

Note technique

SUIVI D'ÉQUIVALENCE DES SYSTÈMES DE MESURES AUTOMATIQUES (AMS) PM

Résultats des campagnes 2015

S.Verlhac (INERIS)

SYNTHÈSE

La présente note rend compte des résultats du suivi d'équivalence des AMS PM en PM₁₀ et en PM_{2,5} obtenus pour les campagnes réalisées en 2015 en collaboration avec Air Lorraine, AIRPARIF, ATMO Auvergne et ATMO Champagne-Ardenne selon les préconisations de la norme prEN 16450.

Ces résultats confortent ceux présentés dans la synthèse des campagnes réalisées entre 2011 et 2014 par le LCSQA en collaboration avec les AASQA volontaires¹.

¹ S.Verlhac (INERIS), « Suivi d'équivalence des analyseurs automatiques de PM homologués en France – Bilan 2011-2014 », LCSQA 2014

1. INTRODUCTION

Les campagnes réalisées en 2015 en collaboration avec Air Lorraine, AIRPARIF, ATMO Auvergne et ATMO Champagne-Ardenne s'inscrivent dans un processus de suivi d'équivalence des systèmes de mesures automatiques (AMS) des PM. Les matériels actuellement homologués en France pour la mesure des PM₁₀ et PM_{2,5} et devant donc faire l'objet d'un suivi d'équivalence à la méthode de référence sont :

- le TEOM-FDMS Thermo 1405-F ;
- le TEOM-FDMS Thermo 1405-DF;
- le TEOM-FDMS Thermo 1400AB+8500C;
- la jauge beta Environnement SA MP101M-RST ;
- la jauge beta MetOne BAM1020

De plus amples informations sur le suivi d'équivalence des AMS PM sont disponibles dans les livrables produits par le LCSQA et disponible sur le site <http://www.lcsqa.org/rapports> :

- S. Verlhac, O. Favez, (INERIS), "Suivi d'équivalence des analyseurs automatiques de PM, contexte européen et mise en œuvre à l'échelle nationale", LCSQA 2013
- S. Verlhac, O. Favez, L. Malherbe and F. Couvidat (INERIS), "Méthodologie pour la détermination des sites de suivi d'équivalence des analyseurs automatiques de PM", LCSQA 2014
- S.Verlhac (INERIS), « Suivi d'équivalence des analyseurs automatiques de PM homologués en France – Bilan 2011-2014 », LCSQA 2014
- S.Verlhac (INERIS), « Planification des sites instrumentés pour le suivi d'équivalence des analyseurs automatiques de PM », LCSQA 2015

2. METHODOLOGIE

La méthodologie mise en œuvre dans les campagnes de suivi d'équivalence des AMS PM s'appuie sur les recommandations de la norme prEN 16450.

2.1 Méthode de référence

Les prélèvements ont ainsi été réalisés selon la norme NF EN 12341² 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).

² NF EN 12341: Air ambiant - Méthode normalisée de mesurage gravimétrique pour la détermination de la concentration massique MP10 ou MP2,5 de matière particulaire en suspension (2014)

2.1 Rappel des AMS PM homologués

Le Tableau 1 présente la liste des AMS PM homologués en France au 1^{er} janvier 2016.

Tableau 1 : Analyseurs automatiques de particule homologués

Constructeur	Modèle d'appareil équivalent à la méthode de référence (PM ₁₀ et PM _{2,5})	Dénomination usuelle
Thermo Scientific (TEI)	TEOM-FDMS 8500 version b & c	8500
	TEOM 1405-F	1405-F
	TEOM 1405-DF	1405-DF
Met One	BAM 1020 avec système « Smart Heater »	BAM
Environnement SA	MP101M avec ligne RST	MP

2.2 Sites et AMS instrumentés

Le Tableau 2 présente les sites et le matériel déployé sur chacun d'eux lors des différentes campagnes réalisées au titre des travaux LCSQA 2015. Excepté pour la campagne réalisée à Bétheny sur la fraction PM₁₀ exclusivement, les fractions PM₁₀ et PM_{2,5} ont été alternées tous les 15 jours sur les autres sites.

Tableau 2 : Détails des sites où a été réalisé le suivi d'équivalence des AMS PM de 2011 à 2014

AASQA	Référence station	Ville	Station	Typologie	Fraction	Dates	AMS évalués
Air Lorraine	01012	Metz	Borny	Fond urbain	PM ₁₀ / PM _{2,5}	20/10/2015 – En cours*	8500 1405-DF BAM MP
AIRPARIF	4156	Paris	BP Est	Trafic	PM ₁₀ / PM _{2,5}	02/07/2015 – 26/10/2015	BAM
	4329	Bobigny	Bobigny	Fond urbain	PM ₁₀ / PM _{2,5}	29/10/2015 – 02/02/2016	BAM 1405-F
ATMO Auvergne	7004	Clermont Ferrand	Montferrand	Fond urbain	PM ₁₀ / PM _{2,5}	03/09/2015 – 30/12/2015	8500
ATMO Champagne -Ardenne	14012	Reims	Jean d'Aulan	Fond urbain	PM ₁₀ / PM _{2,5}	27/06/2015 – 22/12/2015	8500 BAM MP
	14010	Bétheny	Bétheny		PM ₁₀	07/05/2015 – 23/06/2015	MP

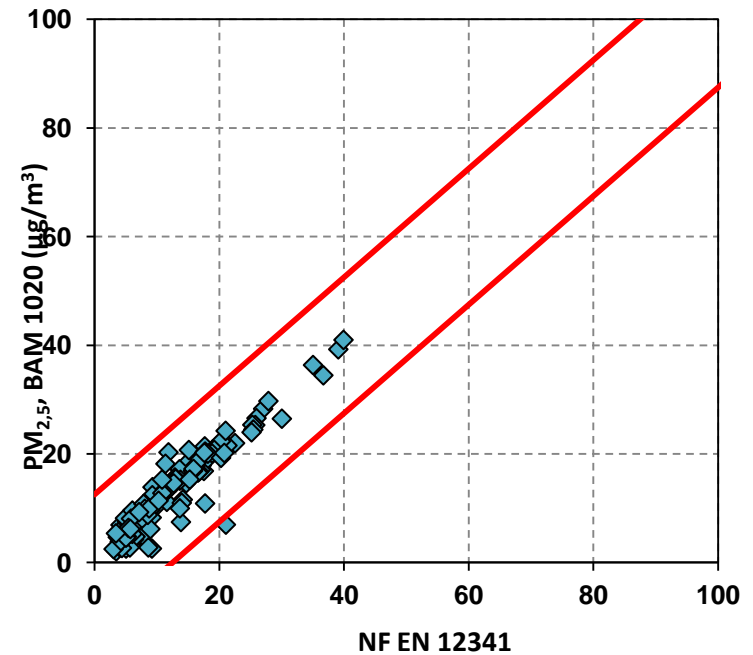
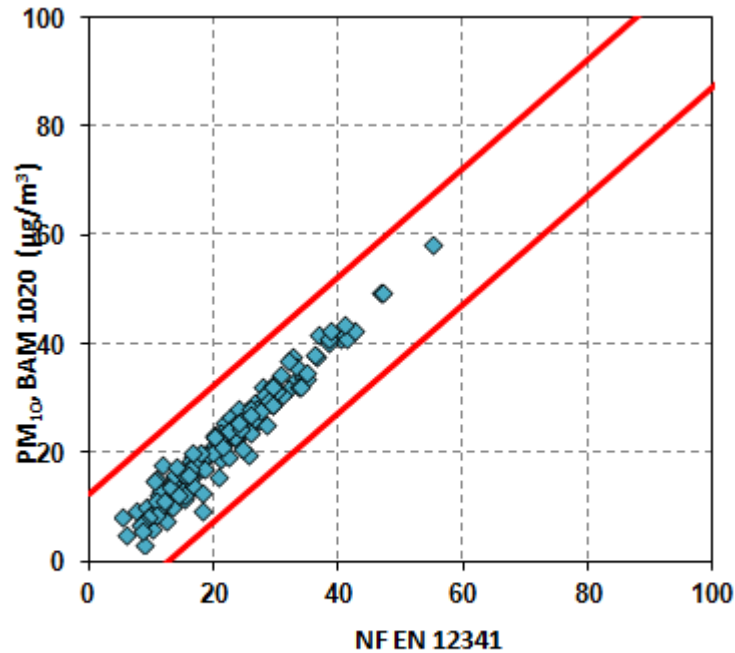
**La campagne se déroulant à Borny étant toujours en cours au moment de la rédaction de cette note, celle-ci fera l'objet d'un livrable spécifique ultérieurement.*

3. RESULTATS

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

3.1 Résultats obtenus sur la BAM1020

BAM 1020	PM ₁₀				PM _{2,5}			
	BAM	BAM / 4156	BAM / 4329	BAM / 14012	BAM	BAM / 4156	BAM / 4329	BAM / 14012
Résultats sur les données des campagnes 2015								
Paires de données	161	49	55	57	146	42	50	54
Moyenne de l'AMS	22,5	23,5	28,3	16,1	13,1	13,6	17,4	8,7
Moyenne de la MR	21,9	22,4	26,9	16,7	12,5	12,6	15,6	9,5
Nombre de valeur de la MR > 18 µg/m ³ (PM _{2,5}) ou 30 (PM ₁₀)	27	7	19	1	26	7	13	6
Nombre de valeur de la MR > 30 µg/m ³ (PM _{2,5}) ou 50 (PM ₁₀)	1	1	0	0	5	1	3	1
Pourcentage de valeur > 18 µg/m ³ (PM _{2,5}) ou 30 (PM ₁₀)	17%	14%	35%	2%	18%	17%	26%	11%
Paires de données au printemps	0	0	0	0	0	0	0	0
Paires de données en été	54	0	33	21	47	0	25	22
Paires de données en automne	67	16	22	29	65	15	25	25
Paires de données en hivers	40	33	0	7	34	27	0	7
Régression linéaire sur les données 2015								
Pente b	1,10	1,05	1,04	1,16	1,04	0,94	0,96	1,02
Incertitude de la pente ub	0,02	0,03	0,02	0,06	0,03	0,02	0,03	0,07
Ordonnée à l'origine a	-1,50	-0,01	0,38	-3,15	0,11	1,75	2,44	-1,01
Incertitude de l'ordonnée à l'origine ua	0,47	0,70	0,70	1,08	0,41	0,30	0,53	0,81
Corrélation R ²	0,95	0,96	0,97	0,84	0,89	0,98	0,95	0,74
Pente b avec ordonnée à l'origine forcée par 0	1,04	1,05	1,05	0,99	1,05	1,05	1,09	0,95
Incertitude de la pente avec l'ordonnée à l'origine forcée par 0	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,04
Biais au niveau de la valeur limite (µg/m ³)	3,36	2,52	2,23	4,73	1,36	-0,06	1,29	-0,28
Incertitude relative élargie (k=2)	15,8%	11,8%	10,3%	22,0%	18,4%	0,4%	12,7%	21,2%

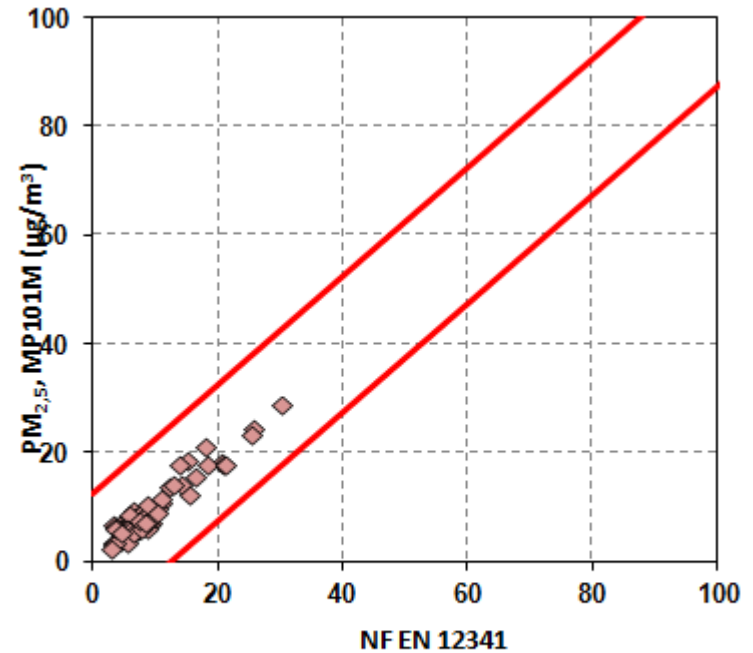
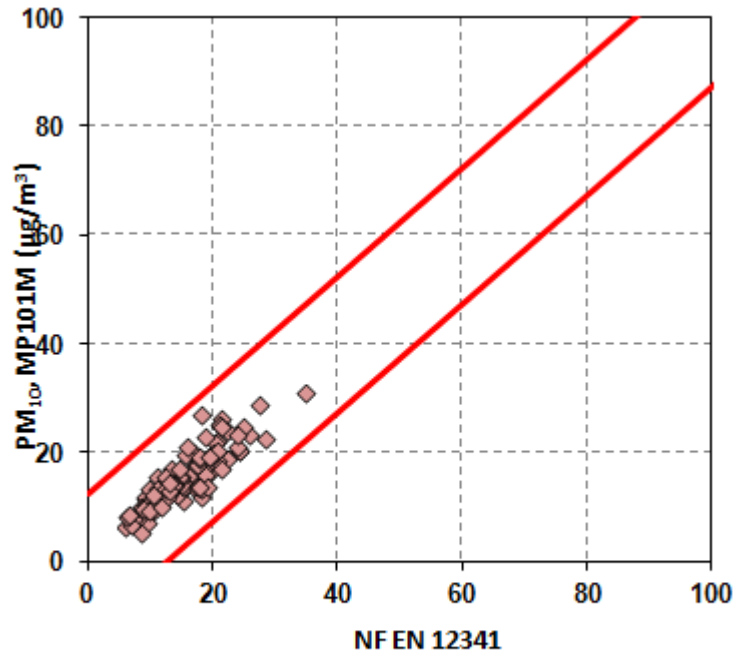


Les résultats obtenus en 2015 confortent les résultats du bilan des campagnes 2011-2014³, à savoir : une surestimation de la jauge beta BAM1020, pouvant atteindre 9% selon la fraction et les sites et un respect de l'incertitude de mesure de 25% requis par la directive 2008/50/CE.

³ S.Verlhac (INERIS), « Suivi d'équivalence des analyseurs automatiques de PM homologués en France – Bilan 2011-2014 », LCSQA 2014

3.1 Résultats obtenus sur la MP101M-RST

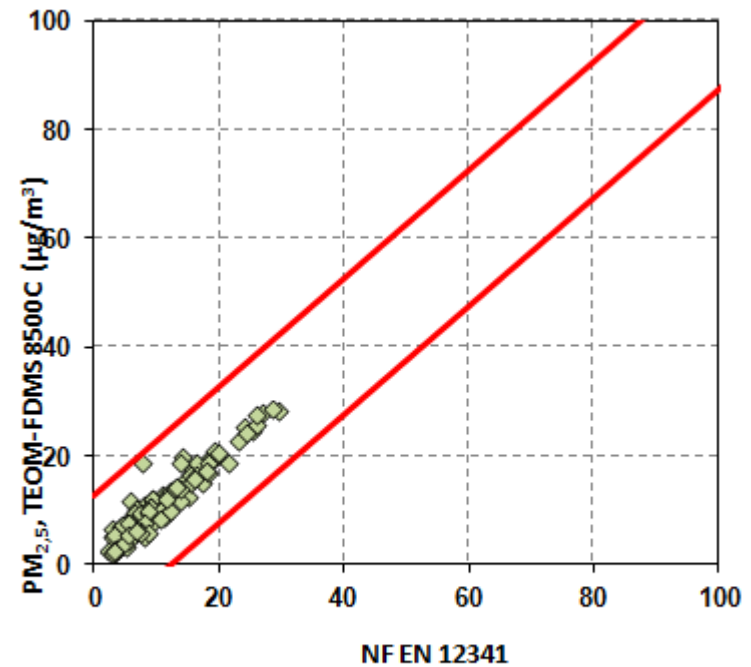
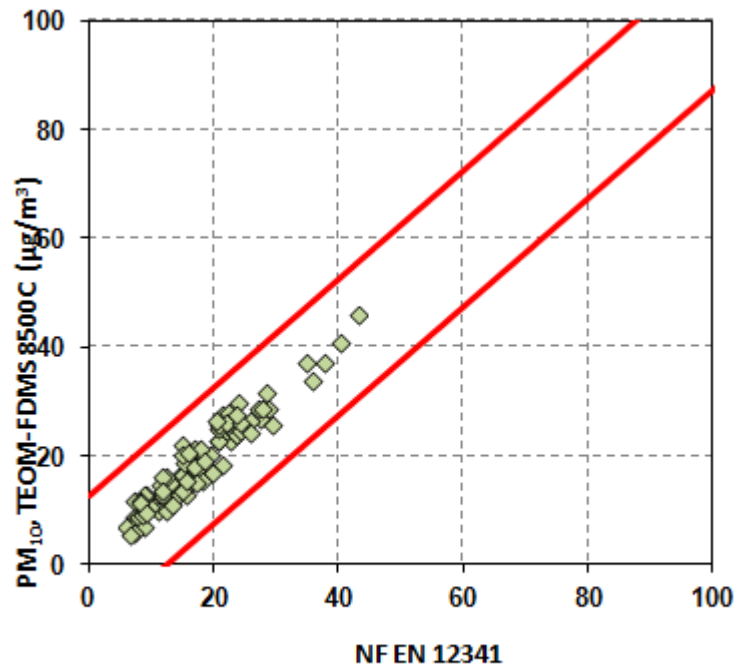
MP101M-RST	PM ₁₀			PM _{2,5}
Résultats sur les données des campagnes 2015	MP	MP / 14012	MP / 14010	MP / 14012
Paires de données	105	62	43	68
Moyenne de l'AMS	15,4	14,9	16,2	9,4
Moyenne de la MR	15,3	15,3	15,4	9,1
Nombre de valeur de la MR > 18 µg/m ³ (PM _{2,5}) ou 30 (PM ₁₀)	1	1	0	7
Nombre de valeur de la MR > 30 µg/m ³ (PM _{2,5}) ou 50 (PM ₁₀)	0	0	0	1
Pourcentage de valeur > 18 µg/m ³ (PM _{2,5}) ou 30 (PM ₁₀)				
Paires de données au printemps	21	0	21	0
Paires de données en été	43	21	22	26
Paires de données en automne	38	38	0	37
Paires de données en hivers	3	3	0	5
Régression linéaire sur les données 2015				
Pente b	0,96	0,90	1,15	0,93
Incertitude de la pente ub	0,04	0,05	0,10	0,03
Ordonnée à l'origine a	0,64	1,12	-1,65	0,91
Incertitude de l'ordonnée à l'origine ua	0,72	0,76	1,63	0,36
Corrélation R ²	0,78	0,85	0,66	0,92
Pente b avec ordonnée à l'origine forcée par 0	1,00	0,97	1,05	1,01
Incertitude de la pente avec l'ordonnée à l'origine forcée par 0	0,02	0,02	0,03	0,02
Biais au niveau de la valeur limite (µg/m ³)	-1,16	-3,72	6,08	-1,05
Incertitude relative élargie (k=2)	10,4%	17,0%	26,4%	11,0%



Lorsque l'ordonnée à l'origine n'est pas forcée par 0, les résultats obtenus en 2015 confortent la sous-estimation constatée lors du bilan 2011-2014 pour la mesure des $PM_{2,5}$ par la jauge beta MP101M-RST. Pour la fraction PM_{10} , l'alternance entre surestimation et sous-estimation selon les sites est également confirmée en 2015. A noter que le site de Béthény (14010) ne respecte pas l'incertitude de 25% (26,4) imposée par la directive compte-tenu du peu de données proche de la valeur de $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ autour de laquelle est calculée cette incertitude.

3.2 Résultats obtenus sur le TEOM-FDMS 8500

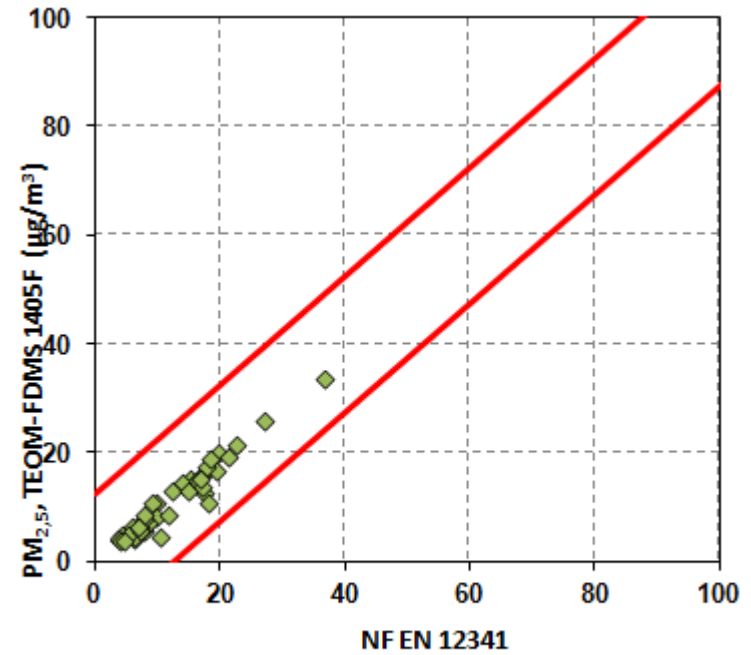
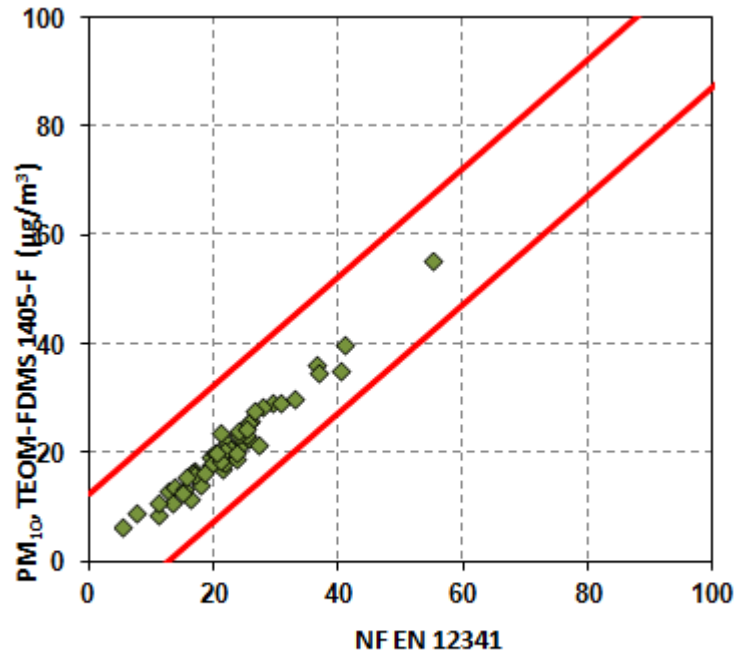
TEOM-FDMS 8500	PM ₁₀			PM _{2,5}		
Résultats sur les données des campagnes 2015	8500	8500 / 7004	8500 / 14012	8500	8500 / 7004	8500 / 14012
Paires de données	102	59	43	123	54	69
Moyenne de l'AMS	18,4	18,0	19,1	11,5	13,6	9,8
Moyenne de la MR	17,0	17,0	17,0	10,2	12,7	8,1
Nombre de valeur de la MR > 18 µg/m ³ (PM _{2,5}) ou 30 (PM ₁₀)	5	4	1	15	13	2
Nombre de valeur de la MR > 30 µg/m ³ (PM _{2,5}) ou 50 (PM ₁₀)	0	0	0	0	0	0
Pourcentage de valeur > 18 µg/m ³ (PM _{2,5}) ou 30 (PM ₁₀)	5%	7%	2%	12%	24%	3%
Paires de données au printemps	0	0	0	0	0	0
Paires de données en été	18	0	18	35	0	35
Paires de données en automne	67	43	24	62	41	21
Paires de données en hivers	17	16	1	26	13	13
Régression linéaire sur les données 2015						
Pente b	1,04	1,00	1,14	0,99	1,03	0,98
Incertitude de la pente ub	0,03	0,02	0,08	0,03	0,02	0,06
Ordonnée à l'origine a	0,69	0,95	-0,31	1,39	0,53	1,83
Incertitude de l'ordonnée à l'origine ua	0,56	0,38	1,38	0,31	0,27	0,57
Corrélation R ²	0,92	0,98	0,81	0,92	0,98	0,74
Pente b avec ordonnée à l'origine forcée par 0	1,08	1,05	1,12	1,09	1,06	1,17
Incertitude de la pente avec l'ordonnée à l'origine forcée par 0	0,01	0,01	0,03	0,02	0,01	0,03
Biais au niveau de la valeur limite (µg/m ³)	2,94	1,15	6,63	1,21	1,37	1,26
Incertitude relative élargie (k=2)	14,4%	5,7%	29,2%	13,5%	9,3%	16,2%



Le TEOM-FDMS 8500C présente des surestimations systématiques sur tous les sites, pouvant atteindre 17% sur la fraction $PM_{2.5}$. De même que pour les autres AMS, ces résultats concordent avec l'expérience passée du bilan 2011-2014. L'incertitude de 29.2% sur le site de Reims n'est pas représentative, compte-tenu du peu de données proches de la valeur de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, autour de laquelle est calculée cette incertitude

3.3 Résultats obtenus sur le TEOM-FDMS 1405-F

TEOM-FDMS 1405-F	PM ₁₀	PM _{2,5}
Résultats sur les données des campagnes 2015	1405 / 4156	1405 / 4156
Paires de données	49	42
Moyenne de l'AMS	21,1	11,4
Moyenne de la MR	22,4	12,6
Nombre de valeur de la MR > 18 µg/m ³ (PM _{2,5}) ou 30 (PM ₁₀)	7	7
Nombre de valeur de la MR > 30 µg/m ³ (PM _{2,5}) ou 50 (PM ₁₀)	1	1
Pourcentage de valeur > 18 µg/m ³ (PM _{2,5}) ou 30 (PM ₁₀)	14%	17%
Paires de données au printemps	0	0
Paires de données en été	0	0
Paires de données en automne	17	15
Paires de données en hivers	32	27
Régression linéaire sur les données 2015		
Pente b	0,99	0,95
Incertitude de la pente ub	0,03	0,04
Ordonnée à l'origine a	-1,19	-0,50
Incertitude de l'ordonnée à l'origine ua	0,71	0,56
Corrélation R ²	0,96	0,93
Pente b avec ordonnée à l'origine forcée par 0	0,95	0,92
Incertitude de la pente avec l'ordonnée à l'origine forcée par 0	0,01	0,02
Biais au niveau de la valeur limite (µg/m ³)	-1,46	-2,02
Incertitude relative élargie (k=2)	8,5%	16,6%



Les résultats obtenus sur le TEOM-FDMS 1405-F conforte l'expérience acquise sur la fraction PM_{10} mais présente des résultats nettement meilleures sur la fraction $PM_{2,5}$ que ceux obtenus lors du bilan 2011-2014.

4. LISTE DES ANNEXES

Annexes	titres
Annexe 1	Grille des lectures des résultats

ANNEXE 1 : GRILLE DES LECTURES DES RESULTATS

TEOM-FDMS 8500	PM2,5					
	8500	8500 / 14012	8500 / 16034	8500 / 18043	8500 / 41024	8500 / PM2,5 ≥ 18
Résultats sur les données brutes						
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/m3 (PM2,5) ou 30 (PM10)	67	37	25	3		
Nombre de valeur de la MR > 30 µg/m3 (PM2,5) ou 50 (PM10)	17	12	5	0		
Pourcentage de valeur > 18 µg/m3 (PM2,5) ou 30 (PM10)	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/m3)	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 pour le TEOM 8500 uniquement pour le site 41024

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