

Note technique

Travaux financés par le ministère chargé de l'environnement

STRATEGIE DE SURVEILLANCE NATIONALE DE LA CONCENTRATION EN NOMBRE TOTAL DES PARTICULES (ULTRA-)FINES

Eléments d'orientation

Travaux du GT « polluants particulaires émergents »

SYNTHESE

La présente note propose des éléments d'orientation de la stratégie de surveillance de la concentration en nombre des particules fines (PNC), majoritairement constituées de particules ultrafines (PUF), au sein du dispositif national.

Il apparaît primordial que les mesures issues de cette surveillance soient homogènes et comparables sur l'ensemble du dispositif national et, à plus long terme, avec les données recueillies par les autres Etats Membres.

Une généralisation de la mesure de la distribution granulométrique en nombre des particules fines (dont les PUF) semble à ce jour prématurée, étant donné i) qu'aucun dispositif commercial disponible actuellement sur le marché ne permet de répondre strictement aux préconisations de la spécification technique CEN/TS 17434 (en cours de parution), qui détaille la configuration instrumentale optimale requise pour ce type de mesure ; et ii) que les discussions avec les acteurs sanitaires n'ont pas permis de statuer sur la pertinence avérée d'une surveillance de la concentration en nombre selon une gamme de taille précise et liée aux mesures de la distribution granulométrique en nombre.

Ainsi, il est proposé à ce stade de privilégier la mesure de la concentration totale en nombre des particules fines à l'aide de CNC (compteurs à noyaux de condensation) répondant aux spécifications décrites dans la spécification technique CEN/TS 16976.

Les sources primaires d'émission des PUF étant souvent similaires à celles des NO_x, la stratégie proposée ici est tout d'abord inspirée de celle de la surveillance du NO₂. Compte-tenu des équipements déjà disponibles, un premier objectif d'une vingtaine de sites équipés de CNC (conformes aux spécifications techniques de la CEN/TS 16976) semble un minimum requis à l'horizon fin 2021-début 2022 pour alimenter à court-terme les réflexions sur le volet sanitaire. A moyen terme, un parc instrumental d'environ 50 CNC répartis sur l'ensemble du territoire permettrait d'atteindre environ 10% du nombre total de stations actuellement équipées pour la mesure réglementaire du NO₂.

Afin d'alimenter les travaux sur les impacts sanitaires des PUF sur la base de jeux de données aussi complets que possible, il est notamment recommandé de combiner des mesures du PNC avec des mesures automatiques de carbone suie et/ou des composés chimiques majeurs au sein des particules fines sur l'ensemble des sites multi-instrumentés du programme CARA (<https://www.lcsqa.org/fr/le-dispositif-cara>).

Ces éléments d'orientation stratégique pourront également être ajustés en fonction des développements météorologiques proposés par les constructeurs, ainsi que d'éventuelles futures recommandations de la part des autorités sanitaires.

1. CONTEXTE

Un nombre croissant de publications et de rapports scientifiques souligne que **la concentration en nombre des particules atmosphériques semble être une métrique sanitaire plus pertinente que leur concentration massique**.¹⁻² Le suivi de ce paramètre apparaît donc aujourd'hui comme un enjeu majeur de l'optimisation des dispositifs de surveillance de la qualité de l'air. A ce titre, l'introduction d'une réglementation sur le nombre total de particules dans l'air ambiant (**PNC**, pour *Particle Number Concentration*), majoritairement constituées de particules ultrafines (PUF), est régulièrement évoquée dans le cadre des processus de révision des Directives Européennes en la matière. Néanmoins, les contraintes financières liées à la mise en œuvre des modalités de surveillance actuelles, le non-respect des valeurs limites afférentes dans de nombreux pays, ainsi que l'absence de consensus sur les valeurs cibles à préconiser pour le PNC, restreignent les possibilités d'une évolution significative de la réglementation en vigueur.³

Depuis la fin des années 90, la communauté scientifique européenne a développé des actions consacrées à la mesure des particules submicroniques (de diamètre inférieur à 1 µm), et notamment les particules ultrafines (**PUF**), dont le diamètre est inférieur à 100 nm (0,1 µm). En France, les travaux du LCSQA ont inclus la mise en œuvre de techniques de comptage et de caractérisation de la distribution en taille des particules submicroniques dès 2003, en collaboration avec les AASQA.⁴ Pour illustration, la Figure 1 ci-dessous synthétise les résultats obtenus lors de différentes campagnes hivernales réalisées sur la station de fond urbain de Gennevilliers (Airparif) entre 2003 et 2010.

¹ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231014000211>

² https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749120302025?dgcid=rss_sd_all

³ https://ec.europa.eu/environment/air/quality/aqd_fitness_check_en.htm

⁴ https://www.lcsqa.org/system/files/drc_11_118212_13897a_metrologie_nonreglem_submicronique.pdf

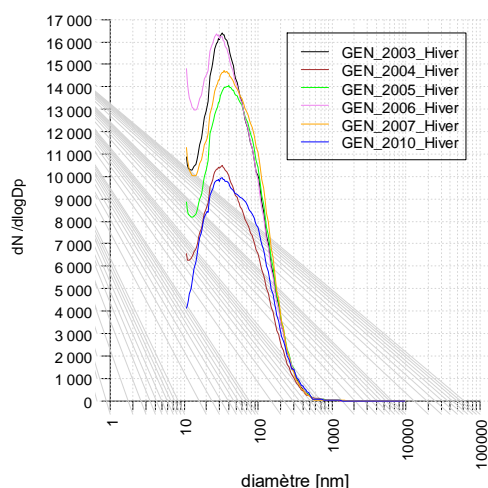


Figure 1 : Distribution granulométrique en nombre (DGN) moyenne par campagnes hivernales (dans la gamme 10 nm - 10 µm), à Gennevilliers entre 2003 et 2010. Profils calculés sur les jours ouvrés.

Ces dernières années, plusieurs AASQA ont également développé différentes actions pour documenter, dans leurs régions, les niveaux de concentrations, et leur granulométrie associée, en fond urbain ou sous influence de sources d'émissions anthropiques (trafic ou environnements industriels).

En parallèle, des études toxicologiques et épidémiologiques ont permis de souligner l'existence très probable d'effets sanitaires de différents polluants atmosphériques qualifiés d'émergents, dont les PUF, conduisant l'Anses à les classer, à partir de 2018, comme polluants prioritaires (catégorie 1) et à recommander le renforcement de leur surveillance en air ambiant.⁵ Outre les PUF, cet avis de l'ANSES concerne également le carbone suie (particulaire) et le 1,3-butadiène (composé gazeux).

Dans ce contexte, le ministère en charge de l'environnement a demandé au LCSQA d'étudier les besoins d'évolution du réseau de surveillance national actuel pour une meilleure prise en compte de ces polluants prioritaires. En réponse à cette demande, un groupe de travail (GT « polluants particulaires émergents ») a notamment été créé en 2019 au sein du dispositif national de surveillance afin d'élaborer une stratégie concertée avec les AASQA et différents acteurs sanitaires. **La présente note rend compte des premiers éléments d'évolution de la stratégie nationale de surveillance de la concentration en nombre des particules** pouvant être élaborée sur la base des connaissances actuelles. **Cette stratégie pourra être ajustée en fonction de l'évolution de futures recommandations des autorités sanitaires.**

En l'absence de recommandations techniques précises des agences sanitaires consultées dans le cadre du GT, en particulier concernant la gamme de taille devant être considérée (i.e., à partir de / jusqu'à quels diamètres), **cette stratégie s'appuie en premier lieu sur le respect des documents normatifs disponibles à l'échelle européenne.** Ce choix repose sur un souci d'anticipation de l'évolution probable des Directives et de comparabilité des données françaises à celles mesurées dans les autres pays.

⁵ <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2015SA0216Ra.pdf>

2. INSTRUMENT DE MESURE A METTRE EN ŒUVRE

A l'heure actuelle, il existe principalement **3 types de technologies** commercialement disponibles pour la surveillance automatique de la concentration en nombre des particules en air ambiant. Une note LCSQA de 2019 rappelle leur principe de fonctionnement et synthétise les objectifs et modalités de leur utilisation au sein du dispositif national au cours des deux dernières décennies.⁶

Brièvement, le premier type d'instrument permet la mesure de la concentration totale en nombre: il s'agit des **compteurs à noyaux de condensation (CNC)**, également appelés CPC pour *Condensation Particle Counter*). Les deux autres types d'instruments permettent de mesurer la distribution en nombre des particules par classes de taille : les spectromètres de granulométrie à mobilité électrique (MPSS, pour *Mobility Particle Size Spectrometer*). Ces MPSS sont constitués d'un classificateur (ou DMA, pour *Differential Mobility Analyzer*) puis d'un système de comptage qui peut être soit un CNC, soit un électromètre. Les **MPSS équipés de CNC** permettent de décrire finement la granulométrie en nombre des particules (typiquement 64 canaux par décades pour des mesures entre 10 et 800nm). Différents constructeurs proposent de nombreux modèles de CNC et/ou de MPSS équipé de CNC. Seul **l'UFP 3031** (TSI Inc.) est disponible sur le marché pour la mesure en air ambiant par MPSS équipé d'un électromètre. Cependant, la faible sensibilité de mesure associée à cette technologie ne permet pas de prendre en compte les particules les plus petites ni d'accéder à une granulométrie fine (6 canaux par décades entre 20 et 800nm).

Parmi ces 3 technologies, les travaux du comité européen de normalisation (CEN) ont abouti à ce jour à la rédaction de deux documents normatifs, l'un pour la mesure du nombre total de particules à l'aide d'un CNC (CEN/TS 16976), l'autre pour la mesure de la distribution granulométrique en nombre des particules à l'aide de MPSS équipé d'un CNC (CEN/TS 17434).

Pour les MPSS, actuellement, aucun dispositif commercial disponible sur le marché ne permet de répondre strictement aux préconisations de la TS 17434. En outre, pour l'UFP 3031, les comparaisons aux mesures CNC ayant pu être réalisées récemment en AASQA montrent que les concentrations en nombre total de particules diffèrent significativement de celles mesurées par des CNC commercialisés comme répondant aux critères de la TS 16976. En effet, les coefficients de corrélation entre les mesures par UFP 3031 en fonction des mesures CNC obtenus sur trois sites différents (stations de fond urbain de Lyon Centre et de Talence, et station trafic de Strasbourg Clémenceau) sont compris entre 0,49 et 0,64, soit une sous-estimation d'environ 50%.⁷ Ces différences s'expliquent principalement par la limite inférieure de mesure à 20nm pour l'UFP 3031 (contre 7nm selon les préconisations de la TS 16976). Il est également à noter que les discussions en cours au niveau européen (dans le cadre du GT32 du CEN/TC 234, mais également au sein de la communauté ACTRIS⁸) s'orientent vers des dispositifs d'assurance qualité mettant en œuvre une mesure colocalisée et continue par CNC quel que soit le type de système MPSS utilisé. Dans ce contexte, **le déploiement d'un large dispositif de mesure par MPSS répondant aux (futurs) exigences normatives européennes semble aujourd'hui encore relativement précoce et aléatoire.**

⁶ https://www.lcsqa.org/system/files/rapport/LCSQA_Note_technique_PUF_09avril2019.pdf

⁷ Rapport LCSQA Ineris - 201695 - 2370747

⁸ <https://www.actris.eu/>

Ainsi, **il est recommandé de renforcer prioritairement l'utilisation de CNC, selon les modalités actuelles de mise en œuvre définies par le TS 16976 pour la mesure de la concentration en nombre des particules fines (PNC)**. Cette recommandation est en accord avec les préconisations récentes d'un groupe d'experts internationaux (réunissant des métrologues, des toxicologues et des épidémiologistes) sur le sujet.⁹ En outre, **elle permet de garder l'opportunité d'ajouter, à moyen terme, un DMA en amont du CNC** (constituant ainsi un système de mesure de la distribution granulométrique en nombre de type MPSS), en particulier lorsque les travaux normatifs et les évolutions techniques apportées en conséquence par les constructeurs permettront de garantir l'équivalence du MPSS à la mesure de référence des concentrations en nombre.

Il est à noter que ce positionnement s'inscrit également dans le cadre des conclusions de la réunion du groupe de travail « polluants particulaires émergents » du 26 juin 2019 au cours de laquelle des échanges ont été réalisés avec des acteurs sanitaires (dont l'ANSES) afin de recueillir leurs besoins, et n'ayant pas permis de statuer sur la pertinence avérée d'une surveillance de la concentration en nombre des particules (ultra-)fines selon une gamme de taille précise. Le GT « polluants particulaires émergents » et, plus largement, la CS « anticipation » restent néanmoins en veille et en attente de possible nouvelles informations sur ce sujet.

Enfin, bien que l'UFP3031 ne soit pas retenu pour la stratégie de surveillance, cet instrument pourra, à la convenance des AASQA, continuer à être utilisé pour les besoins d'études ponctuelles.

3. STRATEGIE D'IMPLANTATION DES SITES DE MESURES

La stratégie d'implantation des sites de mesures repose sur la nécessité de compléter et de pérenniser l'acquisition de données relatives au PNC compte tenu de leurs enjeux potentiels en termes d'impact sanitaire. De plus, elle doit répondre à un besoin de collecte de données représentatives, en site fixe pérenne, à l'échelle nationale pour alimenter les travaux sur la détermination de valeurs sanitaires. Ainsi, il est important à ce titre que l'ensemble des sites équipés de mesure de PNC le soient de façon homogène et comparable tant au niveau de la grandeur mesurée qu'au niveau des spécifications techniques des instruments utilisés.

La stratégie proposée ici est tout d'abord inspirée de celle de la surveillance du NO₂ (annexes 3 et 5 de la directive 2008/50/CE¹⁰) dont le dispositif est illustré à la Figure 2 en annexe. En effet, les sources primaires d'émission des PUF sont souvent proches ou similaires de celles du NO₂.

Afin de permettre la réalisation d'études épidémiologiques sur la base de jeux de données des propriétés physico-chimiques des particules fines aussi complets que possible, il est recommandé de **combiner des mesures du PNC avec des mesures de carbone suie** (par aethalomètre multi longueur d'onde AE33) **et des composés chimiques majeurs au sein des particules submicroniques** (par ACSM - Aerosol Chemical Speciation Monitor) **sur l'ensemble des sites multi-instrumentés du programme CARA relatif à la caractérisation chimique des particules**¹¹, soit 11 sites de mesures de fond urbain en métropole.

⁹ [https://efca.net/files/WHITE%20PAPER-UFP%20evidence%20for%20policy%20makers%20\(25%20OCT\).pdf](https://efca.net/files/WHITE%20PAPER-UFP%20evidence%20for%20policy%20makers%20(25%20OCT).pdf)

¹⁰ https://aida.ineris.fr/consultation_document/863

¹¹ <https://www.lcsqa.org/fr/le-dispositif-cara>

Pour les autres sites, **un couplage des mesures du PNC avec la mesure de carbone suie (lorsqu'elle est déjà présente) est également à privilégier**, dans la mesure du possible. Les jeux de données obtenus pourront permettre d'aider les acteurs de la santé à statuer sur la pertinence de disposer de ces deux métriques en parallèle sur une même station ou, à l'inverse, s'il serait préférable de dissocier géographiquement ces mesures. En effet, le carbone suie est très majoritairement compris au sein des particules ultrafines, dont il constitue une composante majeure avec la matière organique. Ainsi, les mesures de carbone suie pourraient éventuellement constituer un proxy intéressant pour la surveillance des PUF. Et, **à plus long terme, un maillage spatial incluant des alternances d'un site à l'autre entre mesure PNC et carbone suie pourrait être envisagé (selon les futures recommandations des agences sanitaires)**.

Par ailleurs, il semble également pertinent **de renforcer rapidement la surveillance du PNC à proximité immédiate des principales sources d'émission en zones urbaines ou résidentielles** (en particulier le transport routier et, dans une moindre mesure, les activités industrielles). Dans ce cas, il conviendra de privilégier l'équipement de ce type de site dans une Zone Administrative de Surveillance (ZAS) possédant déjà une station urbaine de fond équipée d'une mesure PNC (e.g., couple de stations fond/trafic).

Enfin, à l'échelle locale, il reste nécessaire d'envisager la réalisation de campagnes de mesure au sein d'une ou plusieurs agglomérations afin de mieux identifier la représentativité des mesures de concentration en nombre des particules en site fixe. Ce type d'étude est certainement à envisager dans le cadre de projets de recherche à mettre en œuvre en partenariat avec des laboratoires académiques. De même, les résultats obtenus lors d'études sur des sites impactés par des émissions particulières (ports, aéroports, émissions agricoles...) permettront d'alimenter la réflexion sur l'implantation d'autres typologies de sites. Ces informations seront partagées et discutées au sein du groupe de travail « Polluants particuliers émergents » et plus largement au sein de la commission de suivi « Anticipation ».

4. CALENDRIER D'IMPLANTATION

Afin d'alimenter les travaux sur les impacts sanitaires des PUF et donc la définition de valeurs de référence, les besoins exprimés lors du GT « polluants particulaires émergents » du 26 juin 2019, par les acteurs sanitaires présents, étaient en premier lieu de pouvoir disposer de longues séries temporelles (3-4 ans) pour documenter les niveaux de concentrations selon les différentes typologies d'intérêt (typologie de site, climat, ...), sur un nombre de points de mesure permettant de couvrir l'ensemble du territoire national (DROM et métropole).

A ce jour, le parc instrumental français disponible en AASQA s'élève à 5 CNC (Auvergne-Rhône-Alpes, Grand-Est, Île-de-France, Nouvelle Aquitaine, Provence-Alpes-Côte-d'Azur). Ainsi, un complément d'une quinzaine de CNC pour atteindre un **premier objectif d'une vingtaine de sites équipés de mesures du PNC par CNC à l'horizon fin 2021-début 2022 semble un minimum requis** pour alimenter à court-terme les réflexions sur le volet sanitaire.

Cela permettrait d'équiper chaque région de métropole d'au moins un point de mesure. Concernant les DROM, étant donné les conditions climatiques rencontrées, il est proposé, dans un premier temps, de déployer des mesures par CNC sur un DROM en zone caraïbe et un DROM de l'océan indien afin de vérifier la faisabilité de ce type de mesure.

Ce parc instrumental pourra ensuite être complété, en basant les nouvelles implantations de sites sur les observations faites et le retour d'expérience obtenu suite à cette 1^{ère} phase de déploiement (étendue des mesures dans les DROM, densification de certaines zones géographiques ou typologies de site (sous influence trafic, industrielle, ...)). **En l'état actuel des réflexions et en vue d'assurer une surveillance nationale réglementaire du PNC, un parc instrumental d'environ 50 CNC répartis sur l'ensemble du territoire** (DROM et métropole) semble pertinent d'ici la fin de l'année 2024. Ce chiffre représenterait environ 10% du parc actuel des mesures réglementaires NO₂.

Les évolutions normatives et/ou de recommandations des autorités sanitaires pourront également orienter les axes de travail/stratégies de déploiement des points de mesures et faire évoluer le dispositif en conséquence.

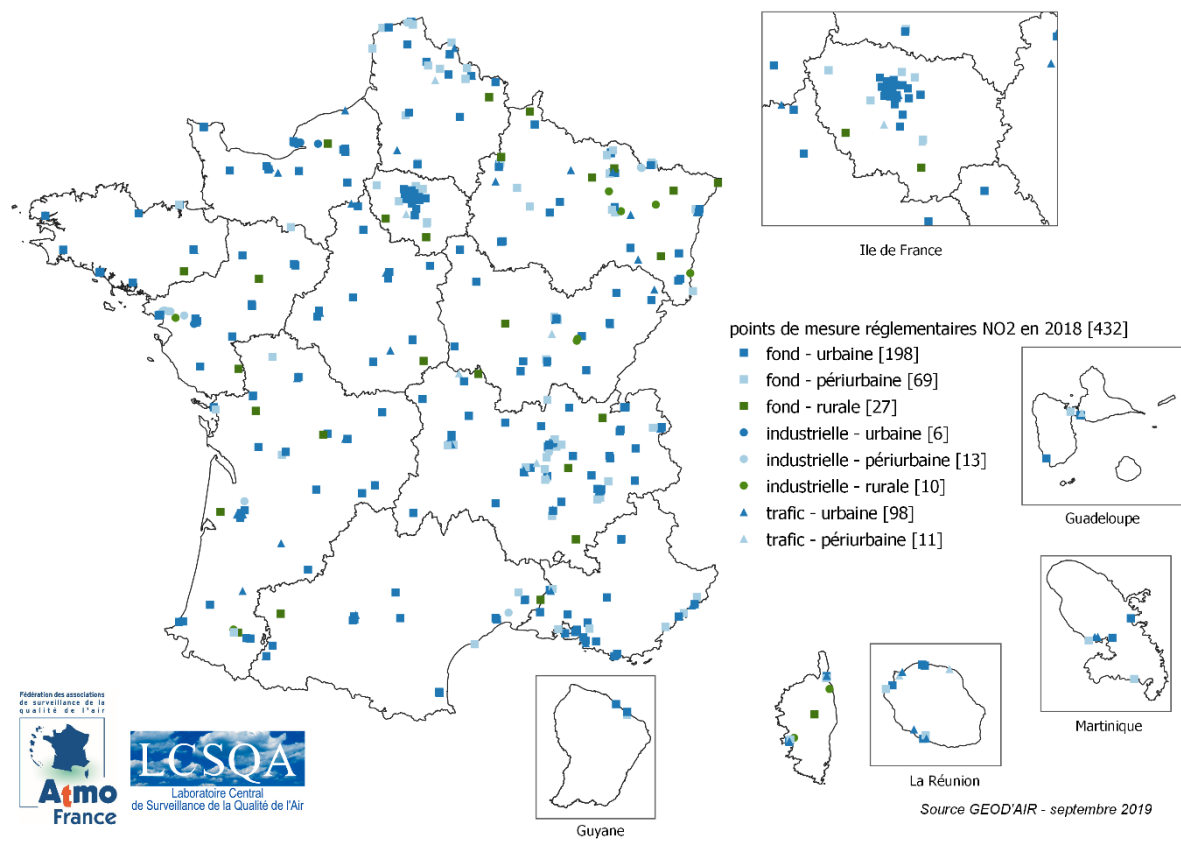


Figure 2 : Points de mesure réglementaires du NO2 en 2018