



Surveillance de la concentration en nombre de particules :

état du parc CNC et essais comparatifs
de granulomètres de type MPSS

Action N° 37 du Programme de travail LCSQA 2023
A. Ustache

Groupement d'intérêt scientifique



Contexte

La note « [Stratégie de surveillance nationale de la concentration en nombre totale des particules \(ultra\)fines | LCSQA](#) » 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. La priorité dans la première phase a été donnée à la mesure de la concentration totale en nombre des particules fines à l'aide de CNC (compteurs à noyaux de condensation) en s'appuyant sur le document normatif NF EN 16976 de juin 2024 remplaçant la spécification technique CEN/TS 16976 d'octobre 2016.

La mesure de la distribution granulométrique des PUF était prévue dans une seconde phase, en s'appuyant sur la spécification technique CEN/TS 17434 (en cours de révision).

La Directive du 23 octobre 2024 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe introduit la surveillance des particules à travers la mesure de leur nombre et de leur distribution en taille (granulométrie).



Contexte

Ce document propose deux parties indépendantes :

- La **première partie** dresse un **état du déploiement des CNC** installés sur le territoire et la **transition du D50 de 7 nm vers 10 nm** exigée par la norme CEN 16976. Ces éléments ont été présentés lors du GU tenu le 13 juin 2024.
- La **deuxième partie** est une **comparaison de deux granulomètres de type MPSS** de modèle identique. L'objectif est d'observer la corrélation et l'incertitude des données en conditions d'exploitations.

Partie 1



Parc instrumental – Migration de 7 nm vers 10 nm

Nouvelle Norme CEN 16976:2024 publiée en juin 2024

- Passage du D50 de 7 nm à 10 nm :
La taille minimale des particules mesurées avec une efficacité de 50 % est désormais de 10 nm.
- Nécessité de mise à jour du parc instrumental français existant
→ bien anticipé par les AASQA
- Nouveaux CNC achetés calibrés directement à 10 nm

Partie 1



Parc instrumental – Migration de 7 nm vers 10 nm

Evolution du nombre de CNC selon les typologies de station :

Implantation	Urbaine			Total Urbain	Périurbain	Rural		TOTAL
Influence	Fond	Trafic	Industriel		Fond	Fond	Industriel	
janv-23	14	3	2	19	3	1	1	23
déc-23	15	5	1	21	3	2		26
mai-24	15	6	1	22	2	0	1	25

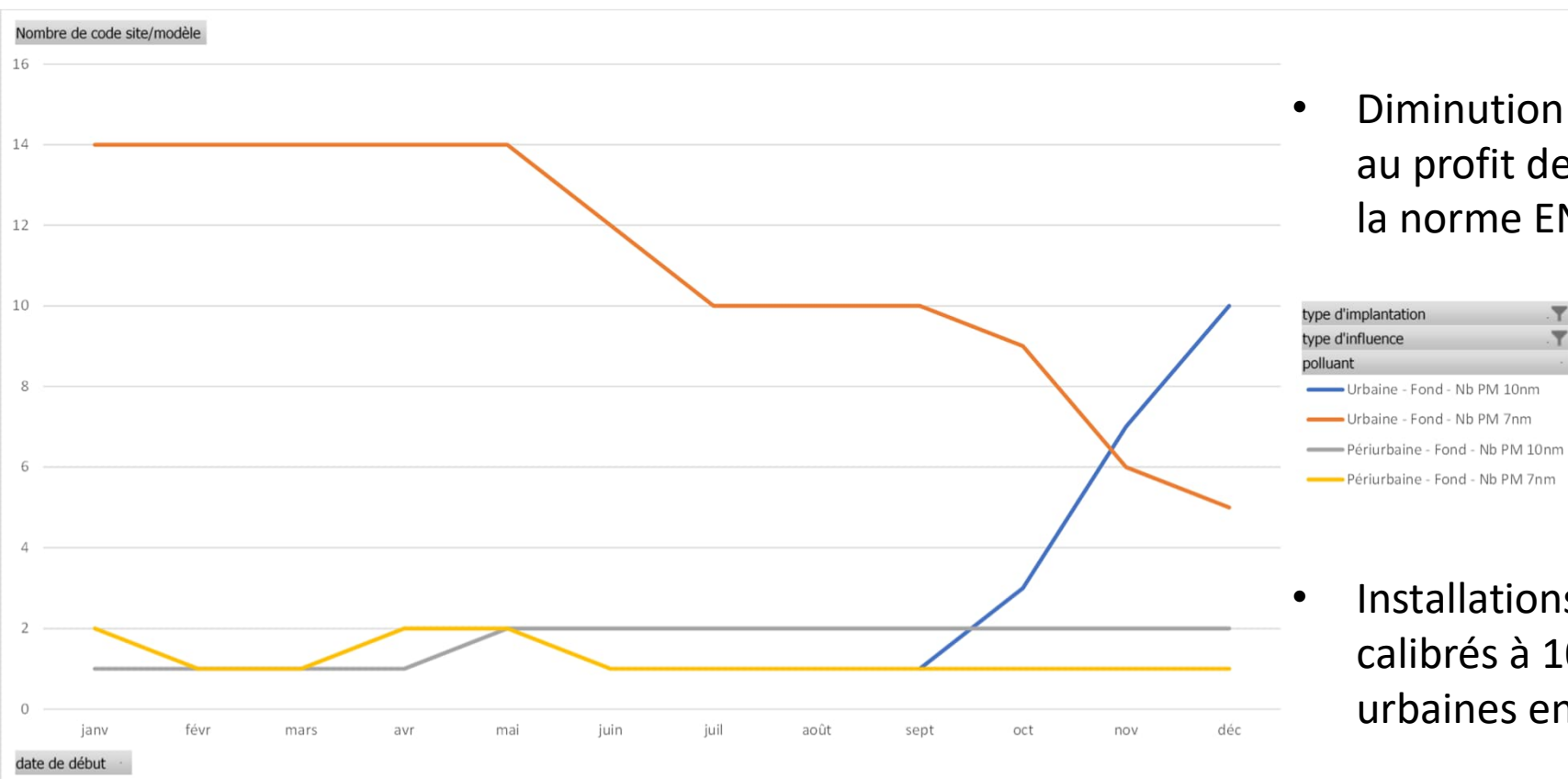
Stations de typologie Urbaine/Fond = les plus instrumentées

➔ en accord avec la stratégie nationale

Partie 1

Parc instrumental – Migration de 7 nm vers 10 nm

CNC implantés en stations urbaines, périurbaines en 2024



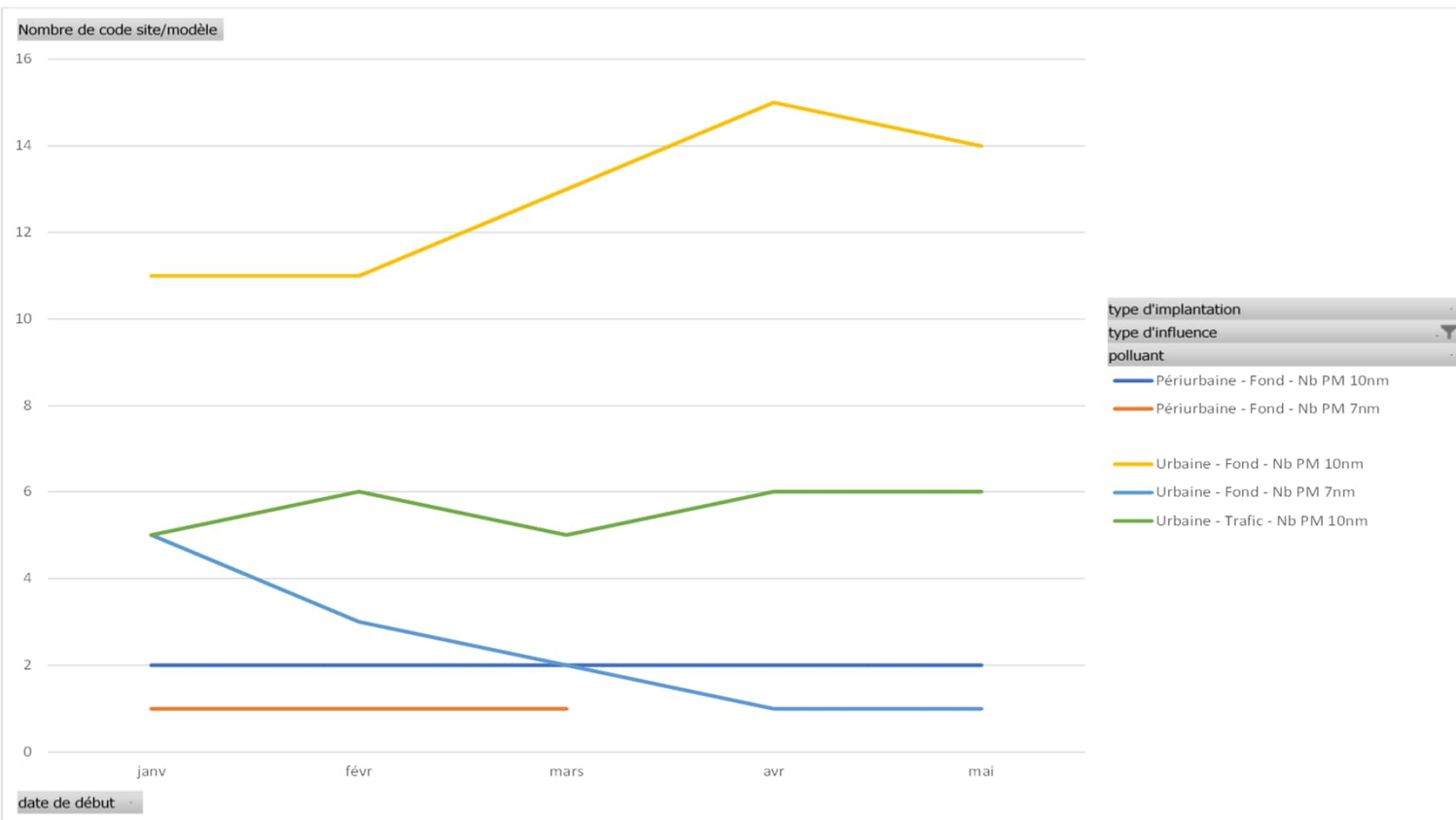
- Diminution des CNC calibrés à 7 nm au profit de 10 nm (prescription de la norme EN 16976)

- Installations des premiers CNC calibrés à 10 nm en station urbaines en septembre 2023.

Partie 1

Parc instrumental – Migration de 7 nm vers 10 nm

CNC implantés en stations urbaines et périurbaines en 2024



- Typologie Urbain / Fond la plus instrumentée ;
- Recalibration des CNC vers 10 nm quasiment achevée en 2024.

Partie 2

Essais comparatifs de granulomètre de type MPSS

- Objectif :
Estimer l'incertitude de mesure entre des instruments identiques
- Lieu :
Remorque laboratoire ; Ineris, Verneuil-en-Halatte
- Dates :
du 3 octobre au 14 octobre 2023





Partie 2

Essais comparatifs de granulomètre de type MPSS

Principe de mesure d'un granulomètre de type MPSS

Un MPSS (Mobility Particle Size Spectrometer) est un instrument analytique utilisé pour mesurer la granulométrie des particules d'aérosol. Il fonctionne sur le principe de la mobilité électrique des particules chargées dans un champ électrique

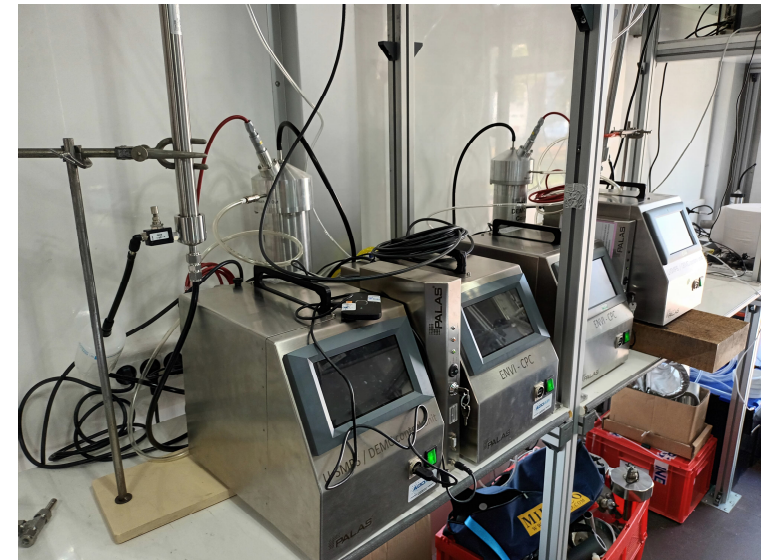
- 1. Neutralisation des Particules** : Les particules entrant dans le système sont neutralisées à l'aide d'une source radioactive ou à rayons X, imposant un équilibre connu des charges. (*Wiedensohler A. An approximation of the bipolar charge distribution for particles in the submicron size range. J. Aerosol Sci.1988, 19 pp. 387–389*).
- 2. Classification par Mobilité Électrique** : Les particules neutralisées passent ensuite dans un analyseur de mobilité différentielle (DMA), où elles sont soumises à un champ électrique. La vitesse à laquelle les particules se déplacent dans ce champ dépend de leur mobilité électrique, qui est fonction de leur taille et de leur charge.
- 3. Balayage de Tension** : En faisant varier la tension appliquée au DMA, le MPSS peut sélectionner des particules de différentes tailles. Cela permet de construire une distribution granulométrique de l'aérosol.
- 4. Comptage des Particules** : Les particules sélectionnées par le DMA sont ensuite comptées par un Compteur à Noyaux de Condensation (CNC), qui fournit des mesures en temps réel de la concentration des particules.

Partie 2

Essais comparatifs de granulomètre de type MPSS

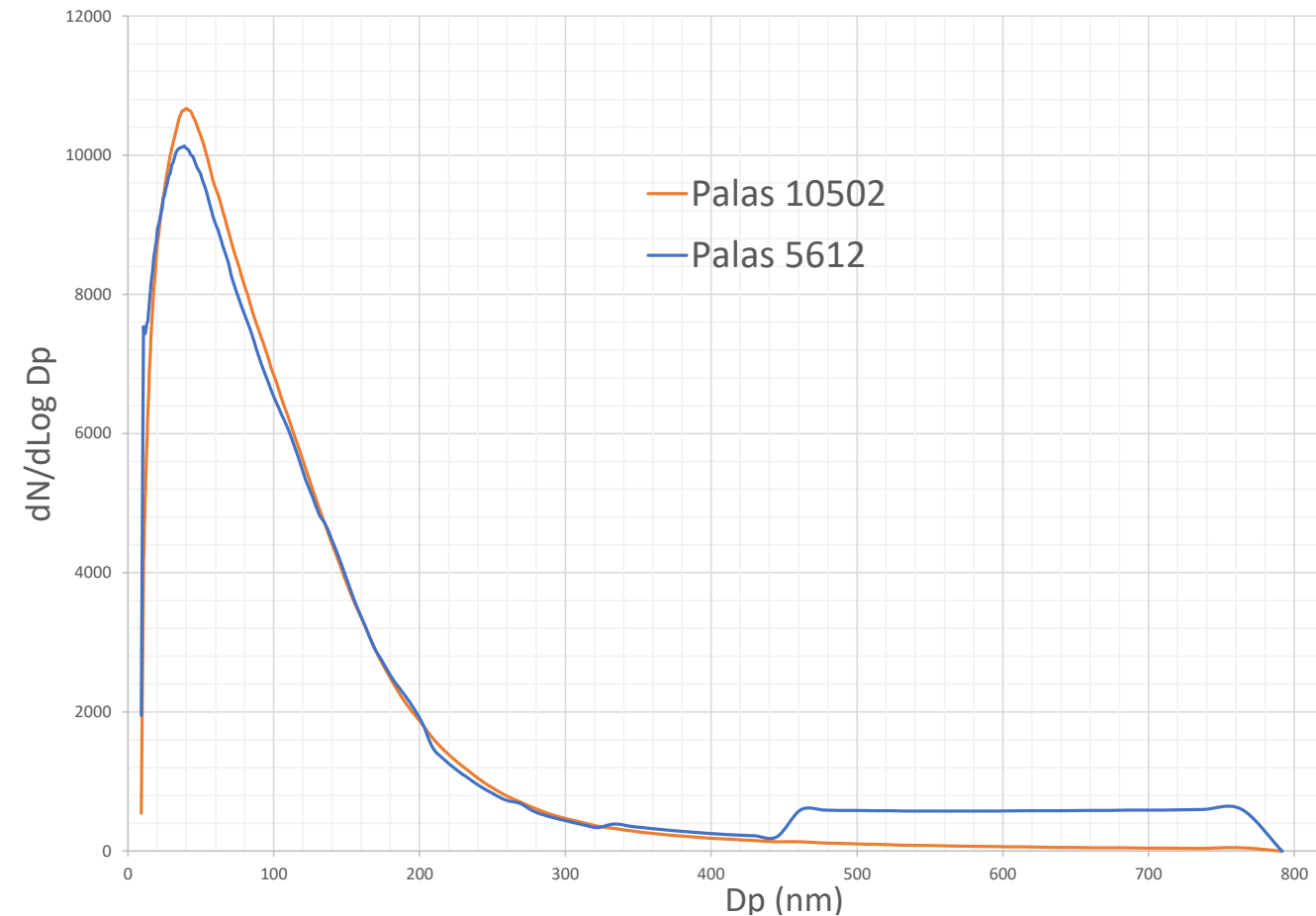
Instruments testés :

- 2 MPSS PALAS (Références 10502 et 5612) :
 - ❑ EnviCPC 100,
 - ❑ DEMC,
 - ❑ Gamme de mesures de 10 nm à 800 nm.
- Lignes de prélèvement identiques pour les deux systèmes



Partie 2

Essais comparatifs de granulomètre de type MPSS

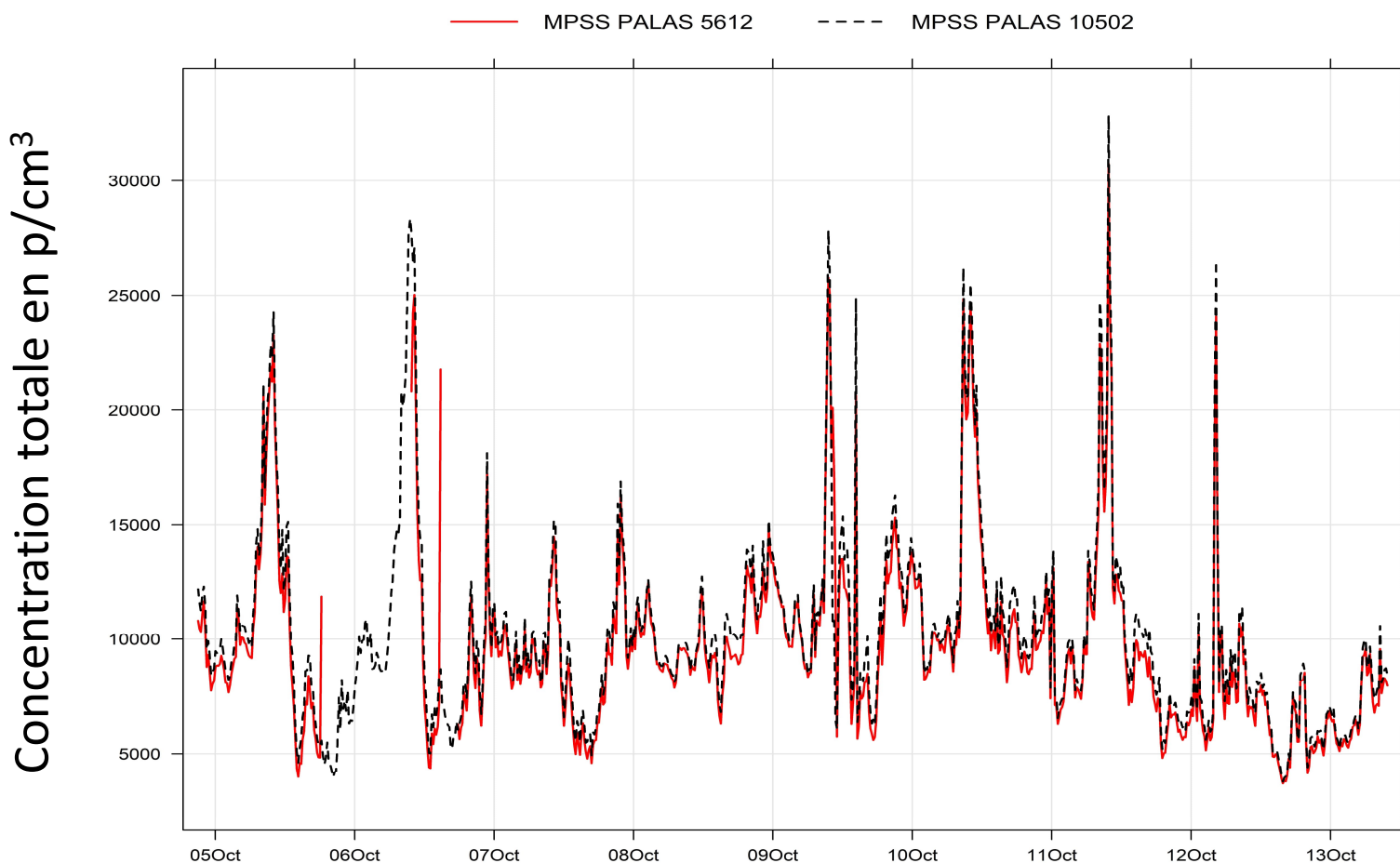


Représentation de la granulométrie :

- Représentation des moyennes des granulométries de l'ensemble de la gamme sur la période d'exercice.
- Cohérence des mesures des deux systèmes PALAS.
- Différence observée à partir de 450 nm de l'ordre de 500 p/cm³. La cause de ce décalage n'a pas été identifiée.

Partie 2

Essais comparatifs de granulomètre de type MPSS

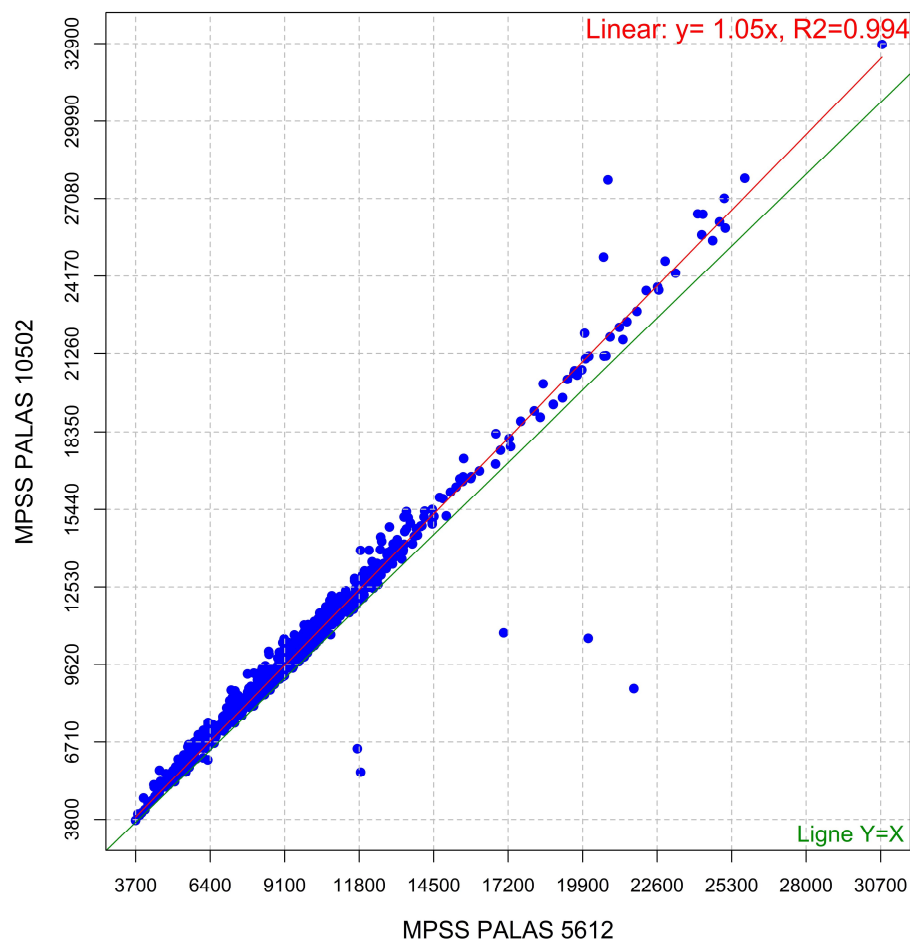


Suivi temporel de la concentration totale :

- Majorité des données comprises entre 5000 et 15 000 p/cm³.
- Six épisodes brefs supérieurs à 20 000 p/cm³.
- Interruption des mesures du système N°5612 suite à une erreur de paramétrage dans la nuit du 5 au 6 octobre.

Partie 2

Essais comparatifs de granulomètre de type MPSS



Régression linéaire de la concentration totale mesurée sur :

- Coefficients de détermination très proche de 1,
- Le coefficient directeur égal à 1,05 traduisant une très bonne corrélation des MPSS Palas.

Les deux instruments fournissent des résultats satisfaisants, avec une bonne concordance entre leurs performances durant cet exercice.

Il peut être intéressant de calculer le U(bs) défini ci-après afin de préciser cette corrélation des données.

Partie 2

Essais comparatifs de granulomètre de type MPSS

Le coefficient **U(bs)** fait référence à l'incertitude observée lors de la comparaison des mesures obtenues par différents appareils ou instruments de mesure. Cette incertitude peut découler de variations entre les dispositifs, même lorsqu'ils sont calibrés de manière identique. Elle impacte la précision des résultats dans des environnements où plusieurs appareils sont utilisés pour des mesures similaires. Cette incertitude est définie de manière analogue à la variance de répétabilité de deux dispositifs de mesure tel que défini dans la norme NF ISO 5725-25. Cet estimateur est notamment utilisé pour l'analyse des comparaisons interlaboratoires (CIL) et dans la norme NF EN 16450.

$$u(bs) = \sqrt{\left(\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p (y_{i,j} - y_m)^2}{n(p-1)} \right)}$$

Où :

$y_{i,j}$ = données du système j pour la période i;

y_m = valeur moyenne des données des systèmes pour la période i ;

N = nombre de données;

P = nombre de répliques;

Sur l'ensemble du jeu de données présenté, la valeur du coefficient U(bs) est de 701 p/cm³. Considérant la moyenne des CNC d'une valeur de 10 200 p/cm³, le coefficient U(bs) représente 6,9 %. Ce résultat permet de confirmer la bonne reproductibilité entre les deux instruments.



Conclusion et perspectives

- Le déploiement des CNC est conforme à la stratégie nationale établie. L'action de conversion du D50 vers 10 nm a été pleinement menée par les AASQA ;
- La comparaison entre les données générées par les deux granulomètres MPSS Palas indiquent une très bonne corrélation. Le coefficient $U(bs)$ d'une valeur relative de 6,9 % est jugé bon relativement aux concentrations mesurées et traduit une bonne reproductibilité entre les deux instruments.
Ce coefficient pourra être calculé avec d'autres modèles de MPSS lors de futurs exercices de comparaison.