestion des grandes quantités de données générées.

Ces technologies ont fait et font encore l'objet d'une multitude d'études dans différents domaines d'application potentiels. Cependant l'utilisation de systèmes capteurs soulève plusieurs questions, dont celles de leur fiabilité métrologique mais également de la gestion, de l'exploitation et de l'interprétation des données, et *in fine* de leur pertinence pour répondre aux enjeux liés à la qualité de l'air.

---

<sup>1</sup> DPI : Déclaration Publique d'Intérêts

<sup>2</sup> Le *crowdsourcing* consiste à externaliser une tâche auprès de contributeurs amateurs

<sup>3</sup> Matérialisation d'Internet dans le monde réel concernant les objets, voitures, bâtiments et d'autres éléments reliés à un réseau d'Internet physique par une puce électronique, un capteur ou système capteur, une connectivité réseau permettant ainsi de pouvoir récupérer, stocker, transférer et traiter (sans discontinuité entre les mondes physiques et virtuels) les données s'y rattachant (quelle que soit sa provenance géographique). Ce terme est également connu sous le sigle anglais « *IoT* » (Internet of Things) ((FD X43-121, 2021).

Dans ce contexte, la DGS, la DGEC et la DGPR ont saisi l'Anses le 21 décembre 2018 afin de :

1. dresser un état des lieux des travaux mettant en œuvre des micro-capteurs et des profils de leurs utilisateurs ;
2. évaluer l'intérêt et les limites, voire la complémentarité par rapport à la mesure classique, des données issues de micro-capteurs utilisés par les citoyens dans un objectif de caractérisation de l'exposition à des fins d'interprétation sanitaire ;
3. discuter du statut juridique des données générées par des micro-capteurs.

**Dans la suite du document, le terme système capteur est utilisé au lieu du terme micro-capteur, selon la définition proposée par l'Agence française de normalisation (AFNOR).**

## **1.2. Objet et organisation de l'expertise**

Pour répondre aux questions de l'expertise, les travaux ont été structurés en deux rapports d'expertise. Le premier rapport (Volume 1) présente les éléments suivants :

- proposition de définitions et de connaissances pré-requises concernant les systèmes capteurs, les données générées et les acteurs entrant en jeu dans leur mise en œuvre ;
- panorama des projets portant sur l'évaluation des systèmes capteurs et des projets impliquant le citoyen, en s'appuyant sur des revues de la littérature et des rapports de référence sur le sujet ;
- focus sur le cas particulier des systèmes capteurs de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), en raison des préconisations de mesures de CO<sub>2</sub> dans les espaces intérieurs publics comme moyen de lutte contre la propagation de la Covid-19 et de la diversité du matériel disponible ;
- état des lieux des études portant spécifiquement sur l'utilisation de systèmes capteurs à des fins d'évaluation de l'exposition individuelle, avec une discussion sur les apports et limites potentiels des systèmes capteurs dans le cadre d'études ;
- identification de points clés à prendre en compte pour qu'une donnée générée par un système capteur puisse contribuer à l'évaluation de l'exposition individuelle ;
- discussion sur l'utilisation des systèmes capteurs à des fins d'évaluation des effets sanitaires de la pollution de l'air une fois que les données générées sont considérées « valides », c'est-à-dire qu'elles respectent les points clés de l'étape précédente ;
- discussion sur le cas particulier des utilisateurs de systèmes capteurs à titre privé ;
- discussion sur le statut juridique des données générées par les systèmes capteurs.

Ces travaux d'expertise ont également fait l'objet d'un état des lieux des profils et motivations des utilisateurs de systèmes capteurs, étude spécifique présentée dans un rapport d'expertise complémentaire (Volume 2).

L'expertise relève du domaine de compétences du comité d'experts spécialisé (CES) « Evaluation des risques liés aux milieux aériens ». L'Anses a confié l'expertise au groupe de travail « Micro-capteurs ».

### **1.3. Observations et conclusions du CES « Air » lors de précédentes séances**

- Séance du 7 février 2019 :

**Objectif** : présenter cette nouvelle saisine et solliciter l'accord du CES « AIR » pour le suivi de l'instruction de ces travaux.

**Conclusions** :

Le CES accepte de suivre l'instruction de ces travaux, sous réserve, d'une clarification par les demandeurs des objectifs de l'expertise, avec la constitution d'un groupe de travail.

- Première étape : état de l'art, tel que défini dans la saisine avec une étape complémentaire de définition de l'utilisation par les citoyens (individuel, dans le cadre d'associations...).
- Seconde étape : au préalable, il est nécessaire de revenir vers les demandeurs avec des options possibles et des options à exclure, avant de revenir vers le CES pour valider les objectifs de cette étape.

- Séance du 14 mars 2019 :

**Objectif** : faire un retour sur les échanges avec les demandeurs relatifs aux objectifs de la saisine, suite aux échanges tenus avec le CES le 7 février 2019.

**Conclusions** :

Le CES accepte de suivre l'instruction de cette saisine avec la reformulation des objectifs présentée, ainsi que les modalités de traitement proposées par l'Anses, incluant la constitution d'un groupe de travail.

Un expert souligne que le délai demandé d'un an semble juste.

- Séance du 5 mars 2020 :

**Objectif** : rappeler les objectifs de la saisine, l'organisation de l'expertise mise en place et faire un premier point d'avancement suite aux 2 premières réunions du groupe de travail.

**Conclusions** :

La présentation a fait l'objet de demandes de compléments d'information qui ont été apportés en séance.

Le CES a souligné la complexité de l'identification des différents garants de la qualité des données, du producteur jusqu'à l'utilisateur final. Il est important que les garants soient bien identifiés. L'identification des garants dans des projets pourra illustrer les propos, mais il sera difficile d'être exhaustif, considérant que les conventions régissant les responsabilités de chaque partie prenante d'un projet ne sont pas publiques.

- Séance du 8 octobre 2020 :

**Objectif** : faire un point d'avancement.

**Conclusions :**

La présentation a suscité des demandes de compléments d'information qui ont été apportés en séance.

- Séance du 14 janvier 2021 :

**Objectif** : présenter de manière synthétique les travaux en cours du CES aux nouveaux experts du CES.

**Conclusions :**

La présentation n'a pas suscité de demande d'information complémentaire.

- Séance du 5 février 2021 :

**Objectif** : présenter les questions de la saisine, la méthodologie d'expertise et l'état d'avancement des travaux, particulièrement pour les nouveaux membres du CES.

**Conclusions :**

La présentation a suscité des demandes de compléments d'information qui ont été apportés en séance.

- Séance du 9 avril 2021 :

**Objectif** : faire un point d'avancement sur les étapes 3 « Intérêts et limites des systèmes capteurs utilisés par la population générale pour faire de la caractérisation de l'exposition à des fins d'interprétations sanitaires » et 4 « Statut juridique des données générées par les systèmes capteurs ».

**Conclusions :**

La présentation a suscité des demandes de compléments d'informations qui ont été apportés en séance.

Concernant l'usage des systèmes capteurs, le CES suggère de compléter l'analyse réalisée par une analyse spécifique pour les usages « individuels » des systèmes capteurs, dans un contexte non encadré, notamment sur les limites des mesures et les possibilités en termes d'interprétation des concentrations mesurées.

Considérant le contexte de cette saisine avec un marché des systèmes capteurs en plein développement, une attention particulière devra être apportée lors de la rédaction du rapport pour limiter les interprétations ou surinterprétations que pourraient faire, en leur faveur, les acteurs du marché. Des experts du CES seront sollicités pour une relecture approfondie du rapport.

- Séance du 10 septembre 2021 :

**Objectif** : faire un point d'avancement sur les travaux d'expertise.

### **Conclusions :**

La présentation a suscité des demandes de compléments d'information qui ont été apportés en séance ou seront abordés par le GT.

Six experts se portent volontaires pour une relecture critique du rapport ou du chapitre 5.1 relatif à l'exposition individuelle. Les relectures seront organisées par la coordination scientifique de ces travaux d'expertise.

- Séance du 15 novembre 2021 :

**Objectif :** rappeler les résultats de l'expertise, faire un retour sur la relecture des rapporteurs du CES sur le chapitre 5 du rapport « Evaluation de l'exposition et interprétation sanitaire » et présenter les premières conclusions et recommandations sur du GT.

### **Conclusions :**

La présentation a suscité des demandes de compléments d'information qui ont été apportés en séance.

Le CES a souligné l'importance de la prise en compte de ce que pourraient apporter les systèmes capteurs à la mesure de l'exposition, par rapport aux méthodes de référence actuelles et non pas uniquement de considérer la cohérence des systèmes capteurs avec le système actuel. En termes de perspectives, le CES a souligné l'importance d'évaluer les possibilités d'adaptation des méthodes d'évaluation de risques pour prendre en compte ces nouveaux moyens de mesure de l'exposition.

- Séance du 27 janvier 2022 :

**Objectif :** passer en revue les conclusions et recommandations du CES et adopter les travaux d'expertise.

### **Conclusions :**

L'Anses transmettra une nouvelle version des conclusions et recommandations au CES prenant en compte les modifications apportées ce jour et les dernières conclusions et recommandations à reformuler.

## **1.4. Objectif de la séance**

L'objectif est de passer en revue les conclusions et recommandations du CES et d'adopter les travaux d'expertise.

## **1.5. Adoption des travaux**

Considérant les demandes formulées dans la saisine n° 2018-SA-0271, relative à « l'utilisation de micro-capteurs pour le suivi de la qualité de l'air intérieur et extérieur », à savoir :

1. Dresser un état des lieux des travaux mettant en œuvre des micro-capteurs et des profils de leurs utilisateurs ;
2. Evaluer l'intérêt et les limites, voire la complémentarité par rapport à la mesure classique, des données issues de micro-capteurs utilisés par les citoyens dans un objectif de caractérisation de l'exposition à des fins d'interprétation sanitaire ;
3. Discuter du statut juridique des données générées par des micro-capteurs.

Considérant l'organisation mise en place par l'Anses et la méthode d'expertise déroulées pour répondre à la saisine, présentées et validées par le CES ainsi que les échanges et débats qui se sont tenus lors des séances des 7 février et 14 mars 2019, 5 mars et 8 octobre 2020, des 14 janvier, 5 février, 9 avril, 10 septembre, 15 novembre 2021 et 27 janvier 2022,

Considérant les principaux résultats présentés au CES et synthétisés dans le document court.

La présidente propose une étape formelle de validation avec délibération et vote. Elle rappelle que chaque expert donne son avis et peut exprimer une position divergente.

Le CES adopte, à l'unanimité des présents (23 experts), les conclusions et recommandations de l'expertise relative à « l'utilisation de micro-capteurs pour le suivi de la qualité de l'air intérieur et extérieur ». Celles-ci sont présentées ci-dessous.

L'Anses a pris en compte les commentaires et modifications apportés par le CES en séance et a sollicité une relecture finale des conclusions et recommandations par la présidente et le vice-président du CES.

## 1.6. Conclusions du CES

Le domaine des systèmes capteurs connaît une forte évolution depuis quelques années s'illustrant par une multiplication des technologies disponibles sur le marché et un nombre croissant d'études et de projets sur le sujet.

### ■ Etat des lieux des projets portant sur les systèmes capteurs

Jusqu'à présent, les études des systèmes capteurs portaient principalement sur l'évaluation de leurs performances métrologiques, en l'absence de cadre normatif permettant de comparer ces dispositifs aux instruments de mesure mis en œuvre dans les méthodes de référence. En ont découlé plusieurs projets visant à informer les utilisateurs sur les capacités des systèmes capteurs et à les guider sur le choix du dispositif selon l'usage. **L'exactitude et la fiabilité des mesures des systèmes capteurs, bien que très variables selon les technologies et les polluants<sup>4</sup>, restent inférieures à celles attendues dans les méthodes de référence.** Toutefois des améliorations sont en cours. Au-delà de la qualité métrologique, d'autres paramètres sont à prendre en compte lors du choix d'un système capteur tels que ses dimensions, son autonomie, sa portabilité et son prix. Au-delà de l'impact environnemental que peut engendrer le déploiement de systèmes capteurs, ce paramètre peut être un critère de choix des systèmes capteurs compte tenu de leur durée de vie, de leur lieu de fabrication et des modalités de stockage et de transmission des données. Depuis 2010, de très nombreux projets impliquant le citoyen ont été conduits pour sensibiliser les individus à la pollution de l'air. Des plateformes de visualisation, voire de partage des données générées, ont émergé dans un premier temps à destination des participants des études, puis ouvertes plus largement. Certains fabricants proposent également leurs propres outils de cartographie, sans qu'il soit toujours évident de distinguer les données issues de systèmes capteurs d'autres données issues de stations de mesure de référence ou de modélisation.

Cet accès plus large aux données de la qualité de l'air qu'offrent les systèmes capteurs s'ajoute aux données produites par les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) et peut ainsi diminuer leur visibilité ou conduire les citoyens à s'interroger sur les différences observées entre les données de systèmes capteurs et les données officielles. Plusieurs paramètres expliquent ces différences, notamment la moindre qualité métrologique des systèmes capteurs par rapport aux méthodes de référence pour les données officielles, et les différences de résolution spatio-temporelle (zone et période d'intégration de la donnée). Ces nouvelles sources de données

---

<sup>4</sup> Par exemple les systèmes capteurs de carbone suie offrent une bonne exactitude et fiabilité comparativement aux systèmes capteurs de COV.

conduisent également les institutions à faire évoluer leurs pratiques et réfléchir aux modalités d'utilisation de ces dispositifs et des données produites pour divers objectifs (sensibilisation, changement de comportement, surveillance...).

### ■ **Utilisation des systèmes capteurs pour évaluer l'exposition individuelle à la pollution de l'air**

Les systèmes capteurs offrent de nombreuses perspectives dans le domaine de l'évaluation de l'exposition individuelle. Les systèmes capteurs portatifs, du fait de la miniaturisation, sont facilement portés par les individus pendant leurs activités quotidiennes, ce qui permet d'intégrer les différents microenvironnements fréquentés et les conditions d'exposition propres à chaque individu, avec les mesures en temps quasi réel. A plus large échelle, le coût d'achat initial et l'encombrement réduit des systèmes capteurs permettent également la multiplication des points de mesure et l'instrumentation de microenvironnements jusque-là encore peu ou pas étudiés. Mais la qualité métrologique des mesures de concentration de polluant demeure la principale limite des systèmes.

L'utilisation de systèmes capteurs pour l'évaluation de l'exposition individuelle est récente. Les projets dans ce domaine sont très hétérogènes en termes de moyens et d'objectifs associés allant de l'étude de faisabilité sur très peu de participants, au projet se déroulant sur plusieurs années auprès de larges populations. Dans la quasi-totalité des études, les systèmes capteurs sont des dispositifs réservés au domaine de la recherche (coûts plus élevés, complexité de mise en œuvre) ou développés spécifiquement pour les besoins de l'étude. La moitié des publications ne fait pas explicitement référence à une qualification métrologique des systèmes capteurs, même si on peut penser que les équipes se sont assurées de la validité du système utilisé, limitant de ce fait la confiance accordée aux résultats. Aucune étude ne fait référence à une qualification des systèmes capteurs en mobilité. Ceci peut être lié au caractère émergent des applications en mobilité et de leurs protocoles d'évaluation.

Bien que ces dispositifs soient faciles à porter, l'acceptabilité de leur port sur de longues périodes peut être problématique et leur autonomie est encore limitée, ce qui les destine préférentiellement à l'étude des expositions à court terme. Dans les études identifiées, les systèmes capteurs sont utilisés sur des périodes courtes (1 semaine à 10 jours), parfois répétées. L'évaluation de l'exposition s'appuie sur des données de Budget-Espace-Temps-Activités (BETA) et parfois sur des enquêtes de mobilité. Les données des systèmes capteurs sont régulièrement complétées par celles issues de stations de mesure de référence et/ou de modélisation.

Les systèmes capteurs apparaissent donc comme des dispositifs complémentaires aux sources de données ou méthodes d'évaluation de l'exposition déjà utilisées dans le cadre d'études d'expologie. Par ailleurs, les systèmes capteurs pourraient permettre d'optimiser les cartographies (à l'échelle spatiale et temporelle) et les modèles à large échelle contribuant ainsi à une amélioration de l'estimation de l'exposition à la pollution de l'air.

### ■ **Points clés à prendre en compte pour qu'une donnée générée par un système capteur puisse contribuer à l'évaluation de l'exposition individuelle**

L'analyse montre qu'au-delà de l'exactitude métrologique du système capteur, qui reste encore la principale condition pour évaluer l'exposition individuelle, de nombreux autres points doivent être satisfaits. Parmi ces points clés, ceux en lien avec la contextualisation et la mise en œuvre du/des systèmes capteurs (représentativité et couverture spatio-temporelle, description des microenvironnements fréquentés, des activités prévues et événements imprévus) sont primordiaux.



### ■ **Interprétation sanitaire des données générées par les systèmes capteurs dans le cadre d'étude ou par comparaison avec des référentiels sanitaires**

Sur le plan sanitaire, l'utilisation des données d'exposition générées par les systèmes capteurs (considérées comme valides) en vue d'EQRS ou d'EQIS nécessite de s'interroger sur l'adéquation de ces données avec les relations dose-réponse établies pour une exposition horaire, journalière ou annuelle qui serviront à quantifier le risque sanitaire. Une utilisation adéquate nécessite en conséquence que les mesures de systèmes capteurs soient intégrées sur le même pas de temps que celui utilisé pour établir la relation dose-réponse. De plus ces mesures doivent être répétées sur l'année pour être représentatives de l'exposition étudiée sur le moyen ou long terme. De surcroît, une donnée générée par un système capteur portatif, intégrant les différentes sources auxquelles est exposé un individu, ne peut être considérée comme représentative de l'exposition d'une population. Il convient donc de s'assurer que les systèmes capteurs sont déployés en nombre suffisant pour être représentatif de la population d'étude.

Par ailleurs, si les systèmes capteurs sont particulièrement d'intérêt pour l'étude des effets de la pollution de l'air à court terme au niveau de l'individu, ils peuvent également contribuer à l'évaluation des effets de la pollution de l'air sur des échelles plus larges (systèmes capteurs fixes et/ou via l'amélioration des cartographies et des modèles).

### ■ **Cas particulier des utilisateurs de systèmes capteurs à titre privé**

À titre privé, l'utilisation de systèmes capteurs est intéressante pour identifier des sources ou lieux d'exposition ou des variations spatio-temporelles, sous réserve de qualification métrologique du dispositif et de conditions appropriées d'utilisation. La compréhension des données de mesures nécessite un certain degré d'expertise, et notamment une bonne connaissance des capacités et limites des systèmes capteurs. Dans la majorité des cas, les systèmes capteurs délivrent une information visuelle du niveau de pollution ou des messages sur le risque encouru pour la santé (code couleur, alertes). De telles informations doivent être considérées avec prudence car leur élaboration n'est généralement pas explicitée ni adaptée à des mesures quasi-instantanées. Une compréhension correcte des informations nécessiterait également de bien connaître les différentes valeurs sanitaires et leurs modes de construction. Un accompagnement pour comprendre correctement ces informations est donc indispensable. Enfin, l'assimilation de la mesure d'un ou quelques polluants de l'air à la « qualité de l'air », masque la complexité de cette notion, qui ne se réduit pas à un ou quelques polluants, que ce soit en air extérieur ou en air intérieur ; pour exemple des systèmes capteurs dits « de qualité de l'air » ne mesurent que le CO<sub>2</sub> en air intérieur ou les particules en air extérieur).

L'utilisation de données de systèmes capteurs générées massivement par des individus, en dehors de tout cadre d'étude se heurte aux limites métrologiques. Il est avancé que la massification des mesures pourrait pallier cette faible qualité métrologique, qui nécessiterait cependant l'utilisation de systèmes capteurs de technologies et/ou d'algorithmes de calculs différents.

Par ailleurs, une utilisation massive de systèmes capteurs par des individus pose des difficultés pour la compilation des données générées. Ces difficultés peuvent par exemple être liées à la qualité métrologique, aux modalités de mise en œuvre, à l'accessibilité aux données générées, ou aux informations fournies par différents systèmes capteurs. Ce champ d'étude encore peu développé nécessiterait d'investiguer des modes de collecte, de traitement et de diffusion des données.

### ■ **Etat des lieux des profils et motivations des utilisateurs de systèmes capteurs (volume 2)**

L'état des lieux des profils et motivations des utilisateurs de systèmes capteurs (Cf. Volume 2) montre que les systèmes capteurs peuvent constituer un support de médiation scientifique et de participation citoyenne à la condition que les collectifs de « citoyens capteurs » soient accompagnés

lors de campagnes de mesures. Dès lors, engageant des publics aux profils diversifiés dont la motivation première est leur santé et celle de leur proche, ces campagnes conduisent les participants à mettre en pratique de nouvelles habitudes dans les modes d'habiter et de se déplacer. La fabrication de tout ou partie des systèmes capteurs constitue un motif d'intérêt pour certains utilisateurs technophiles. Une amélioration des connaissances scientifiques et une montée en compétences techniques sur tous les aspects de la qualité de l'air (physico-chimie de la pollution, effets sur la santé, disparités sociogéographiques) est rapportée par la plupart des personnes interrogées.

#### ■ Statut juridique des données collectées par les systèmes capteurs

Enfin, une vigilance importante doit être portée sur l'utilisation de données générées par les systèmes capteurs en matière de protection des données personnelles dès lors que leur utilisation permet, de façon directe ou indirecte l'identification de la personne réalisant les mesures. En Europe, l'utilisation de données personnelles est encadrée par le RGPD qui donne un principe général sur la collecte et le traitement des données personnelles. Le responsable du traitement des données est un acteur central qui doit veiller au respect des données personnelles.

#### ■ Perspectives

L'essor des systèmes capteurs, leurs développements technologiques et leur accès facilité contribuent à un marché qui se développe en dehors d'un cadre normatif. L'usage de systèmes capteurs par un nombre croissant d'utilisateurs et d'experts conduit à une multiplication des données, et les avancées technologiques de la chaîne de mesure stimulent le niveau d'exigence de qualité des données attendue par tous.

Il existe un fort potentiel de progrès au niveau des principes de détection. Bien que le marché des éléments sensibles ait peu évolué ces dernières années, des solutions issues de la recherche, comme l'usage de nouveaux nano-composites sensibles fonctionnalisés, la mesure à base d'ondes acoustiques ou de microbalances à quartz ou encore la miniaturisation de méthodes optiques ou photo acoustiques, pourraient aboutir à court ou moyen termes à de nouveaux sauts technologiques.

Par ailleurs, une amélioration notable des performances est envisagée par la mise en œuvre de ces éléments sensibles dans des boîtiers où la fluidique est pensée et optimisée pour maximiser leur réponse ; l'intégration de filtres fonctionnalisés et la compartimentation physique entre l'espace de mesure et l'électronique d'acquisition permettront également de limiter les interférences croisées, et l'influence de paramètres comme l'humidité, la température, les ondes électromagnétiques.

Enfin, les avancées récentes en matière de traitement de données et d'intelligence artificielle, doivent également accroître la qualité de l'information délivrée par les systèmes capteurs.

### 1.7. Recommandations du CES

**Le CES émet les recommandations suivantes à destination des fabricants et distributeurs de systèmes capteurs, des utilisateurs de systèmes capteurs à titre privé, des acteurs de la recherche, et des administrations publiques.**

Le CES alerte ces différents acteurs sur le fait que des données de systèmes capteurs, du fait de leur géolocalisation, peuvent constituer des données personnelles incluant potentiellement des informations sur les habitudes de vie des utilisateurs. **Le CES recommande donc à l'ensemble des acteurs de veiller au respect de la réglementation relative à la protection des données personnelles (RGPD), en s'appuyant sur les recommandations de la CNIL.**

## ■ **Recommandations aux fabricants et distributeurs de systèmes capteurs**

Le CES recommande aux développeurs, fabricants, et entreprises commercialisant les systèmes capteurs :

- De poursuivre les efforts pour améliorer la qualité métrologique des systèmes capteurs ;
- De documenter et rendre accessible à tous les utilisateurs les informations relatives aux performances métrologiques, aux conditions d'utilisation et à l'interprétation des données générées. Sur ce point, le CES encourage les fabricants de systèmes capteurs à participer aux différents dispositifs d'évaluation des systèmes capteurs allant de l'intercomparaison à une méthode de référence (challenges AIRLAB, LCSQA – essais d'aptitudes) jusqu'à la certification volontaire de leurs performances au regard de la directive de surveillance de la qualité de l'air<sup>5</sup> (LNE/INERIS – Air'Quality Sensor) ;
- De mener ou soutenir des recherches sur les principes physiques de détection tant pour les composés gazeux que particulaires ;
- De développer des systèmes capteurs de polluants d'intérêts sur le plan sanitaire notamment ceux identifiés par l'OMS<sup>6</sup> et d'autres agences officielles<sup>7</sup> et des systèmes capteurs multipolluants.

Le CES rappelle que les données issues des systèmes capteurs peuvent être comparées aux valeurs guides de qualité de l'air si ces données générées en temps quasi-réel sont intégrées sur un pas de temps adéquat. De plus, le CES rappelle que ces valeurs guides, définies au niveau populationnel, ne sont pas adaptées pour interpréter un risque au niveau individuel. En conséquence le CES suggère, de développer des indicateurs d'exposition relatifs permettant de situer une mesure individuelle par rapport à des mesures comparables. Cela permettra d'informer l'utilisateur sur son exposition par rapport à celle des autres utilisateurs ou par rapport à sa propre exposition sur une période et dans des microenvironnements donnés.

## ■ **Recommandations aux utilisateurs de systèmes capteurs à titre privé**

Le marché des systèmes capteurs est en évolution, avec un nombre important de dispositifs dont les performances sont variables. La pertinence d'un système capteur dépendant de l'objectif visé, le CES recommande aux personnes ou collectifs souhaitant s'équiper et mettre en œuvre un ou des systèmes capteurs :

- De prendre connaissance des éléments d'évaluations métrologiques publics, en lien avec les challenges AIRLAB (Airparif), les essais d'aptitudes (LCSQA) ou la certification volontaire Air'Quality sensor (LNE/Ineris), ou de travaux internationaux pour choisir un système capteur adapté à l'usage envisagé ;
- De prendre connaissance de la documentation existante (notices d'utilisation fournies par les fabricants et distributeurs de systèmes capteurs, rapports, plateformes) pour :
  - La mise en œuvre du système capteur : fonctionnement, bon usage (port, emplacement), limites techniques (interférences, potentielle dérive dans le temps) ;
  - La compréhension des informations fournies par les systèmes capteurs et les recommandations en découlant :

<sup>5</sup> DIRECTIVE 2008/50/CE concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe

<sup>6</sup> [https://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0013/301720/Evidence-future-update-AQGs-mtg-report-Bonn-sept-oct-15.pdf](https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0013/301720/Evidence-future-update-AQGs-mtg-report-Bonn-sept-oct-15.pdf)

<sup>7</sup> Anses, LCSQA, OQAI, US-EPA.

- Nature des polluants mesurés au regard des enjeux sanitaires de la pollution de l'air ;
- Connaissance des indicateurs actuellement utilisés par les fabricants de systèmes capteurs au regard des valeurs limites réglementaires ou valeurs guides pour la qualité de l'air ;
- Recommandations de bonnes pratiques permettant de limiter l'exposition à la pollution de l'air (modes de transport, aération...).

#### ■ **Recommandations aux acteurs de la recherche**

Le CES rappelle que les systèmes capteurs offrent des opportunités pour évaluer l'exposition individuelle à la pollution de l'air intérieur et/ou extérieur.

#### ■ **Recommandations pour la conduite d'études utilisant des systèmes capteurs pour évaluer l'exposition individuelle à la pollution de l'air intérieur et/ou extérieur**

Pour mener à bien de telles études, le CES recommande d'abord aux porteurs de projets souhaitant utiliser des systèmes capteurs, tout comme pour les utilisateurs, de prendre connaissance des éléments d'évaluations métrologiques publics. Le choix du système capteur, fixe ou portatif, devra tenir compte de la finalité de l'étude. Pour les systèmes capteurs portatifs, l'appareil doit être ergonomique pour ne pas modifier le comportement des porteurs et refléter au mieux leurs expositions réelles.

Le CES recommande également :

- De s'appuyer sur l'ensemble des points clés définis dans cette expertise pour s'assurer qu'une donnée générée par un système capteur puisse contribuer à l'évaluation de l'exposition individuelle (cf. annexe 2) ;
- De veiller à la maintenance des systèmes capteurs<sup>8</sup> ;
- D'accompagner les participants pour le bon usage des dispositifs et pour la compréhension des données générées et de leur utilisation.

Par ailleurs, le CES recommande :

- De poursuivre le développement de bases de données publiques recensant les travaux mettant en œuvre des systèmes capteurs pour évaluer l'exposition individuelle.

Enfin, le CES encourage :

- Un partage large et opérationnel des retours d'expérience des projets mettant en œuvre des systèmes capteurs pour évaluer l'exposition individuelle ;
- Le déploiement de projets pluridisciplinaires regroupant des compétences en métrologie, sciences des données, expologie, épidémiologie et sciences humaines et sociales, compte-tenu de la multitude des disciplines entrant en jeu dans ce type de projets.

---

<sup>8</sup> Etalonnage avant déploiement, vérification de la dérive, vérification du niveau de batterie/état de charge et son éventuelle influence sur le signal, intercomparaison des capteurs / test de reproductibilité, vérification de la durée de vie des éléments sensibles.

■ **Recommandations pour améliorer les connaissances sur les risques sanitaires liés à la pollution de l'air**

Le CES recommande de considérer les opportunités offertes par les systèmes capteurs pour :

- Améliorer les estimations de l'exposition individuelle ;
- Acquérir des données d'exposition dans des lieux habituellement peu ou pas documentés ;
- Etudier la contribution des différents microenvironnements dans l'exposition globale des individus ;
- Etudier les déterminants des expositions ;
- Etudier les liens entre exposition et santé.

Le CES souligne que les systèmes capteurs peuvent être couplés à des appareils de mesures de la fréquence cardiaque ou de la fréquence respiratoire permettant d'étudier plus finement des indicateurs d'exposition complémentaires tels que la dose inhalée.

Enfin, le CES identifie des perspectives de recherche :

- Sur le développement de modes de collecte et de traitement de données massives pour les coupler à d'autres données sur des déterminants des expositions et/ou de leurs effets ;
- Sur l'utilisation de systèmes capteurs dans l'accompagnement et l'éducation thérapeutique des patients.

■ **Recommandations pour la recherche relative au développement de systèmes capteurs**

Le CES recommande de développer des travaux sur :

- L'intégration de sources de données massives et hétérogènes, de l'étape de leur collecte à leur traitement ;
- Les réseaux de systèmes capteurs, en particulier, les techniques avancées de gestion et d'étalonnage, l'optimisation de leur déploiement ;
- La qualification des données ;
- Le développement de méthodes d'automatisation, de prétraitement des données ;
- La mise en œuvre de systèmes capteurs mobiles et l'évaluation de l'impact de la mobilité sur la qualité de la mesure.

Par ailleurs, le CES recommande de développer des travaux de recherche alliant modélisation atmosphérique et réseaux denses et/ou mobiles de systèmes capteurs.

■ **Recommandations aux acteurs publics (agence, administration, etc.)**

Le CES recommande aux administrations publiques :

- De mettre en place une évaluation ou une certification des systèmes capteurs ;
- D'encourager le développement de projets de recherche pluridisciplinaires, notamment à des fins d'évaluation de l'exposition et d'interprétation sanitaire ;
- De réaliser un retour d'expérience des projets en cours sur l'utilisation des systèmes capteurs à des fins d'évaluation de l'exposition individuelle ;

- De favoriser la mise à disposition auprès des utilisateurs des informations issues des évaluations des systèmes capteurs ;
- De sensibiliser les utilisateurs au bon usage des systèmes capteurs et à la compréhension et l'interprétation des informations générées.

Plus particulièrement, aux institutions en charge de la surveillance de la qualité de l'air, le CES recommande :

- De poursuivre les réflexions sur l'intégration des données de systèmes capteurs aux données produites par les réseaux de surveillance existants en concertation avec l'ensemble des acteurs impliqués.

Jeudi 10 mai 2022

Mme Rachel NADIF  
Président du CES AIR 2021-2023