

Rapport d'études

Caractérisation des poudres « MonoDust » utilisées
pour la vérification en diamètre de l'analyseur optique
FIDAS

Novembre 2025



Groupement d'intérêt scientifique



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

LABORATOIRE
NATIONAL
DE MÉTROLOGIE
ET D'ESSAIS



Travaux réalisés par
LNE
dans le cadre du

Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air

Caractérisation des poudres « MonoDust » utilisées pour la vérification en diamètre de l'analyseur optique FIDAS

Maurel TOSSA - LNE

Vérification : Tatiana, MACE - LNE

Approbation : Nicolas, HERTEL – LNE, le 25/11/2025

Liste des personnes ayant participé à l'étude

Axel FOUQUEAU - LNE

Rémy PLOIX - LNE

Table des matières

1	INTRODUCTION	9
2	MATERIELS ET METHODE	10
2.1	Echantillonnage	10
2.2	Protocoles expérimentaux	11
2.2.1	Mesures granulométriques	12
2.2.2	Mesures par microscopie électronique à balayage (MEB)	12
3	RESULTATS	13
3.1	Analyses granulométriques des PSL ($1,592 \mu\text{m} \pm 0,016 \mu\text{m}$)	13
3.2	Analyses granulométriques des poudres « MonoDust »	15
3.3	Analyses par microscopie électronique à balayage (MEB) des poudres « MonoDust »	15
4	CONCLUSIONS	18
5	GLOSSAIRE	19
6	LISTE DES ANNEXES	21
ANNEXE 1	Distribution granulométrique du « Monodust » de 7,4 ans	22
ANNEXE 2	Distribution granulométrique du « Monodust » de 3,5 ans	23
ANNEXE 3	Distribution granulométrique du « Monodust » de 2,8 ans	24
ANNEXE 4	Distribution granulométrique du « Monodust » de 1,8 an	25
ANNEXE 5	Distribution granulométrique du « Monodust » de 6 mois	26

Résumé

Cette étude, menée dans le cadre du Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA), visait à approfondir la compréhension du fonctionnement de l'analyseur optique FIDAS (PALAS) et à évaluer la stabilité des poudres « MonoDust » utilisées pour sa vérification en diamètre. Le travail, conduit par le LCSQA-LNE, s'inscrit dans la démarche d'amélioration continue du contrôle qualité (QA/QC) des mesures de particules dans l'air au sein du réseau des Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA).

Les essais ont consisté à comparer les mesures issues d'un analyseur FIDAS PromoLed 2300 et d'un spectromètre APS 3321 (TSI), à étudier l'impact de l'âge des poudres « MonoDust » sur leur distribution granulométrique, et à compléter ces observations par des analyses en microscopie électronique à balayage. Les tests ont porté sur plusieurs échantillons de poudres « MonoDust » de différents âges (6 mois à 7,4 ans).

Les résultats montrent :

- une stabilité de la distribution granulométrique des poudres « MonoDust », jusqu'à 8 ans d'âge, dès lors que les conditions de stockage préconisées par le fournisseur sont respectées ;
- une morphologie homogène confirmée par microscopie électronique à balayage, avec des tailles comprises entre 1,44 μm et 1,47 μm .

Dans les certificats délivrés avec les poudres « MonoDust », le fournisseur PALAS préconise une durée de conservation de 2 ans. Sur la base des résultats de cette étude menée par le LCSQA-LNE en 2025, cette durée d'utilisation et de conservation des poudres « MonoDust » peut donc être élargie et étendue à 8 ans.

Abstract

This study, conducted as part of the activities of the *Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air* (LCSQA), aimed to deepen the understanding of the operating principles of the optical analyzer FIDAS (PALAS) and to assess the stability of the “MonoDust” powders used for its size verification. The work, carried out by LCSQA–LNE, is part of the continuous improvement process for quality assurance and quality control (QA/QC) of particulate measurements within the network of Air Quality Monitoring Associations (AASQA).

The experiments consisted in comparing measurements obtained from a FIDAS PromoLed 2300 analyzer and a TSI APS 3321 spectrometer, studying the impact of the age of “MonoDust” powders on their particle size distribution, and complementing these observations with scanning electron microscopy (SEM) analyses. Tests were performed on several “MonoDust” powder samples aged between 6 months and 7.4 years.

The results show:

- a stable particle size distribution of “MonoDust” powders up to 8 years of age, provided that the storage conditions recommended by the supplier are respected;
- a homogeneous morphology, confirmed by SEM, with particle sizes ranging from 1.44 μm to 1.47 μm .

According to the certificates provided by PALAS, the supplier recommends a shelf life of two years for the “MonoDust” powders. Based on the findings of this 2025 LCSQA–LNE study, this storage and use period can therefore be extended to eight years.



Remerciements et collaborations

Nous remercions les AASQA pour le prêt des poudres « MonoDust ».

1 Introduction

Dans le cadre du Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA), le Laboratoire National de métrologie et d'Essais (LNE) a conduit une étude visant à améliorer la compréhension du fonctionnement de l'analyseur optique FIDAS (PALAS). Cet instrument est largement utilisé par les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) pour la mesure en temps réel des particules en suspension (PM_{10} , $PM_{2,5}$ et PM_{10}).

L'objectif principal de cette étude est d'améliorer les connaissances sur les conditions d'utilisation des poudres « MonoDust 1500 », mises en œuvre pour la vérification en diamètre de l'analyseur FIDAS. Elles se présentent sous la forme d'une poudre blanche de dioxyde de silicium (SiO_2) avec des particules dont le diamètre est de $1,28\ \mu m$, contenue dans un flacon à fermeture hermétique.

Cette étude vise donc à caractériser les poudres « MonoDust », à mieux comprendre la relation entre le diamètre optique mesuré par l'analyseur FIDAS et le diamètre aérodynamique mesuré par d'autres instruments de référence, à valider leurs propriétés physico-chimiques, et à évaluer leur stabilité au cours du temps. Les travaux ont porté principalement sur la comparaison des mesures de la distribution granulométrique obtenues avec un analyseur FIDAS et celles obtenues avec un spectromètre d'aérosols de référence (APS 3321, TSI) pour différentes poudres « MonoDust », ainsi que sur l'impact de l'âge des poudres sur leurs caractéristiques physico-chimique (morphologie, diamètre physique et composition chimique).

2 Matériels et méthode

2.1 Echantillonnage

Pour la réalisation de cette étude, plusieurs lots de poudres « MonoDust » ont été collectés auprès de différentes AASQA. Les échantillons récupérés présentaient des âges variés, allant de deux années à huit ans environ. En complément des poudres des AASQA, un lot de trois poudres « MonoDust » a été acquis par le LCSQA-LNE afin de disposer d'un point de comparaison récent.

La sélection des poudres retenues pour l'étude a été réalisée sur la base de l'âge des échantillons, avec des intervalles d'âge relativement réguliers allant de 6 mois à environ huit ans. Cette approche a été utilisée afin d'évaluer de manière progressive l'évolution potentielle des caractéristiques granulométriques et morphologiques des poudres « MonoDust » dans le temps.

Le tableau 1 ci-après présente l'ensemble des poudres « MonoDust » sélectionnées pour l'étude, classées selon leur âge et leur provenance.

Tableau 1 : Poudres « MonoDust » sélectionnées

Substrat	Âge (ans)	Organismes
Poudre « MonoDust » (PALAS)	0,6	LCSQA-LNE
	1,8	Airparif
	2,8	AtmoSud
	3,5	Air Pays de la Loire
	7,4	Air Breizh

2.2 Protocoles expérimentaux

Les essais ont été réalisés en deux phases distinctes : une phase de mesure granulométrique et une phase d'analyse microscopique, comme détaillé dans le tableau 2 ci-après.

Tableau 2 : Protocoles expérimentaux

Tests	Types d'aérosols	Caractéristiques	Nombre de répétitions	Durée de test
Phase 1 : Analyses granulométriques par APS et par FIDAS PromoLed 2300				
1	PSL	1,6 µm	2	1 min 30 s
2	Poudre « MonoDust » (PALAS)	7,4 ans	3	1 min 30 s
		3,5 ans	3	1 min 30 s
		2,8 ans	3	1 min 30 s
		1,8 an	3	1 min 30 s
		0,5 an	9*	1 min 30 s
3	PSL	1,6 µm	1	1 min 30 s
Phase 2 : Analyses par microscopie électronique à balayage (MEB)				
4	Poudre « MonoDust » (PALAS)	7,4 ans	3	1 min
		0,5 an	3	1 min

2.2.1 Mesures granulométriques

Pour cette phase, deux bancs d'essais ont été conçus pour la mesure de la distribution granulométrique des particules des poudres « MonoDust » (cf. Figures 1 et 2). Deux appareils de mesure ont été utilisés : un FIDAS PromoLed 2300 (PALAS) et un APS 3321 (TSI). Les tests ont porté sur deux types d'aérosols : des PSL (Polystyrene Latex Spheres) et des poudres « MonoDust » distribuées par PALAS. Chaque essai a duré 1 min 30 s, incluant 30 s de mesure du bruit de fond et 1 min de mesure du substrat d'intérêt. Neuf répétitions, réalisées par trois opérateurs différents, ont été effectuées sur la poudre « MonoDust » âgée de six mois afin d'évaluer l'influence de l'opérateur sur les résultats.

Les mesures de PSL (Polystyrene Latex Spheres) de tailles connues ont été réalisées avant et après les mesures des poudres « MonoDust » afin de vérifier la stabilité et la justesse métrologique des systèmes de mesure.

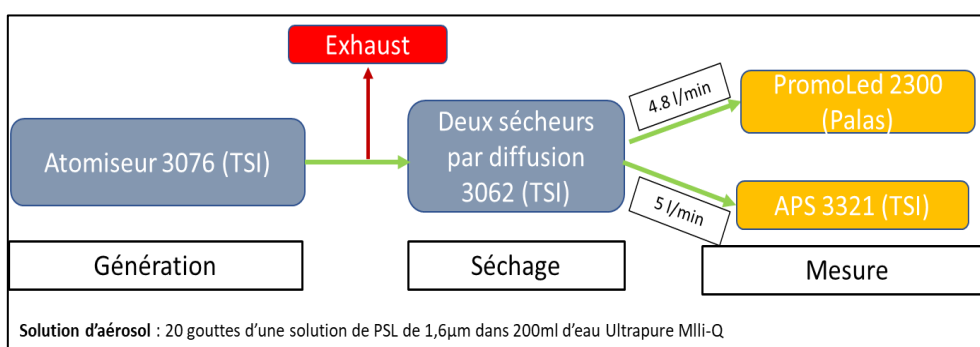


Figure 1 : Banc d'essai pour la mesure des PSL

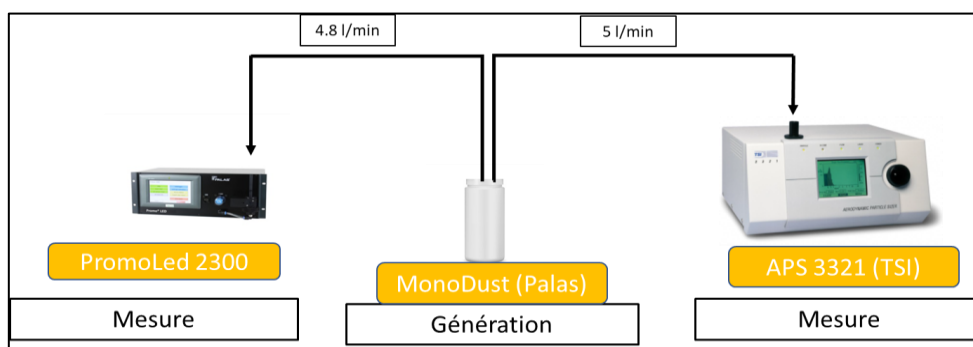


Figure 2 : Banc d'essai pour la mesure des poudres « MonoDust »

2.2.2 Mesures par microscopie électronique à balayage (MEB)

Les aérosols générés à partir des poudres « MonoDust » ont été prélevés sur des grilles MPS (Mini Particle Sampler) pour observation par microscopie électronique (cf. Figure 3). Six échantillons ont été analysés : trois échantillons de poudres âgées de 7,4 ans (la plus ancienne) et trois poudres âgées de 6 mois (la plus récente). L'objectif de cette analyse est de déterminer, par la méthode de Microscopie Electronique à Balayage (MEB), la morphologie des particules ainsi que la distribution granulométrique et la taille médiane des particules de silice (poudres « MonoDust ») déposées sur

les grilles MPS. Un total de 300 particules est pris en compte pour chacun des échantillons et le diamètre équivalent en surface projetée est mesuré pour chacune des particules. Ces analyses ont permis de caractériser la taille et la morphologie des particules.

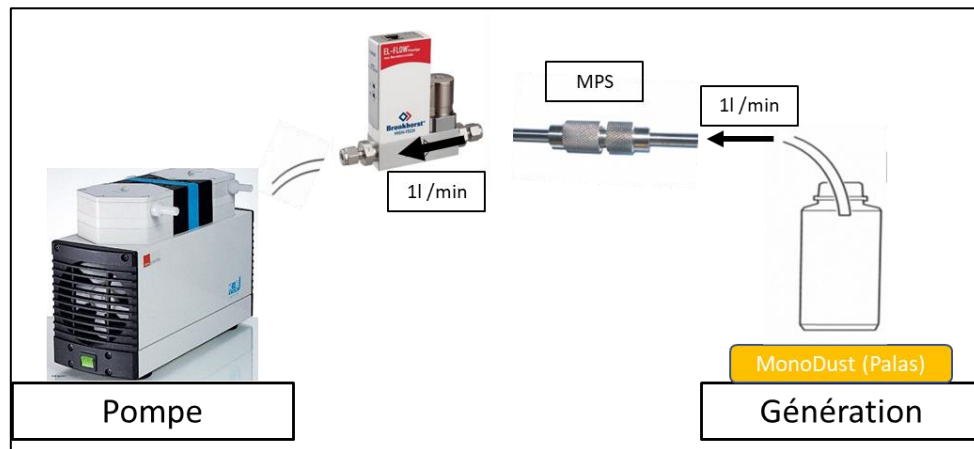


Figure 3 : Banc d'essai pour le prélèvement des aérosols de poudres « MonoDust » sur les grilles MPS

3 Résultats

3.1 Analyses granulométriques des PSL ($1,592 \mu\text{m} \pm 0,016 \mu\text{m}$)

Les essais effectués ont mis en évidence des différences entre les mesures du FIDAS et celles de l'APS notamment sur la taille des PSL analysés. Le FIDAS indique une taille de particules comprise entre $1,38 \mu\text{m}$ et $1,48 \mu\text{m}$, alors que l'APS fournit une plage légèrement différente, comprise entre $1,58 \mu\text{m}$ et $1,71 \mu\text{m}$. Cette différence provient du fait que ces deux instruments reposent sur des principes de mesure distincts. En effet, l'APS détermine le diamètre aérodynamique des particules, tandis que le FIDAS mesure leur diamètre optique selon le modèle de diffusion de Mie.

On note cependant pour ces mesures effectuées sur les PSL, une excellente stabilité comme le montrent les figures 4 et 5 ci-après. Aucune dérive n'a été observée avant et après les tests réalisés sur les poudres « MonoDust », confirmant la fiabilité du banc d'essai.

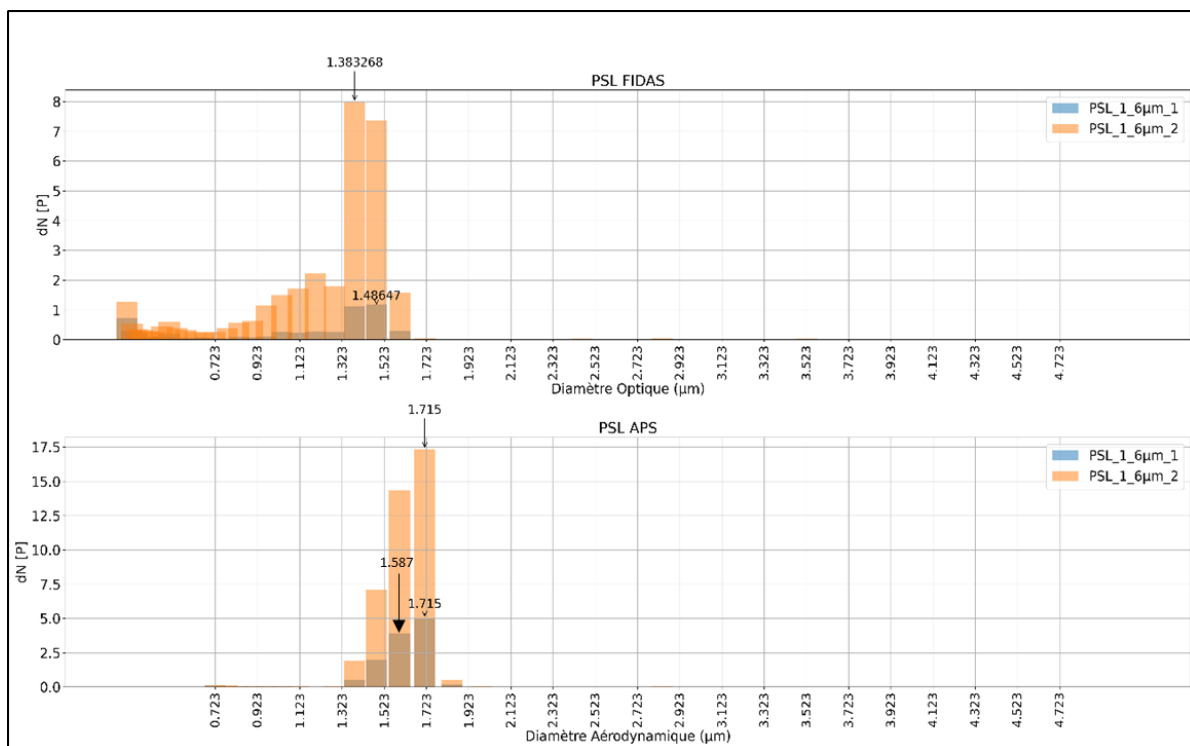


Figure 4 : Mesures de la distribution granulométrique de PSL de 1,592 µm avant la réalisation des tests sur les poudres « MonoDust »

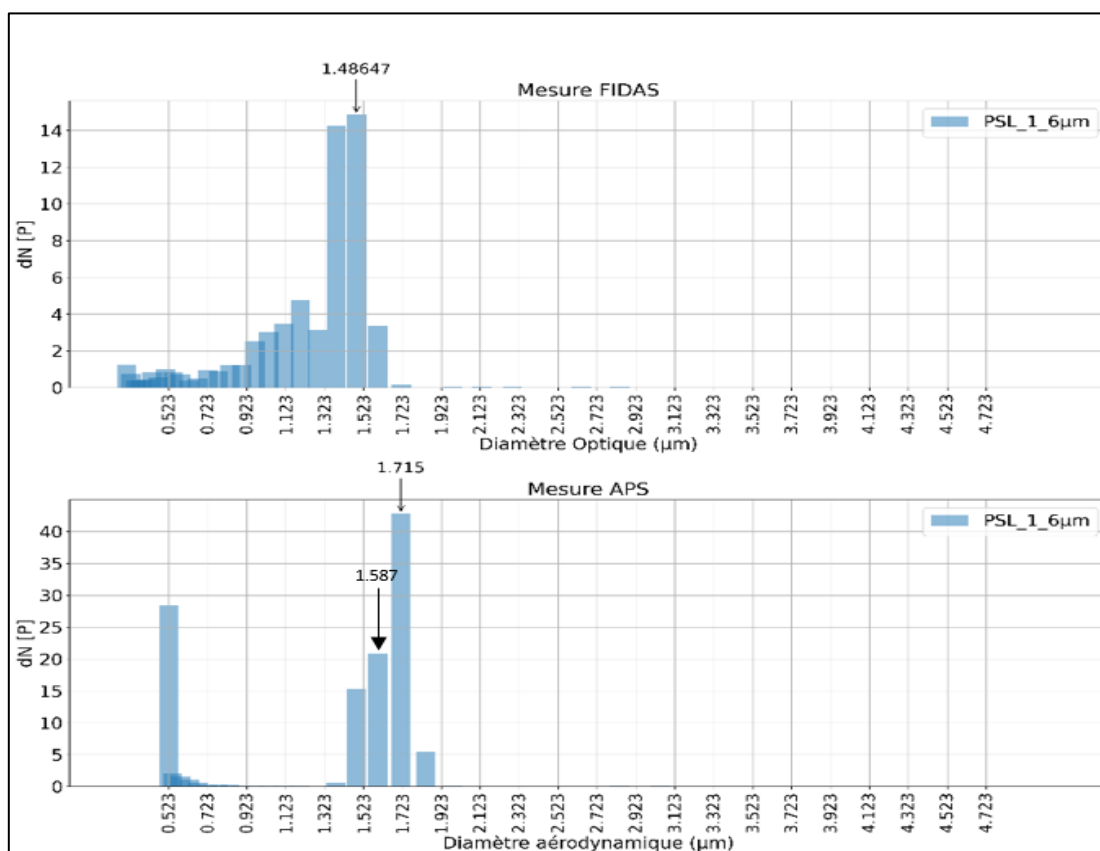


Figure 5 : Mesures de la distribution granulométrique de PSL de 1,592 µm après la réalisation des tests sur les poudres « MonoDust »

3.2 Analyses granulométriques des poudres « MonoDust »

Pour toutes les durées de conservation étudiées, les mesures de la distribution granulométrique des poudres « MonoDust » réalisées par l'APS montrent que le diamètre des aérosols se situent entre **2,28 µm et 2,45 µm**. Pareillement, les données issues du FIDAS, indiquent que la taille correspond bien à la valeur attendue (canal **139,9** soit environ **1,28 µm**) pour l'ensemble des poudres « MonoDust » testées.

Les mesures démontrent donc que l'âge de la poudre « MonoDust » n'a pas d'influence sur sa distribution granulométrique, à condition que les poudres soient conservées dans les conditions de stockage préconisées par le fournisseur.

Les résultats des mesures de distribution granulométrique effectuées sur les 5 poudres « MonoDust » sont présentés dans le tableau 3 ci-après :

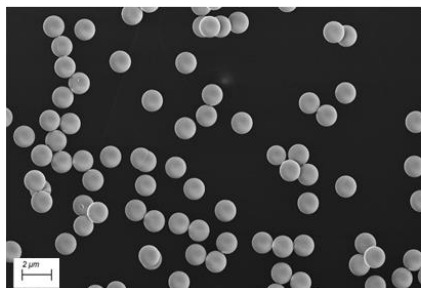
Tableau 3 : Résultats de l'analyse granulométrique des poudres « MonoDust »

Substrat	Âge (ans)	Organisme	Diamètres moyens des pics principaux Mesure APS (µm)	Diamètre moyen du pic principal Mesure FIDAS (µm)
Poudre « MonoDust »	7,4	Air Breizh	2,28 / 2,45	1,28
	3,5	Air Pays de la Loire	2,28 / 2,45	1,28
	2,8	AtmoSud	2,28 / 2,45	1,28
	1,8	Airparif	2,28 / 2,45	1,28
	0,5	LCSQA-LNE	2,28 / 2,45	1,28

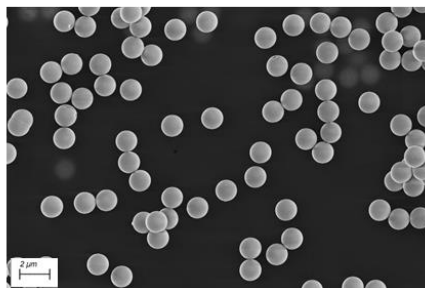
3.3 Analyses par microscopie électronique à balayage (MEB) des poudres « MonoDust »

Les images obtenues par microscopie électronique à balayage ont montré une bonne cohérence de taille et de forme entre les échantillons analysés. Aucune différence morphologique n'a été observée entre les poudres anciennes (7,4 ans) et celles récentes (6 mois) comme le montrent les photographies MEB des Figures 6 et 7 ci-après.

Monodust– 7,4 ans (1)



Monodust– 7,4 ans (2)



Monodust– 7,4 ans (3)

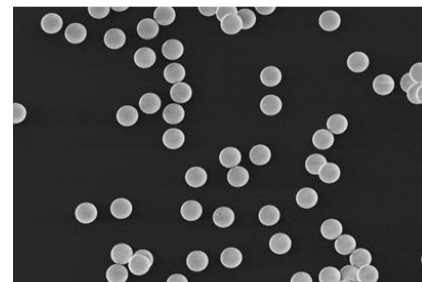
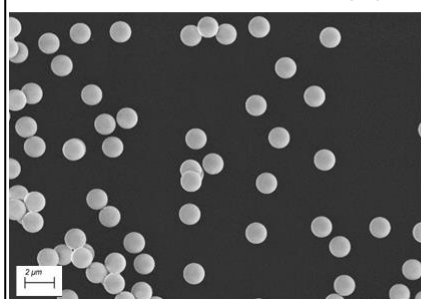
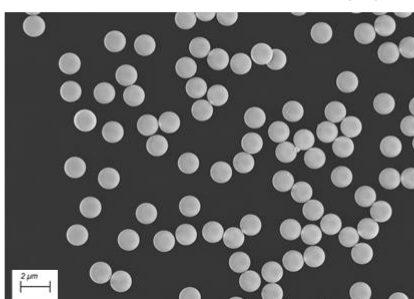


Figure 6 : Photographies MEB des poudres « MonoDust » de 7,4 ans

Monodust– 6 mois (1)



Monodust– 6 mois (2)



Monodust– 6 mois (3)

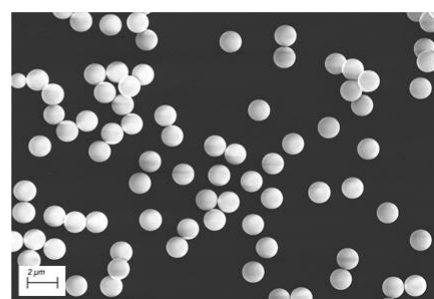
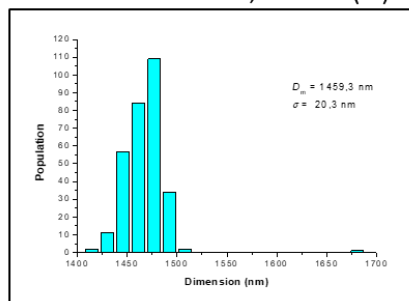


Figure 7 : Photographies MEB des poudres « MonoDust » de 6 mois

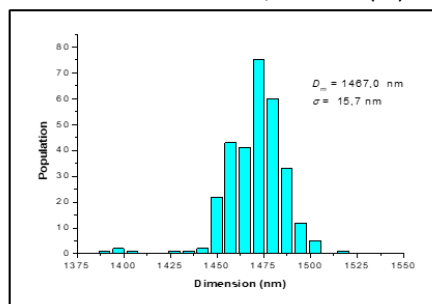
A partir des images MEB réalisées, un ensemble de particules de silice (« MonoDust ») a été mesuré afin de construire un histogramme de distribution de tailles en nombre pour chacun des six échantillons. Le mesurande choisi pour les mesures est le diamètre équivalent en surface projetée.

Pour les six ensembles de particules mesurées, l'histogramme de distribution de tailles en nombre a été construit, et différents paramètres dimensionnels ont été extraits des mesures : la taille, la largeur de distribution, le diamètre modal de la distribution et la taille médiane.

Monodust– 7,4 ans (1)



Monodust– 7,4 ans (2)



Monodust– 7,4 ans (3)

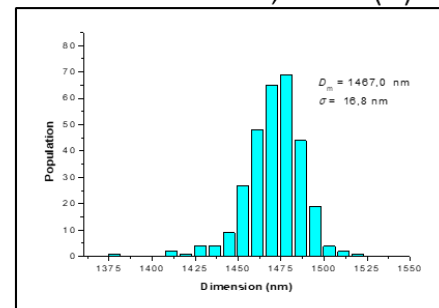


Figure 8 : Histogramme de distribution de tailles en nombre des « MonoDust » de 7,4 ans

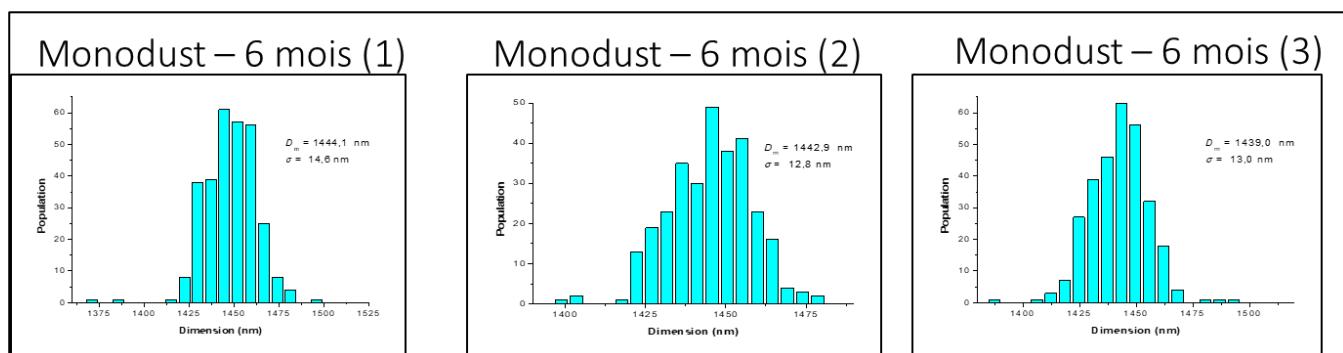


Figure 9 : Histogramme de distribution de tailles en nombre des « Monodust » de 6 mois

L'ensemble des paramètres dimensionnels extraits des mesures sont présentés dans le tableau 4 récapitulatif ci-après.

Tableau 4 : Tableau récapitulatif des paramètres dimensionnels des poudres « MonoDust » extraits des observations MEB

Mesurande	Taille moyenne (nm)	Largeur de distribution (écart-type) (nm)	Taille médiane (nm)	Mode (nm)
MonoDust de 7,4 ans				
MonoDust – 7,4 ans (1)	1459,3 ± 30,1	20,3	1459,1	1458,8
MonoDust – 7,4 ans (2)	1467,0 ± 30,2	15,7	1467,0	1466,8
MonoDust – 7,4 ans (3)	1467,0 ± 30,2	16,8	1466,9	1466,7
MonoDust de 6 mois				
MonoDust – 6 mois (1)	1444,1 ± 29,9	14,6	1444,0	1443,9
MonoDust – 6 mois (2)	1442,9 ± 29,8	12,8	1442,8	1442,7
MonoDust – 6 mois (3)	1439,0 ± 29,8	13	1439,0	1438,8

Les six poudres « MonoDust » analysées (3 de 7,4 ans et 3 de 6 mois) présentent des tailles médianes comprises entre **1439 nm et 1467 nm**.

On peut également noter que les études en microscopie électronique à balayage montrent un diamètre absolu des particules compris entre 1,39 et 1,47 μm . On peut ainsi noter les impacts des deux types de mesure précédemment utilisés (1,28 μm pour le FIDAS et 2,28/2,45 μm pour l'APS). Ce point rappelle la distinction qu'il faut faire entre les différents types de diamètres mesurés, qui ne représentent donc pas la taille réelle des particules, même pour des particules sphériques.

4 Conclusions

Les travaux réalisés dans le cadre de cette étude ont permis de confirmer la stabilité dans le temps des poudres « MonoDust » utilisées pour la vérification métrologique en diamètre des analyseurs optiques FIDAS. L'âge des échantillons jusqu'à 8 ans n'a montré aucune influence sur la distribution granulométrique, ni sur la morphologie des particules, dès lors que les conditions de stockage recommandées par le fournisseur sont respectées.

Dans les certificats délivrés avec les poudres « MonoDust », le fournisseur PALAS préconise une durée de conservation de 2 ans. Sur la base des résultats de cette étude menée par le LCSQA-LNE en 2025, cette durée d'utilisation et de conservation des poudres « MonoDust » peut donc être élargie et étendue à 8 ans.

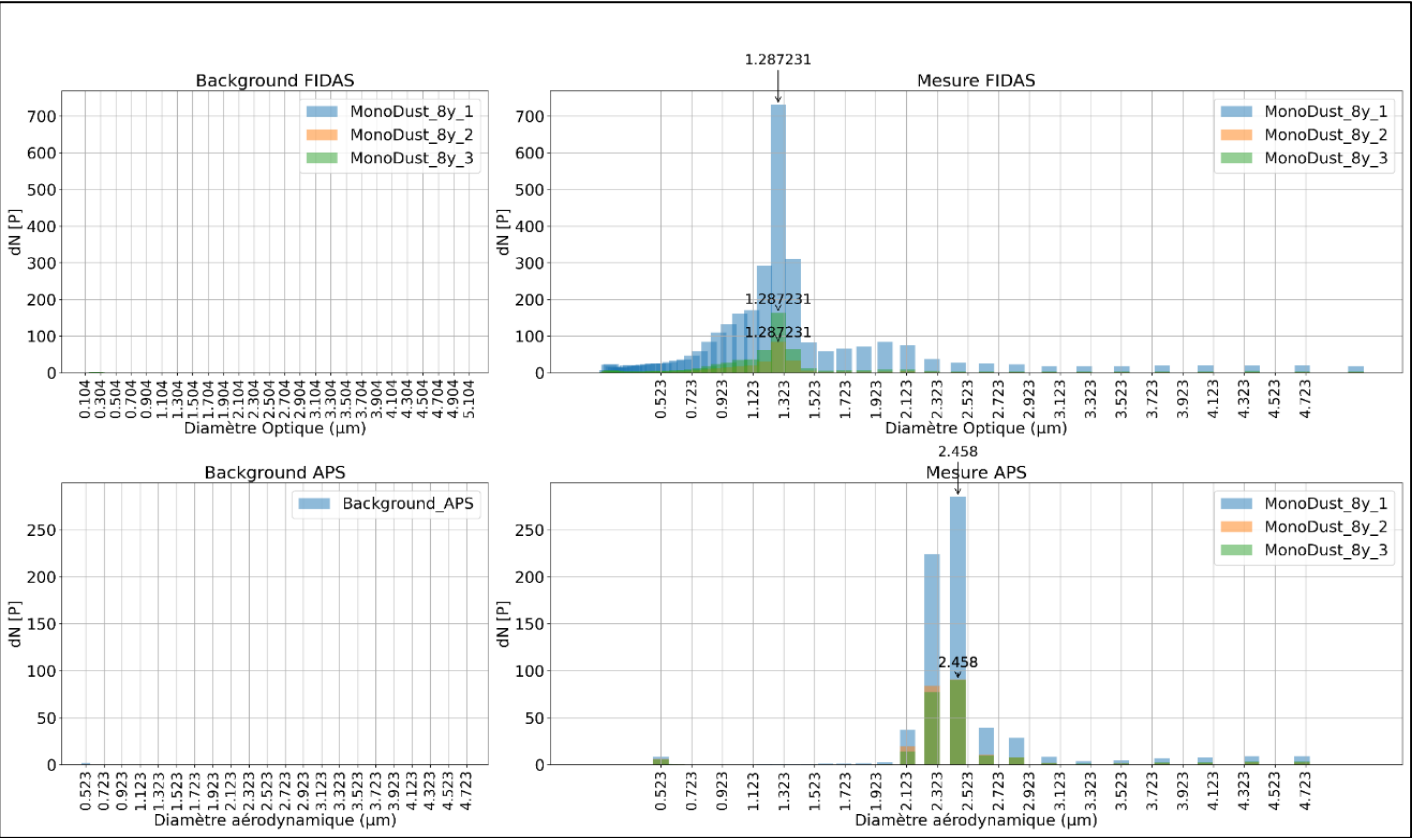
5 Glossaire

Abréviations	Libellés
APS	Aerodynamic Particle Sizer
MEB	Microscope Électronique à Balayage
MPS	Mini Particle Sampler

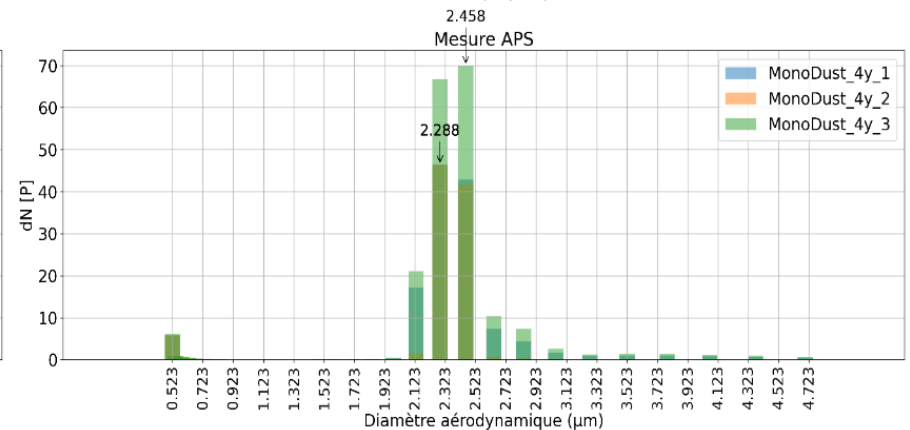
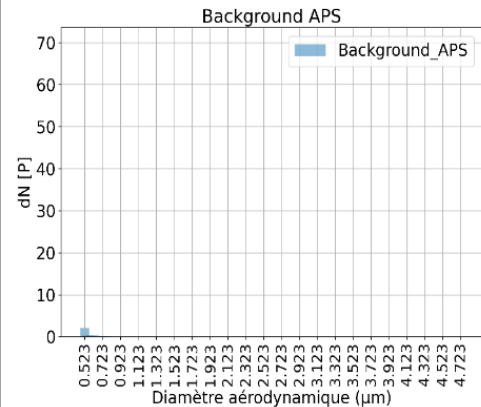
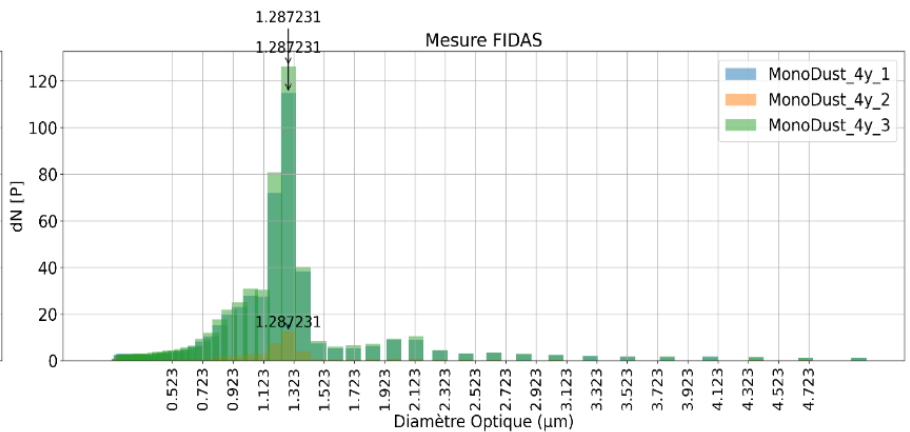
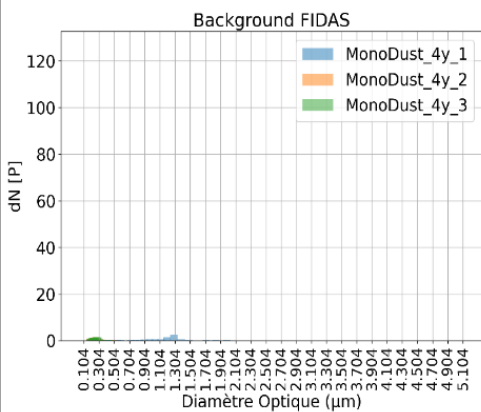
6 Liste des annexes

Annexes	Titres
Annexe 1	Distribution granulométrique du « Monodust » de 7,4 ans
Annexe 2	Distribution granulométrique du « Monodust » de 3,5 ans
Annexe 3	Distribution granulométrique du « Monodust » de 2,8 ans
Annexe 4	Distribution granulométrique du « Monodust » de 1,8 an
Annexe 5	Distribution granulométrique du « Monodust » de 6 mois

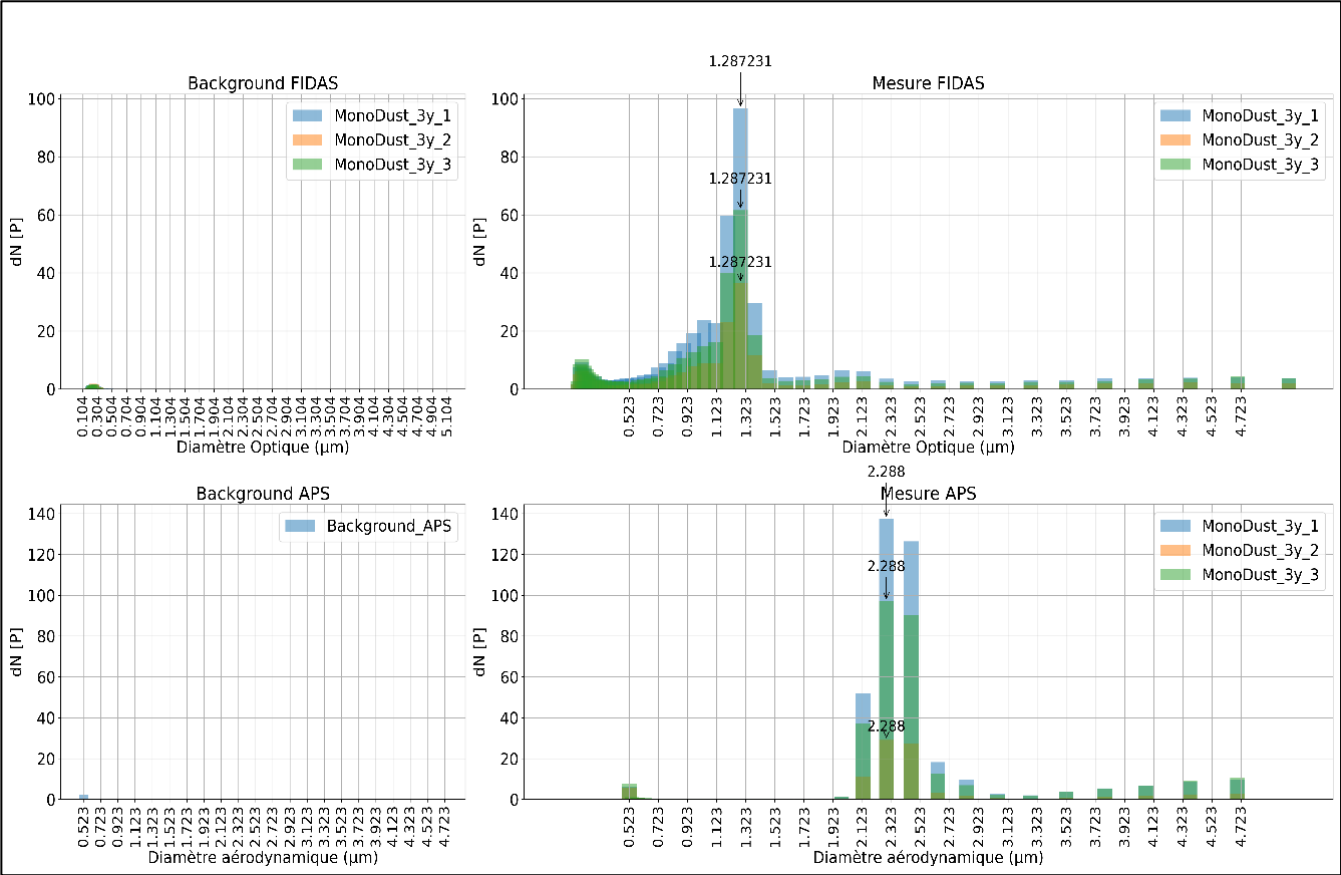
Annexe 1 : Distribution granulométrique du « Monodust » de 7,4 ans



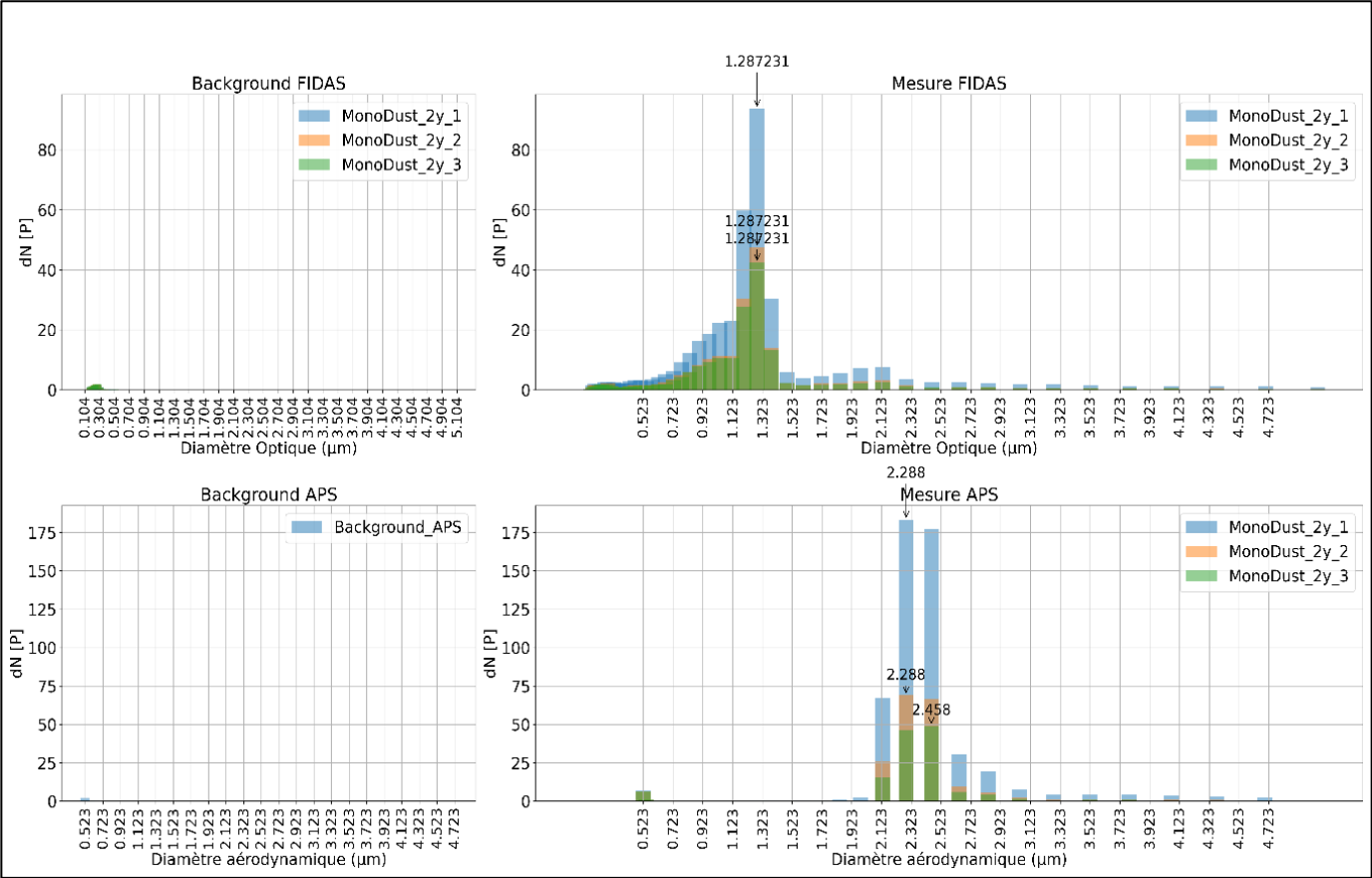
Annexe 2 : Distribution granulométrique du « Monodust » de 3,5 ans



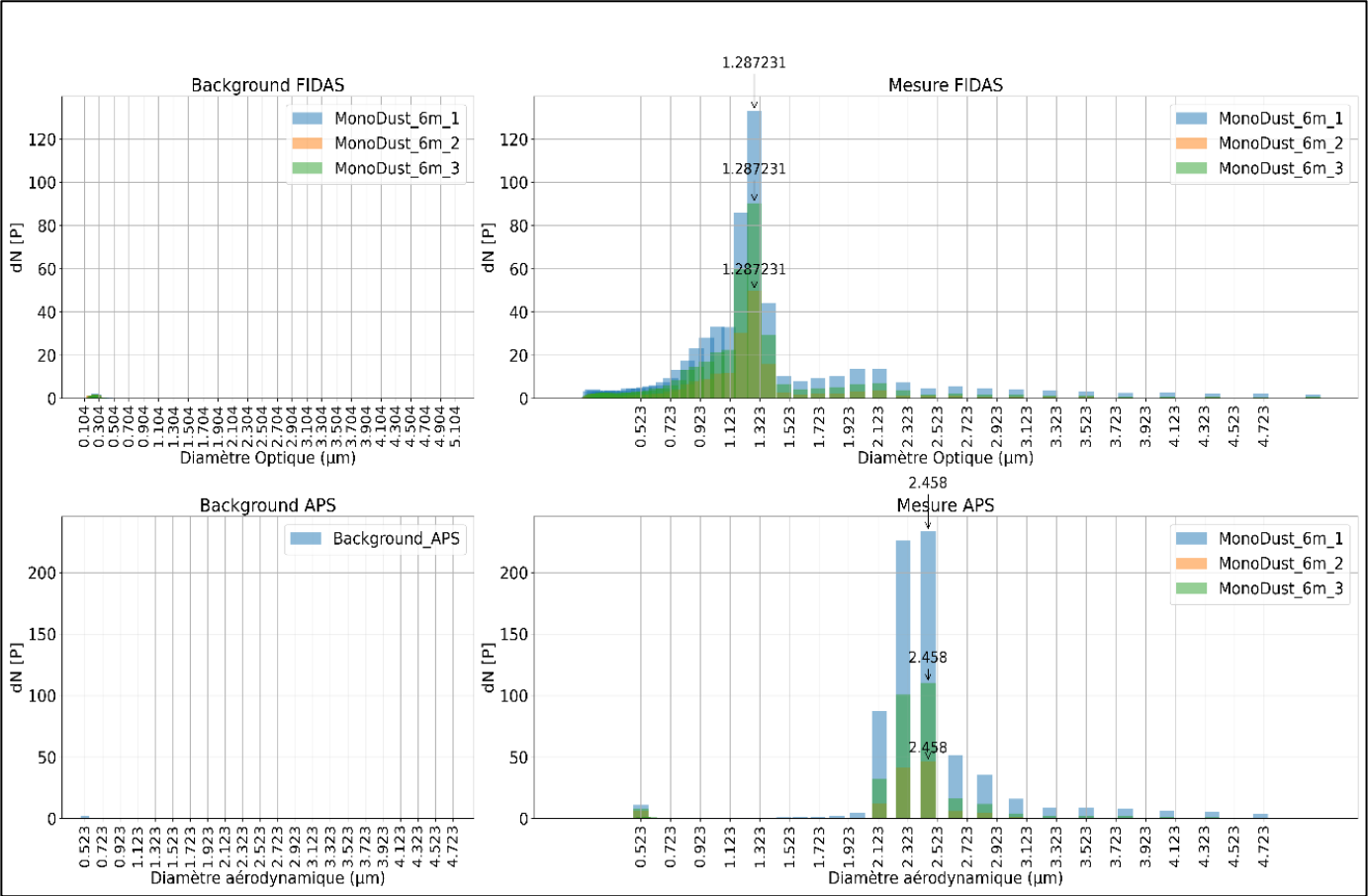
Annexe 3 : Distribution granulométrique du « Monodust » de 2,8 ans



Annexe 4 : Distribution granulométrique du « Monodust » de 1,8 an



Annexe 5 : Distribution granulométrique du « Monodust » de 6 mois



Le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air est un groupement d'intérêt scientifique créé en 2005 et constitué des laboratoires de l'IMT Nord Europe, de l'Ineris et du LNE. Depuis 1991, ses équipes d'experts mènent des études et des recherches sur la qualité de l'air, en appui au ministère chargé de l'environnement, et en étroite collaboration avec les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA). Le LCSQA est désigné par le ministère pour assurer la coordination technique nationale du dispositif de surveillance de la qualité de l'air en France. Il est également l'organisme de référence requis par les directives européennes et ses missions sont définies par l'arrêté du 16 avril 2021 relatif au dispositif national de surveillance de la qualité de l'air ambiant.

L'objectif principal du LCSQA est ainsi de contribuer à l'amélioration continue du dispositif de surveillance en apportant un appui scientifique et technique au ministère et aux AASQA.

Ses travaux portent, d'une part, sur l'ensemble de la chaîne de surveillance : la qualité des mesures en air ambiant (du prélèvement à l'analyse), les inventaires d'émissions, la modélisation des concentrations et leur cartographie, la centralisation ainsi que le traitement et la mise à disposition des données, et d'autre part, sur les méthodes d'évaluation des plans d'actions. Cette action s'inscrit à la fois dans le cadre des réglementations nationales et européennes, et dans une démarche prospective visant à anticiper les besoins de la surveillance de demain.

Direction du LCSQA

Ineris - Parc technologique Alata 2 -
BP2 - F60550 Verneuil-en-Halatte
Tél : 03 44 55 69 16

www.lcsqa.org