

Note technique

ESSAIS D'ADÉQUATION DU FIDAS 200 A LA MESURE RÉGLEMENTAIRE EN FRANCE.

Bilan des essais 2013-2015

T.AMODEO, S.VERLHAC, R.AUJAY (INERIS)

SYNTHÈSE

La présente note rend compte des résultats des essais d'adéquation du FIDAS 200 (PALAS), pour les mesures de PM_{10} et $PM_{2,5}$, obtenus suite aux campagnes de mesure réalisées de 2013 à 2015 en collaboration avec différentes associations agréées de surveillance de la qualité de l'air (AASQA) : AIR PACA, AIRPARIF, ASPA, ATMO AUVERGNE, ATMO CHAMPAGNE-ARDENNE et QUALITAIR CORSE. Ces essais ont consisté à évaluer la cohérence des mesures FIDAS vis-à-vis de la méthode de référence décrite dans la norme NF EN 12341 (Air ambiant - Systèmes automatisés de mesurage de la concentration de matière particulaire (PM_{10} ; $PM_{2,5}$)), en cohérence, lorsque cela était possible, avec les préconisations de la norme prEN16450 (Air ambiant - Méthode normalisée de mesurage gravimétrique pour la détermination de la concentration massique MP_{10} ou $MP_{2,5}$ de matière particulaire en suspension).

Les résultats de ces essais ont montré un bon accord des mesures du FIDAS 200 avec celles obtenues par la méthode de référence sur les sites de fond urbain. Sur ce type de site, les performances du FIDAS évaluées dans ce travail sont tout à fait similaires à celles obtenues pour les autres systèmes de mesure automatiques (AMS) actuellement homologués. Sur les sites trafic, les résultats n'ont pas été satisfaisants. Suite à cette observation, le constructeur a proposé une évolution de l'algorithme de traitement des données spécifiquement dédié à la mesure sur site trafic. Les résultats préliminaires ont montré une amélioration des résultats pour la fraction PM_{10} mais avec un biais toujours important pour la fraction $PM_{2,5}$. En l'état, l'utilisation d'un FIDAS sur site trafic nécessiterait l'utilisation d'une fonction de correction qui devrait être propre à chaque site et déterminée à l'aide de mesures gravimétriques. L'ensemble de ces résultats ne sont pas définitifs et les essais seront poursuivis au cours de l'année 2016.

1. INTRODUCTION

La directive européenne 2008/50/CE concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe, révisée par la directive 2015/1480, impose aux états membres la surveillance des concentrations massiques des particules en suspension dans l'air (PM_{10} et $PM_{2,5}$). Elle définit également la méthode de référence pour la réalisation de ces mesures. Cette dernière est décrite par la norme NF EN 12341 et consiste en une méthode de mesurage gravimétrique de filtres prélevés sur une période de 24h. Cette méthode manuelle, fiable d'un point de vue métrologique, est assez lourde à mettre en œuvre et fournit des mesures sur des pas de temps de 24h avec plusieurs jours de décalage. Afin de répondre aux besoins d'informations rapides sur l'état de la pollution particulaire, la France a décidé d'utiliser dans ses stations de surveillance de la qualité de l'air, des systèmes de mesure automatiques (AMS) qui permettent une mesure en continu avec des pas de temps beaucoup plus fins (15-120 min), offrant ainsi plus de cohérence avec les besoins d'information rapide du public.

Ces analyseurs automatiques doivent, pour être utilisés dans le cadre de mesures réglementaires, être démontrés « équivalents à la méthode de référence » sur la base d'essais effectués par un laboratoire accrédité NF EN ISO/CEI 17025. Puis, afin de pouvoir être homologués pour une utilisation française, ils doivent être approuvés par le ministère chargé de l'environnement. Pour ce faire, le LCSQA émet un avis technique sur le contenu du dossier d'homologation, conformément au protocole prévu à cet effet¹. Cinq AMS, de type « microbalances » et « jauges-bêta » sont actuellement homologués en France.

De nouveaux appareils de mesure automatique basés sur des technologies optiques sont de plus en plus utilisés en Europe car ils permettent de mesurer simultanément les différentes fractions des PM (PM_{10} , $PM_{2,5}$, PM_1 ...) avec des résolutions temporelles très fines, pour des coûts d'achat et de fonctionnement très réduits par rapport aux AMS actuellement homologués. Parmi ceux-ci, le FIDAS 200 (PALAS), démontré équivalent à la méthode de référence par le TÜV en 2013, est d'ores et déjà utilisé dans certains pays comme la Belgique ou l'Allemagne. Cet instrument semble présenter des critères de performance très intéressants pour la surveillance de la qualité de l'air en France que ce soit pour de la mesure indicative ou de la mesure fixe.

Ainsi, dans une logique prospective et afin d'anticiper une future demande d'homologation de cet instrument en France, le LCSQA/INERIS a poursuivi de 2013 à 2015, des études débutées en 2012,² visant à caractériser l'adéquation du FIDAS 200 pour la mesure réglementaire sur les différents types de sites français. En effet, bien que le FIDAS ait été démontré équivalent par le TÜV, les mesures de ce type d'instrument peuvent être fortement impactées par les spécificités des sites de mesure, que ce soit en termes de climat ou bien de nature physico-chimique des particules. Avant d'élargir l'utilisation de cet instrument au sein du dispositif national, il apparaît comme indispensable de valider son utilisation sur des sites de typologie différente.

¹ Rapport LCSQA, Homologation d'appareillages pour la surveillance réglementaire de la qualité de l'air, 2015.

² Note LCSQA/INERIS, Retour d'expérience sur l'utilisation d'un indicateur optique de type FIDAS 200-campagne 2012 à Douai-Dorignies, Etude 3/1, 2012.

Ce rapport synthétise donc les résultats issus de plusieurs campagnes de mesures de la concentration des PM₁₀ et PM_{2,5} dans des stations de surveillance de la qualité de l'air de différents types en collaboration avec plusieurs associations agréées de surveillance de la qualité de l'air (AASQA) de 2013 à 2015. Ces campagnes de mesure ont été réalisées en parallèle des campagnes de suivi d'équivalence des AMS déjà homologués en France,³⁻⁴ ce qui a permis de comparer les mesures PM₁₀ et PM_{2,5} obtenues par le FIDAS 200 à celles obtenues par la méthode de référence, mais également de mettre en perspectives leurs performances avec celles des AMS homologués.

2. PRÉSENTATION DU FIDAS 200

Le FIDAS 200 est un granulomètre optique qui permet de mesurer en temps réel et en continu la distribution en taille des particules de 180 nm à 18 µm, pour des concentrations en nombre allant de 1 à 20 000 p/cm³. Son principe de fonctionnement repose sur l'analyse de l'interaction des particules avec une source lumineuse polychromatique. La taille des particules est déterminée en mesurant l'intensité de la lumière diffusée par les particules, sur la base de la théorie de Mie. La concentration des particules est déterminée, par classe de taille, en mesurant leur fréquence de détection dans la chambre de mesure.



Figure 1 : Photo de l'analyseur FIDAS 200

Le FIDAS 200 détermine la concentration massique des particules (µg/m³) en convertissant, par le calcul, la distribution en taille mesurée. Pour cela, l'instrument utilise un algorithme de conversion qui opère le calcul en faisant des hypothèses, par classe de taille, sur les paramètres physiques des particules tels que : leur indice de réfraction, leur densité ou encore leur morphologie.

L'intérêt d'un tel mode de fonctionnement est que l'instrument est capable de déterminer simultanément, de façon automatique et avec une forte résolution temporelle (< 1 min), la concentration massique des particules pour toutes les fractions de taille entre 0,18 et 18 µm (ex : PM₁₀, PM_{2,5}, PM₁ ...). En contrepartie, le désavantage est que la mesure de la concentration massique dépend d'hypothèses fortes sur la nature physico-chimique des particules, impliquant de fait des sources d'erreur potentielles.

³ Rapport LCSQA/INERIS, Suivi d'équivalence des analyseurs automatiques de PM homologués en France-Bilan 2011-2014

⁴ Rapport LCSQA/INERIS, Suivi d'équivalence des systèmes de mesure automatique de PM, résultats des campagnes 2015.

Ainsi, bien que l'instrument ait été démontré équivalent à la méthode de référence par le TÜV en 2013 (sur la base d'expériences menées sur cinq sites de mesure en Allemagne)⁵, il n'est pas exclu d'envisager qu'une nature physico-chimique différente des particules, sur les sites de mesure français, puisse générer des erreurs de mesures de la concentration massique.

3. MÉTHODOLOGIE

Entre 2013 et 2015, le FIDAS 200 a été mis en œuvre en parallèle des campagnes du suivi d'équivalence des systèmes de mesures automatiques (AMS) des PM sur les sites de AIR PACA, AIRPARIF, ASPA, ATMO AUVERGNE, ATMO CHAMPAGNE-ARDENNE et QUALITAIR CORSE.

L'évaluation du FIDAS a donc bénéficié des mesures obtenues par la méthode de référence et ses performances ont été discutées en regard des recommandations de la prEN16450 qui encadre le suivi d'équivalence et qui définit notamment les incertitudes devant être respectées par les méthodes équivalentes.

Les exigences de cette norme ne sont pas encore réglementaires en France et certaines n'ont pu être respectées (nombre de sites de mesure, nombre de paires de données, niveaux de concentration ...). Néanmoins, dans ce bilan, le choix a été fait d'appliquer la méthode statistique d'analyse des données définie par cette norme afin de pouvoir comparer les performances du FIDAS 200 ainsi obtenues, avec celles des AMS homologués issues des différentes campagnes de suivi d'équivalence.³⁻⁴

3.1 Méthode de référence

Les prélèvements ont été réalisés selon la norme NF EN 12341⁶ par les AASQA à un débit de 2,3 m³/h sur filtres en PTFE (de type « Teflo », 2µm de porosité, Pall), à l'aide de préleveurs séquentiels homologués (Leckel SEQ47/50-CD). Les mesures gravimétriques ont été réalisées par le LCSQA/INERIS selon les prescriptions de la norme NF EN 12341(2014).

3.2 Sites et AMS instrumentés

Le Tableau 1 présente les sites et le matériel déployé sur chacun d'eux lors des différentes campagnes réalisées entre 2013 et 2015. Les fractions PM₁₀ et PM_{2,5} ont été alternées tous les 15 jours sur l'ensemble de ces sites.

Les expériences menées fin 2013 sur les sites de Venaco et de Reims (notées en italiques dans le Tableau 1) ne seront pas reportées dans ce document puisqu'aucune donnée valide n'a pu être extraite.

⁵ "Report on supplementary testing of the FIDAS 200 S respectively Fidas 200 measuring system manufactured by PALAS GmbH for the components suspended particulate matter PM10 and PM2.5", TÜV-report : 936/21227195/A, 09th March 2015.

⁶ NF EN 12341: Air ambiant - Méthode normalisée de mesurage gravimétrique pour la détermination de la concentration massique PM10 ou PM2,5 de matière particulaire en suspension (2014)

En effet, à Venaco, la première moitié de la campagne a été invalidée après qu'un corps étranger ait été retrouvé dans la ligne de prélèvement. De plus, la fin de la campagne a été marquée par le fait que le FIDAS mis en œuvre ne possédait pas une version d'algorithme conforme à celui utilisé lors de la démonstration d'équivalence faite au TÜV en 2013. De la même façon, les données obtenues à Reims en 2013 ont été invalidées car le détecteur optique du FIDAS délivré par le constructeur n'était pas conforme à l'instrument certifié. Enfin, la première moitié de la campagne de Nice a été invalidée à cause d'une ligne contaminée par un objet.

Cette note présente donc uniquement des résultats obtenus sur deux types de sites : trafic et fond urbain. Il est prévu d'instrumenter à nouveau le site rural de Venaco en 2016 dans le cadre du suivi d'équivalence.

Tableau 1 : Détails des sites où a été réalisé le suivi d'équivalence des AMS PM de 2011 à 2014

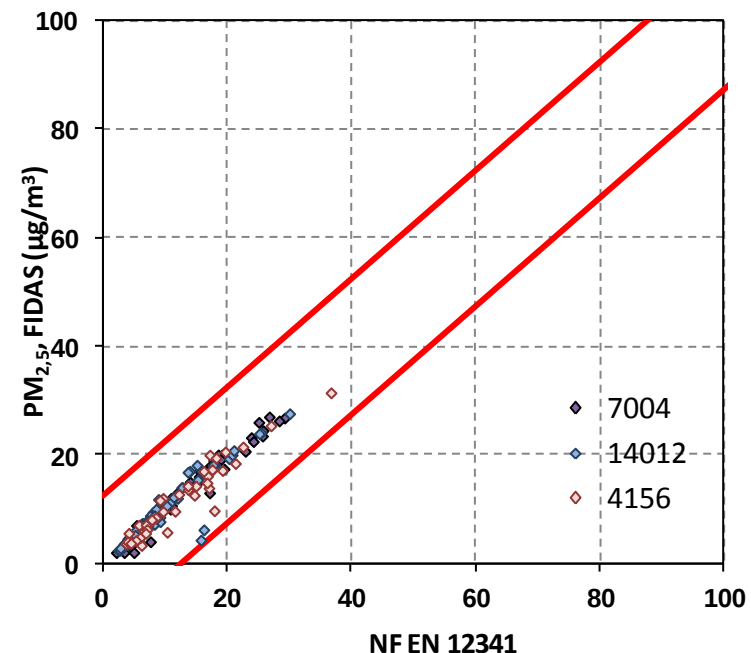
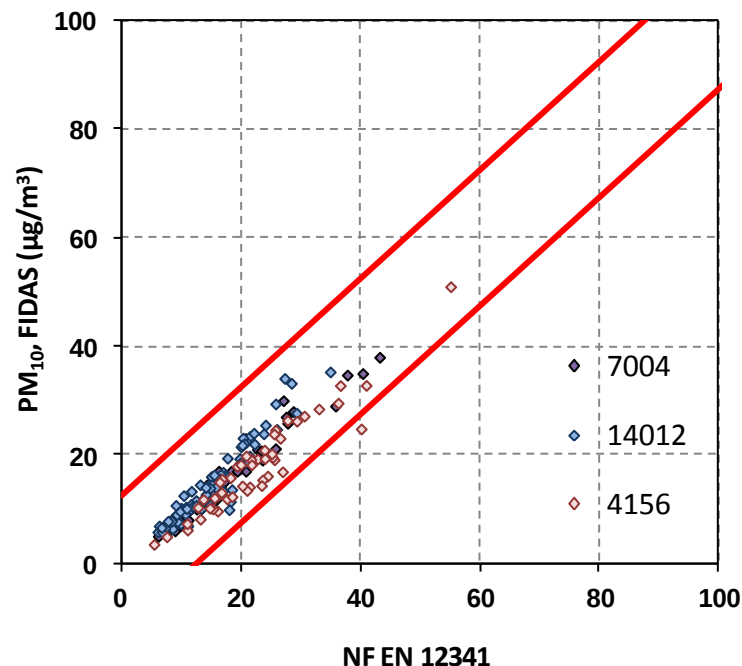
Typologie	AASQA	Référence station	Ville	Station	Fraction	Dates
Rural	QUALITAIR CORSE	41024	Venaco	Venaco	PM ₁₀ / PM _{2,5}	2013/08 – 2014/02
Trafic	AIRPACA	24035	Nice	Magnan	PM ₁₀ / PM _{2,5}	2014/08 – 2015/03
	ASPA	16034	Strasbourg	Clémenceau	PM ₁₀ / PM _{2,5}	2014/08 – 2015/01
	AIRPARIF	4329	Paris	BP Est	PM ₁₀ / PM _{2,5}	02/07/2015 – 26/10/2015
Fond urbain		4156	Bobigny	Bobigny	PM ₁₀ / PM _{2,5}	29/10/2015 – 02/02/2016
	ATMO Auvergne	7004	Clermont Ferrand	Montferrand	PM ₁₀ / PM _{2,5}	03/09/2015 - 30/12/2015
	ATMO Champagne-Ardenne	14012	Reims	Jean d’Aulan	PM ₁₀ / PM _{2,5}	11/2013 – 03/2014
		14012	Reims	Jean d’Aulan	PM ₁₀ / PM _{2,5}	27/06/2015 – 22/12/2015

4. RÉSULTATS

La grille de lecture des tableaux présentés dans ce chapitre est présentée en annexe 1.

4.1 Résultats obtenus sur les sites de fond urbain

FIDAS 200	PM ₁₀				PM _{2,5}			
Résultats sur les données des campagnes 2014-2015	FIDAS	FIDAS/ 7004	FIDAS/ 14012	FIDAS/ 4156	FIDAS	FIDAS/ 7004	FIDAS/ 14012	FIDAS/ 4156
Paires de données	181	59	73	49	182	55	85	42
Moyenne de l'AMS	15.7	14.8	15.0	17.9	10.6	12.3	8.9	11.8
Moyenne de la méthode de référence	17.9	17.0	15.5	17.9	10.9	12.6	8.9	12.6
Nombre de valeur de la MR > 18 µg/m ³ (PM _{2,5}) ou 30 (PM ₁₀)	12	4	1	7	27	13	7	7
Nombre de valeur de la MR > 30 µg/m ³ (PM _{2,5}) ou 50 (PM ₁₀)	1	0	0	1	2	0	1	1
Pourcentage de valeur > 18 µg/m ³ (PM _{2,5}) ou 30 (PM ₁₀)	7%	7%	1%	14%	15%	24%	8%	17%
Paires de données au printemps	0	0	0	0	0	0	0	0
Paires de données en été	22	0	22	0	33	0	33	0
Paires de données en automne	103	43	43	17	96	42	39	15
Paires de données en hivers	56	16	8	32	53	13	13	27
Régression linéaire sur les données 2014-2015								
Pente b	0.95	0.95	1.15	0.94	0.97	0.99	0.99	0.93
Incertitude de la pente ub	0.02	0.02	0.04	0.04	0.02	0.02	0.04	0.04
Ordonnée à l'origine a	-1.20	-1.21	-2.81	-3.09	0.06	-0.23	0.09	0.14
Incertitude de l'ordonnée à l'origine ua	0.47	0.46	0.72	1.02	0.24	0.34	0.38	0.62
Corrélation R ²	0.89	0.96	0.90	0.90	0.93	0.97	0.89	0.91
Pente b avec ordonnée à l'origine forcée par 0	0.89	0.89	0.99	0.82	0.97	0.98	0.99	0.94
Incertitude de la pente avec l'ordonnée à l'origine forcée par 0	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02
Biais au niveau de la valeur limite (µg/m ³)	-3.84	-3.93	4.46	-6.29	-0.89	-0.44	-0.35	-1.98
Incertitude relative élargie (k=2)	18.3%	16.5%	19.7%	27.0%	11.4%	6.4%	11.2%	17.3%



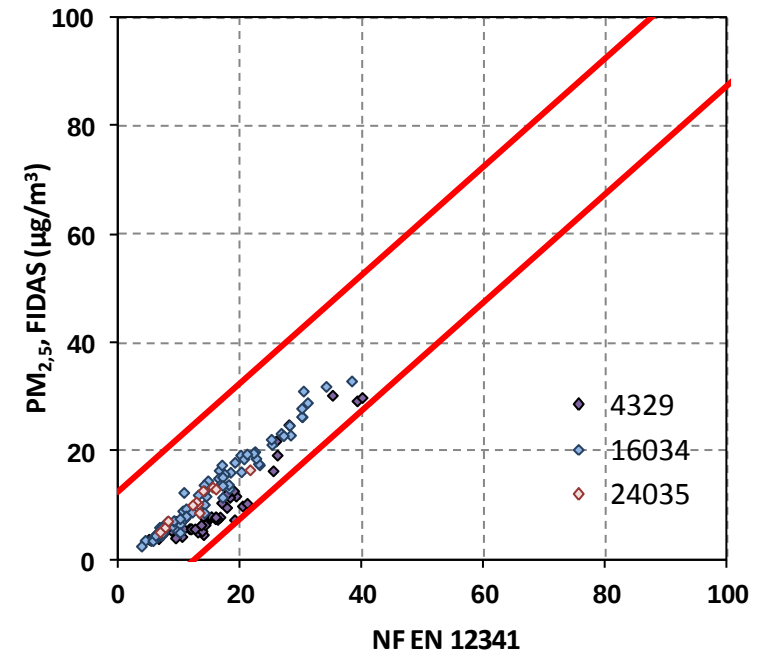
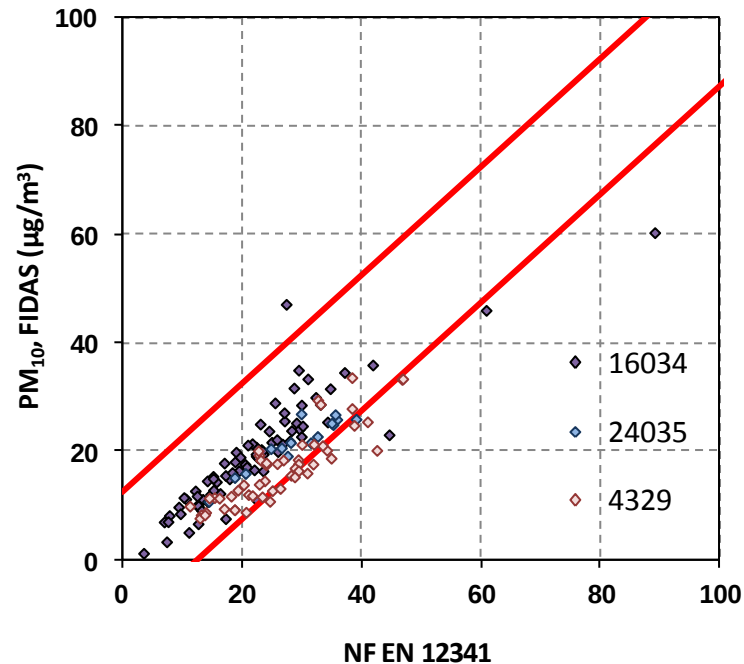
Les résultats obtenus par le FIDAS sur les trois sites de fond urbain montrent une bonne cohérence avec la méthode de référence pour les PM_{10} et $PM_{2,5}$. En effet, les valeurs des coefficients directeurs et incertitudes élargies moyennes, respectivement proches de 1 et inférieures à 25% pour les deux fractions de taille, montrent que le FIDAS 200 respecterait les exigences imposées par le suivi d'équivalence avec néanmoins l'obligation d'appliquer une fonction de correction pour les PM_{10} , en respect de la norme pr EN 16450. En effet, dans le cas des PM_{10} , la valeur de la pente moyenne obtenue ($b=0,95$) s'éloigne significativement de 1 en regard de son incertitude.

Sur le site n°4156, la valeur de l'incertitude élargie à 27% est supérieure au critère fixé. Cependant, dans cet exemple, la valeur de la pente est très bonne et l'application d'une fonction de correction ferait probablement baisser la valeur de l'incertitude.

De manière générale, l'ensemble des incertitudes est à considérer à titre indicatif en regard de la prEN16450. En effet, certaines exigences imposées par la prEN16450 ne sont pas respectées. Par exemple, le calcul statistique des résultats requiert 20 % de données supérieures au seuil d'évaluation supérieur (SES) sur un jeu de données moyenné sur trois ans. Néanmoins, il est important de noter que, **sur ces trois sites de fond urbain, les performances du FIDAS sont équivalentes celles des AMS homologués obtenues dans le cadre du suivi d'équivalence.**³⁻⁴ A ce stade, ces résultats sont donc plutôt encourageants.

4.1 Résultats obtenus sur les sites trafic

FIDAS 200	PM ₁₀				PM _{2,5}			
Résultats sur les données des campagnes 2014-2015	FIDAS	FIDAS/ 16034	FIDAS/ 24035	FIDAS/ 4329	FIDAS	FIDAS/ 16034	FIDAS/ 24035	FIDAS/ 4329
Paires de données	145	78	15	52	140	77	11	52
Moyenne de l'AMS	18.8	19.5	21.6	16.8	11.5	13	10.3	9.6
Moyenne de la méthode de référence	24.5	22.5	29.1	26.2	15.2	15.4	12.7	15.5
Nombre de valeur de la MR > 18 µg/m ³ (PM _{2,5}) ou 30 (PM ₁₀)	34	11	7	16	39	25	1	13
Nombre de valeur de la MR > 30 µg/m ³ (PM _{2,5}) ou 50 (PM ₁₀)	2	2	0	0	8	5	0	3
Pourcentage de valeur > 18 µg/m ³ (PM _{2,5}) ou 30 (PM ₁₀)	22%	14%	46%	30%		32%	9%	6%
Paires de données au printemps	0	0	0	0	0	0	0	0
Paires de données en été	50	17	0	33	38	13	0	25
Paires de données en automne	54	35	0	19	64	37	0	27
Paires de données en hivers	41	26	15	0	38	27	11	0
Régression linéaire sur les données 2014-2015								
Pente b	0.77	0.82	0.65	0.74	0.93	0.95	0.81	0.84
Incertitude de la pente ub	0.04	0.04	0.07	0.05	0.03	0.02	0.07	0.04
Ordonnée à l'origine a	-0.29	1.19	2.51	-2.83	-2.66	-1.64	-0.002	-3.54
Incertitude de l'ordonnée à l'origine ua	0.96	1.10	1.98	1.47	0.47	0.36	0.98	0.74
Corrélation R ²	0.72	0.80	0.87	0.76	0.88	0.96	0.93	0.88
Pente b avec ordonnée à l'origine forcée par 0	0.77	0.86	0.74	0.65	0.79	0.87	0.81	0.67
Incertitude de la pente avec l'ordonnée à l'origine forcée par 0	0.1	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02
Biais au niveau de la valeur limite (µg/m ³)	-11.40	-8.02	-14.7	-15.35	-4.63	-3.01	-5.60	-8.06
Incertitude relative élargie (k=2) (<=25%)	49.3%	36.9%	59.1%	62.7%	34.7%	21.4%	37.3%	55.7%



Les résultats obtenus par le FIDAS 200 sur les trois sites trafic montrent de moins bonnes corrélations à la méthode équivalente que sur les sites de fond urbain pour les deux fractions PM_{10} et $PM_{2,5}$. En effet, les valeurs des coefficients directeurs et incertitudes moyennes, sont très éloignés de 1 et largement supérieurs à 25%. Si, comme précédemment, les exigences de la prEN16450 en termes de nombre de paires de données et de niveau de concentration ne sont pas respectées, la tendance indique que **le FIDAS 200, tel qu'il a été certifié équivalent au TÜV en 2013, ne délivre pas de bonnes mesures sur les trois sites trafic étudiés.**

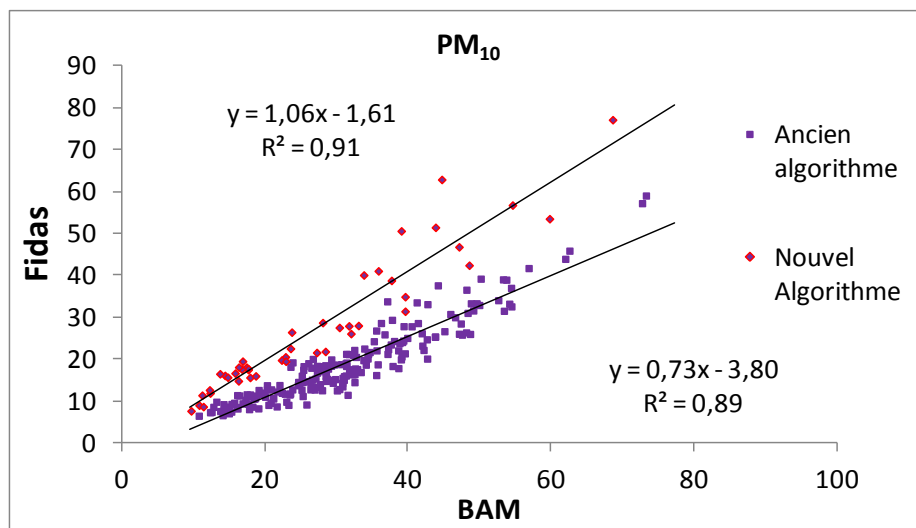
La différence des résultats obtenus sur les sites trafic et les sites de fond urbain pourraient s'expliquer de deux façons. D'une part, il est possible qu'une partie importante des particules primaires émises par le trafic automobile ne soient pas mesurées car leur taille est inférieure à la limite basse de détection du FIDAS 200, i.e. 180 nm. D'autre part, il est également possible que l'algorithme de conversion en masse du FIDAS 200 considère des hypothèses de densité et de morphologie des particules mal adaptées à cette typologie de site. Par exemple, la présence de particules issues de la re-suspension des matériaux d'usure et d'abrasion des automobiles (pneu, freins ...) possédant des densités élevées, importantes sur certains sites trafic, pourrait être mal considérée par l'algorithme de conversion.

4.1 Résultats obtenus sur un site trafic d'AIRPARIF (BP_Est) avec une version modifiée de l'algorithme de calcul de la concentration massique

A la vue des premiers résultats obtenus sur les sites trafic, le constructeur PALAS a proposé une version modifiée de l'algorithme de calcul de la concentration massique des particules, spécifiquement pour l'utilisation du FIDAS en site trafic. Cette nouvelle version du FIDAS (i.e. doté d'une nouvelle version de l'algorithme) a pu être testée sur le site trafic BPEST d'AIRPARIF à partir du 25 janvier 2016, à l'issue de la campagne du suivi d'équivalence. A cette date, les préleveurs Leckel, utilisés pour le suivi d'équivalence, n'étant plus disponibles, les données du FIDAS ont été comparées aux AMS homologués en place dans la station, c'est-à-dire à deux jauges beta (modèle BAM 1020) dotés respectivement d'une tête de prélèvement PM₁₀ et PM_{2.5}.

En préambule à la présentation des résultats, il est important de rappeler que ces deux BAM ont montré de très bons résultats au cours de la campagne de suivi d'équivalence de 2015 avec des pentes de 0,96 et 1,04 et des incertitudes de 10,3% et 12,7% respectivement pour les fractions PM₁₀ et PM_{2.5}.

Les concentrations massiques mesurées par FIDAS, avant et après l'application du nouvel algorithme, sont exprimées en fonction des données BAM sur la figure ci-dessous. L'algorithme initial (i.e. celui utilisé pour la démonstration d'équivalence du FIDAS par le TÜV en 2013) est celui utilisé du 01 juillet 2015 au 25 janvier 2016. La nouvelle version de l'algorithme, (i.e. modifiée spécifiquement pour les sites trafic par PALAS), est appliquée aux données du 26 Janvier 2016 au 08 mars 2016.



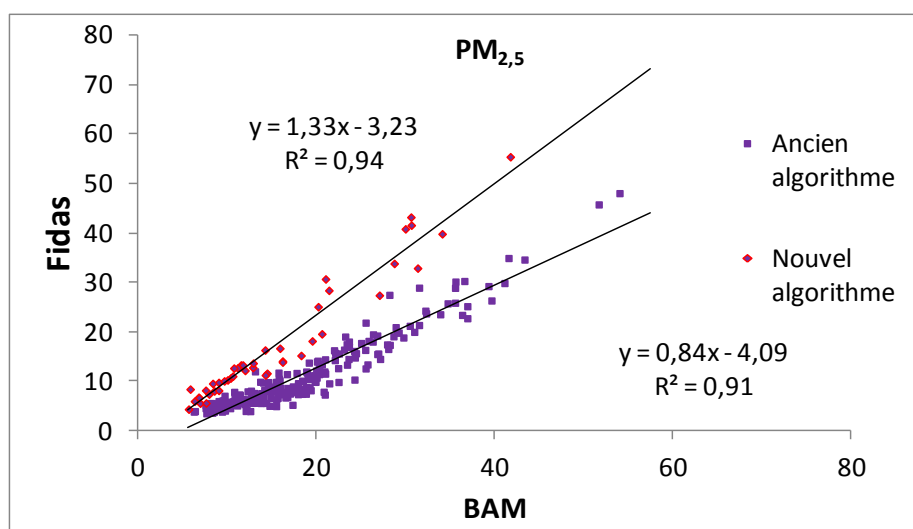


Figure 2 : Concentration massique des particules mesurées sur le site trafic de BPEST (AIRPARIF) par le FIDAS avec deux versions de l'algorithme de conversion en masse, exprimée en fonction des concentrations massiques mesurées par les AMS homologués présents dans la station (BAM).

L'utilisation d'un nouvel algorithme sur ce site trafic permet d'améliorer la mesure des PM₁₀ puisque la pente de la droite de régression linéaire passe de 0,73 à 1,06. Dans le même temps, les concentrations de PM_{2,5} obtenues après applications du nouvel algorithme surestiment largement les concentrations mesurées par le BAM puisque la pente de la droite est égale à 1,33.

Suite à ces résultats préliminaires, des tests seront poursuivis en 2016 sur d'autres sites trafic. Le constructeur PALAS sera probablement encouragé à poursuivre la modification de son algorithme pour la mesure sur les sites trafic.

5. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Le LCSQA, en collaboration avec les ASQAA, a réalisé ces dernières années des campagnes de mesure visant à évaluer l'adéquation du FIDAS 200 à la mesure réglementaire sur les sites français.

Cet instrument optique, démontré équivalent à la méthode de référence par le TÜV en 2013, montre de très bonnes caractéristiques pour la mesure opérationnelle puisqu'il permet de mesurer simultanément différentes fractions de taille, avec une très bonne résolution temporelle (jusqu'à 1 seconde). Cet instrument est, par ailleurs, adapté aux systèmes d'acquisition des mesures utilisés au sein du dispositif national, facile à calibrer et possède des coûts d'achat, de fonctionnement et de maintenance très réduits par rapport aux AMS actuellement homologués.

Les résultats des différentes campagnes de mesure réalisées entre 2013 et 2015 ont montré une bonne adéquation des mesures de concentration massique du FIDAS 200 à la méthode de référence sur les sites de fond urbain de Bobigny, Clermont-Ferrand et Reims. L'application de la méthode de traitement de données recommandée par la norme encadrant le suivi d'équivalence (pr EN 16450) a montré que l'utilisation du FIDAS nécessiterait l'application d'une fonction de correction de la même façon que d'autres AMS homologués (BAM 1020 & MP101M) pour la fraction PM_{10} et comme l'ensemble des AMS homologués pour la fraction $PM_{2,5}$. Sur ce type de sites, les résultats obtenus par le FIDAS sont donc tout à fait comparables avec ceux obtenus avec les AMS homologués, voire meilleurs dans certain cas.

L'application de la même méthodologie sur les sites trafic a montré à l'inverse des résultats beaucoup moins bons, et pour l'instant non conformes à la mesure réglementaire. A l'issue de ces tests, le constructeur PALAS a proposé une modification de l'algorithme de calcul de la concentration massique. Ce nouvel algorithme a pu être testé sur un site trafic et les résultats préliminaires montrent une amélioration des mesures de la fraction PM_{10} avec néanmoins la persistance d'un biais important sur les niveaux de $PM_{2,5}$. Ces résultats préliminaires seront confirmés grâce à la réalisation de nouveaux essais sur d'autres sites trafic en 2016. En l'état, l'utilisation d'un FIDAS ne pourrait être envisageable qu'à la seule condition de l'application d'une fonction de correction qui devrait être propre à chaque site trafic et déterminée à l'aide de mesures gravimétriques.

En 2016, le LCSQA va poursuivre les campagnes de test du FIDAS dans le cadre du suivi d'équivalence sur des sites trafic, ruraux et de fond urbain (Venaco, Fort de France, Bastia et Lyon) en prévision d'une demande officielle d'homologation de la part du constructeur notamment pour les sites de fond urbain.

6. LISTE DES ANNEXES

Annexes	titres
Annexe 1	Grille des lectures des résultats
Annexe 2	Principe de fonctionnement du FIDAS

ANNEXE 1 : GRILLE DES LECTURES DES RÉSULTATS

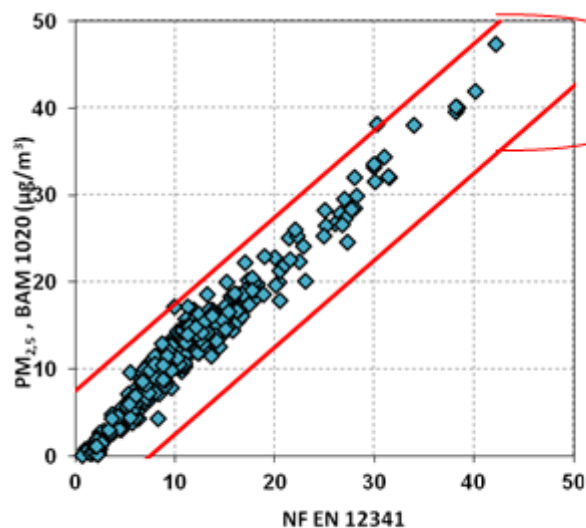
TEOM-FDMS 8500	PM _{2,5}					
Résultats sur les données brutes	8500	8500 / 14012	8500 / 16034	8500 / 18043	8500 / 41024	8500 / PM _{2,5} ≥ 18
Paires de données	413	204	79	40	90	68
Moyenne de l'AMS	13,2	14,3	15,5	8,3	10,7	25,9
Moyenne de la MR	11,6	12,4	15,2	9,4	7,7	25,9
Nombre de valeur de la MR > 18 µg/m ³ (PM _{2,5}) ou 30 (PM ₁₀)	67	37	25	3		
Nombre de valeur de la MR > 30 µg/m ³ (PM _{2,5}) ou 50 (PM ₁₀)	17	12	5	0		
Pourcentage de valeur > 18 µg/m ³ (PM _{2,5}) ou 30 (PM ₁₀)	16%	18%	32%	8%		
Paires de données au printemps	115	55	0	5		
Paires de données en été	94	46	13	0		
Paires de données en automne	53	16	37	0		
Paires de données en hivers	151	87	29	35	0	32
Régression linéaire sur les données brutes						
Pente b	0,96	0,96	0,97	1,08	0,99	1,08
Incertitude de la pente ub	0,01	0,02	0,03	0,07	0,04	0,05
Ordonnée à l'origine a	2,02	2,48	0,70	-1,91	3,04	-1,94
Incertitude de l'ordonnée à l'origine ua	0,21	0,29	0,44	0,71	0,31	1,23
Corrélation R ²	0,90	0,92	0,95	0,85	0,89	0,88
Pente b avec ordonnée à l'origine forcée par 0	1,09	1,10	1,01	0,92	1,32	1,01
Incertitude de la pente avec l'ordonnée à l'origine forcée par 0	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,01
Biais au niveau de la valeur limite (µg/m ³)	0,86	1,24	-0,11	0,64	2,86	0,36
Incertitude relative élargie (k=2)	16,0%	17,1%	11,5%	13,4%	20,6%	18,0%

Sous-ensembles

Résultats obtenus pour le TEOM 8500 pour l'ensemble des sites

Résultats obtenus uniquement pour le site 41024

En rouge sont identifiés les paramètres ne répondant pas aux exigences de la prEN 16450



Limites garantissant le respect de l'incertitude élargie de 25% prescrite par la directive 2008/50/CE

ANNEXE 2 : PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU FIDAS

Le FIDAS est un spectromètre optique de très haute résolution permettant de classifier l'aérosol atmosphérique en plusieurs classes de tailles. En routine, le FIDAS mesure en temps réel les fractions conventionnelles PM_{10} , PM_4 , $PM_{2.5}$ et PM_1 . Le FIDAS utilise la lumière diffusée par les poussières pour déterminer leur taille. Le principe du comptage de particules repose sur le fait que les particules traversent une à une le faisceau lumineux et que la densité lumineuse est homogène dans le volume de mesure. Ce principe est largement utilisé pour le comptage des particules, mais PALAS utilise plusieurs techniques pour affranchir le comptage des artefacts couramment rencontrés sur les compteurs de particules à diode laser :

Utilisation d'une source lumineuse en « lumière blanche » avec détection à 90°

FIDAS utilise une LED émettant un rayonnement « blanc » de très haute puissance. La lumière diffusée est détectée à 90° du faisceau incident. Cette technique offre une courbe de calibration claire pour des indices de réfraction différents, ce qui n'est pas le cas quand une diode laser est utilisée. La détection à 90° permet une mesure précise et sans ambiguïté dans la gamme 0.7 μm à 2 μm , ce qui n'est pas le cas pour des cellules détectant la lumière à 180°

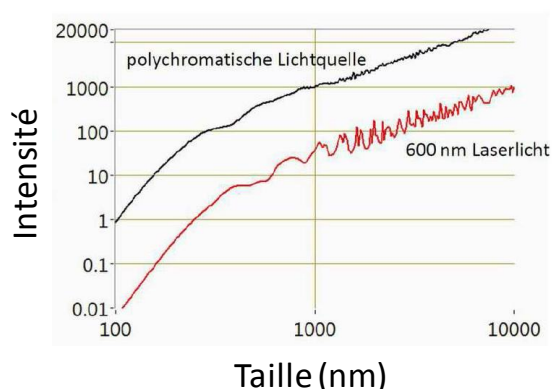


Figure 3 : Courbe de calibration d'une particule en interaction avec une LED polychromatique.

Illumination homogène du volume de mesure par diaphragme en T

La mesure de la taille d'une particule traversant un faisceau lumineux ne peut être précise que si l'intensité du faisceau est homogène sur tout le volume de mesure que traverse la particule. La distribution gaussienne de puissance d'un faisceau laser ne permet pas d'obtenir une homogénéité suffisante sur tout le volume de mesure et induit donc des erreurs d'appréciation de la taille sur les bords du faisceau appelées « border zone error ». Pour éviter cette erreur le FIDAS utilise un diaphragme en T qui permet de s'affranchir de plusieurs artefacts en séparant géométriquement la zone homogène du faisceau de la zone inhomogène « border zone ».

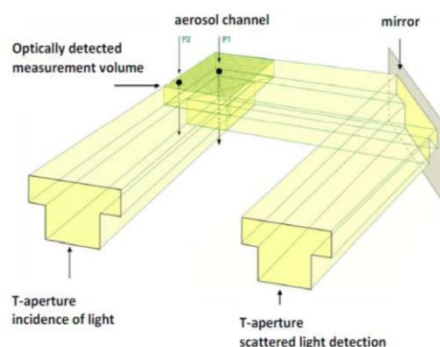


Figure 4 : Volume optique du FIDAS (« forme en T »)