



Suivi d'équivalence des analyseurs automatiques de PM homologués en France – Bilan 2011-2014

Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l’Air

SUIVI D’EQUIVALENCE DES ANALYSEURS AUTOMATIQUES DE PM HOMOLOGUES EN FRANCE - BILAN 2011-2014

S.VERLHAC, O.FAVEZ, R.AUJAY (INERIS)

Programme 2014

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Stéphane VERLHAC	Caroline Marchand	Nicolas ALSAC
Qualité	Technicien de l’Unité CIME Direction des Risques Chroniques	Responsable de l’Unité CIME Direction des Risques Chroniques	Responsable du Pôle CARA Direction des Risques Chroniques
Visa			



LE LABORATOIRE CENTRAL DE SURVEILLANCE DE LA QUALITE DE L'AIR

Le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air est constitué des laboratoires de Mines Douai, de l'INERIS et du LNE. Il mène depuis 1991 des études et des recherches à la demande du Ministère chargé de l'environnement, et en concertation avec les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA). Ces travaux en matière de pollution atmosphérique ont été financés par la Direction Générale de l'Énergie et du Climat (bureau de la qualité de l'air) du Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (MEDDE). Ils sont réalisés avec le souci constant d'améliorer le dispositif de surveillance de la qualité de l'air en France en apportant un appui scientifique et technique au MEDDE et aux AASQA.

L'objectif principal du LCSQA est de participer à l'amélioration de la qualité des mesures effectuées dans l'air ambiant, depuis le prélèvement des échantillons jusqu'au traitement des données issues des mesures. Cette action est menée dans le cadre des réglementations nationales et européennes mais aussi dans un cadre plus prospectif destiné à fournir aux AASQA de nouveaux outils permettant d'anticiper les évolutions futures.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS ET COLLABORATIONS.....	6
1. RESUME.....	7
2. INTRODUCTION	9
3. SITES D'ETUDES	10
4. MATERIEL ET METHODES	11
4.1 Référentiel normatif.....	12
4.2 Méthode de référence mise en oeuvre	12
4.3 Rappel des AMS PM homologués	12
4.4 Critères de validation et traitement des données	13
4.4.1 Nombre, durée et fréquence des comparaisons	13
4.4.2 Évaluation des résultats des essais	13
5. RESULTATS ET DISCUSSIONS	15
5.1 Ecart aux exigences méthodologiques de la prEN 16450	15
5.2 Grille de lecture des résultats	16
5.3 Résultats obtenus sur le BAM 1020	17
5.4 Résultats obtenus sur la MP101M-RST	20
5.5 Résultats obtenus sur le TEOM-FDMS 8500	22
5.6 Résultats obtenus sur le TEOM-FDMS 1405-F	24
6. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	26
7. LISTE DES ANNEXES.....	29

REMERCIEMENTS ET COLLABORATIONS

Le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l’Air (LCSQA) tient à remercier pour la qualité de leur collaboration et de leur travail les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l’Air (AASQA) suivantes :

- Air Lorraine
- Air PACA
- AIRPARIF
- ASPA
- Atmo Champagne-Ardenne
- Atmo Nord Pas-de-Calais
- Atmo Picardie
- Qualitair Corse

1. RESUME

Conformément à la demande de la Commission Européenne pour un contrôle renforcé de la qualité des mesures réglementaires dans l'air ambiant en Europe, le groupe de travail WG15 du CEN/TC 264, auquel participe le LCSQA, travaille depuis 2009 à la rédaction d'un texte à caractère normatif pour la mesure des PM à l'aide des méthodes automatiques. Ce texte (prEN 16450), actuellement à l'état de projet de norme et vraisemblablement applicable en 2016, implique le suivi d'équivalence des analyses automatiques de PM pour chaque classe de taille (PM_{10} et $PM_{2,5}$) et chaque type d'instrument homologué en France. Ce suivi se traduit par la réalisation périodique d'exercice d'intercomparaison (3 à 4 exercices annuels) avec la méthode de référence sur un nombre de sites devant être représentatifs de l'ensemble des conditions rencontrées sur le territoire national (en termes de typologie de station mais également de climat et de niveau de PM et interférents). De plus, un nombre minimum de points autour de la valeur limite est requis pour l'évaluation annuelle sur les trois dernières années glissantes de l'incertitude autour de cette valeur. Ainsi compte-tenu des ces obligations, il était nécessaire de définir une douzaine de stations pour être représentatifs du « climat de PM » au niveau national. La détermination de ces douze stations et la planification des campagnes d'intercomparaison a été réalisées en 2015 après un appel à candidature auprès des AASQA.

Ce rapport présente le bilan des campagnes de 2011 à 2014 mais ne doit pas conduire à des conclusions hâtives sur la performance des AMS actuellement homologués en France et permet simplement d'indiquer une tendance sur leur performance. En effet, la pr EN 16450 définit différentes exigences (i.e. représentativité des sites) et calculs statistiques pour déterminer la nécessité d'appliquer une fonction de correction aux données produites par les AMS. **Ces exigences n'étant pas actuellement réglementaires et pour certaines encore non respectées, l'application d'une fonction de correction ne doit pas être réalisée. L'application ou non d'une fonction de correction aux données produites par les AMS PM homologués en France devra être décidée à l'horizon 2019 sur la base des résultats obtenus entre 2016 et 2018 conformément aux prescriptions de la norme prEN 16450.** Si la nécessité d'appliquer une fonction de correction se confirme, il peut être nécessaire d'envisager la redéfinition du domaine d'application de celle-ci. En effet, actuellement la fonction est calculée pour s'appliquer de façon uniforme au niveau national. Il pourrait être pertinent de réaliser une exploitation des données sur d'autres sous-ensembles (i.e. niveau régional et/ou par typologie de site) que ceux déjà pris en compte.

2. INTRODUCTION

La surveillance réglementaire en France des PM_{10} et $PM_{2,5}$ est réalisée au moyen d'analyseurs automatiques de particules (AMS PM) permettant le suivi dynamique des concentrations.

Conformément à la demande de la Commission Européenne pour un contrôle renforcé de la qualité des mesures réglementaires dans l'air ambiant en Europe, le groupe de travail WG15 du CEN/TC¹ 264 travaille depuis 2009 à la rédaction d'un texte à caractère normatif pour la mesure des PM à l'aide de ce type de méthodes. Dans sa forme actuelle, ce texte est à l'état de projet de norme (prEN 16450 [1]) et se base notamment sur le suivi en continu de l'équivalence des analyseurs automatiques. Ainsi, il sera demandé :

- aux constructeurs d'analyseurs automatiques de faire procéder à des tests d'approbation par type intégrant une démonstration d'équivalence à la méthode de référence,
- à chaque laboratoire national de référence en charge de la coordination de la surveillance de la qualité de l'air de procéder périodiquement à un exercice d'intercomparaison avec la méthode de référence pour un nombre d'analyseurs automatiques dépendant de l'incertitude élargie obtenue lors des tests d'approbation par type.

Par souci d'anticipation, un processus de vérification de l'équivalence des microbalances à variation de fréquence et jauges bêta a été initié par le LCSQA dès 2011. Ce processus consiste en la réalisation de mesures gravimétriques de PM_{10} et $PM_{2,5}$ selon les normes NF EN 12341 [2] et NF EN 14907 [3] puis, depuis 2014, NF EN 12341 [4] en parallèle de mesures automatiques sur plusieurs sites de mesures fixes. Il a vocation à être pérennisé dans le cadre du premier Plan National de Surveillance de la Qualité de l'Air (PNSQA, 2016-2020). Le présent rapport synthétise les résultats obtenus lors des campagnes de suivi d'équivalence réalisée de 2011 à 2014.

¹ Conseil technique du comité européen de normalisation

3. SITES D'ETUDES

Pour la période 2011-2014, les sites d'étude (présentés sur la Figure 1) correspondent à des stations fixes du dispositif national de surveillance (exceptée la station de Mines de Douai) et ont été sélectionnés en fonction de leur capacité d'accueil et du souhait de l'AASQA à participer activement à l'étude. Cette sélection a également été réalisée de façon à couvrir un panel aussi représentatif que possible des différentes typologies de stations (trafic, rural, urbaine, industrielle). Par ailleurs, les campagnes ont été réalisées à différentes périodes de l'année et sur des sites de différentes typologies.

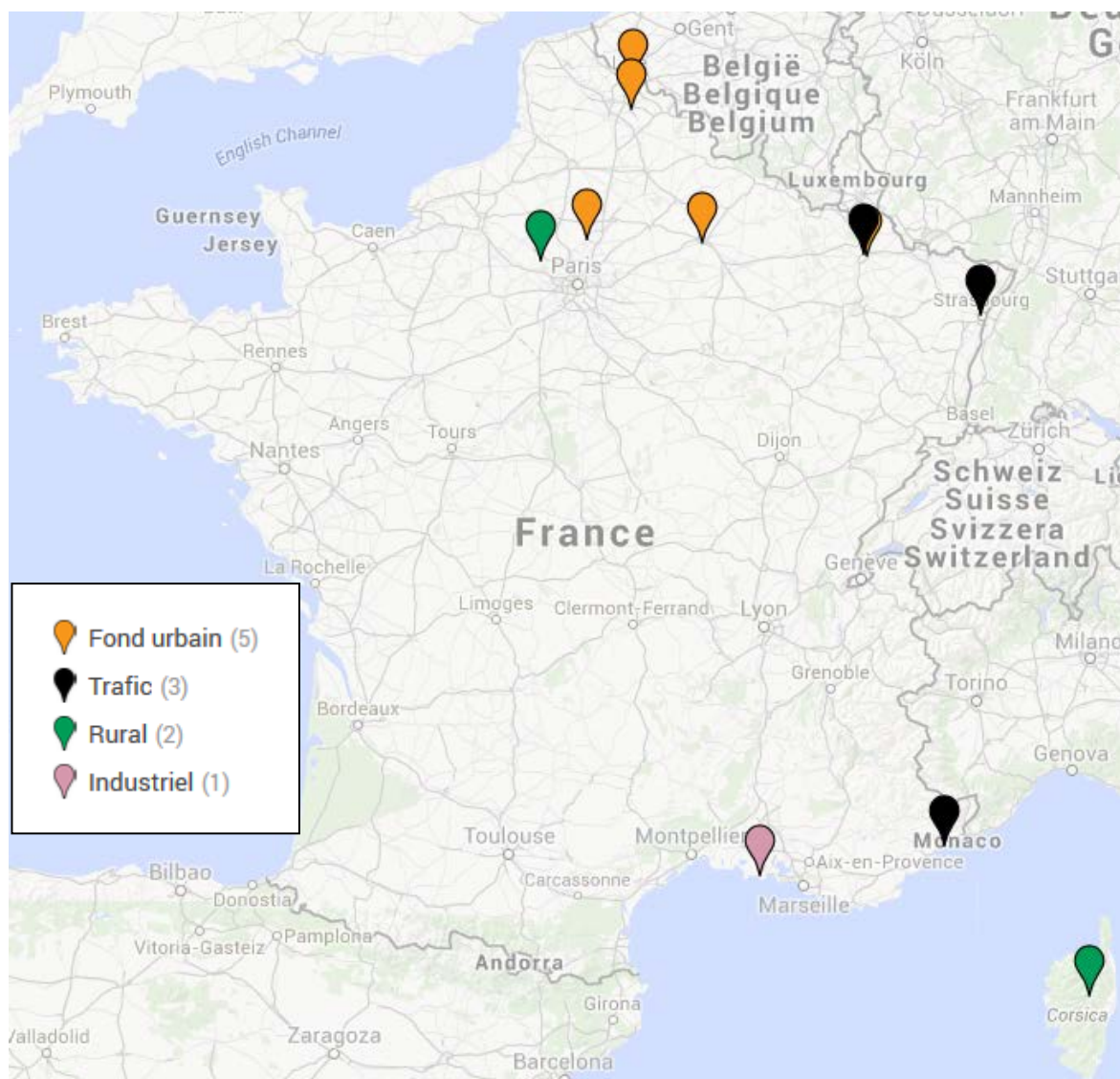


Figure 1 : Sites où a été réalisé le suivi d'équivalence des AMS PM de 2011 à 2014

Le Tableau 1 ci-après synthétise l'ensemble des conditions de test.

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

Référence station	AASQA / LCSQA	Ville	Station	Typologie	Fraction
01012	Air Lorraine	Metz	Borny	Fond urbain	PM ₁₀
55058			Autoroute	Trafic	PM ₁₀
24035	Air PACA	Nice	Magnan	Trafic	PM ₁₀ / PM _{2,5}
03014		Port Saint-Louis du Rhône	Port Saint Louis	Industriel	PM ₁₀
4158	AIRPARIF	Frémainville	Frémainville	Rural	PM ₁₀
16034	ASPA	Strasbourg	Clemenceau	Trafic	PM ₁₀ / PM _{2,5}
14012	ATMO CA	Reims	Jean d'Aulan	Fond urbain	PM _{2,5}
11025	ATMO NPDC	Lille	Fives	Fond urbain	PM ₁₀
MDD ²	Mines de Douai	Douai	Dorignies	Fond urbain	PM ₁₀
18043	ATMO Picardie	Creil	Faiencerie	Fond urbain	PM _{2,5}
41024	Qualitair Corse	Venaco	Venaco	Rural	PM ₁₀ / PM _{2,5}

Certaines de ces campagnes ont déjà fait l'objet de publications LCSQA [5], [6], [7] dédiées. Leurs résultats ont été repris pour la constitution de la base de données nécessaire à l'établissement de ce rapport.

4. MATERIEL ET METHODES

Ce chapitre présente le référentiel normatif, la méthode de référence, les différents types d'AMS PM homologués en France actuellement, ainsi que la méthode d'évaluation mise en œuvre.

² MDD est une station gérée par Mines de Douai ne faisant pas partie du rapportage européen.

4.1 Référentiel normatif

Les travaux du groupe de travail WG15 du CEN/TC 264 auxquels participe le LCSQA ont aboutis en 2013 à la parution d'une spécification technique XP CEN/TS 16450 [8]. Celle-ci spécifie la démarche à appliquer pour démontrer l'équivalence des AMS PM à la méthode de référence mais également les essais à mettre en œuvre pour garantir le suivi d'équivalence de ces AMS dans le temps. Conformément à la directive 2008/50/CE [9] (récemment révisée par la directive 2015/1480/CE [10]), la méthode de référence utilisée est conforme à la norme NF EN 12341 [4].

A noter qu'en 2015, cette spécification technique est passée à l'état de projet de norme (prEN 16450 [1]) pour être soumise à enquête publique et pourrait être applicable à l'horizon 2016.

4.2 Méthode de référence mise en oeuvre

Les prélèvements ont ainsi été réalisés selon la norme NF EN 12314 [4] par les AASQA à un débit de 2,3m³/h sur filtres en PTFE (de type « Teflo », 2µm de porosité, Pall), à l'aide de préleveurs séquentiels homologués [11]. Ils ont été installés en extérieur et équipés de module de contrôle de la température de stockage des filtres échantillonnés (sauf dans le cas de la campagne de Frémainville, où le préleveur a été installé en station). Les mesures gravimétriques ont été confiées au LECES pour les campagnes à Metz (jusqu'en 2012) et Port Saint Louis, au LHVP pour la campagne à Frémainville ainsi qu'au LCSQA pour les autres campagnes. A noter qu'Air Rhône-Alpes et Air PACA sont équipées depuis 2014 pour la réalisation de mesures gravimétriques.

4.3 Rappel des AMS PM homologués

Le Tableau 2 présente la liste des AMS PM homologués en France au 1^{er} janvier 2015 [11]. L'annexe 1 détaille les sites et les périodes pour lesquels les AMS homologués ont été évalués.

Tableau 2 : Analyseurs automatiques de particule homologués

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

La pr EN 16450 précise également les contrôles et assurance qualité à mettre œuvre pour l'utilisation des AMS PM. Par anticipation et depuis sa parution, Le LCSQA s'est attaché, en collaboration avec les AASQA partenaires, à mettre en œuvre ces contrôles lors des différentes campagnes de suivi d'équivalence par la transposition de ces exigences dans les guides méthodologiques nationaux [12], [13].

4.4 Critères de validation et traitement des données

4.4.1 Nombre, durée et fréquence des comparaisons

Pour des raisons d'économies d'échelle et d'harmonisation des modes opératoires, le LCSQA, en tant que laboratoire national de référence coordonne pour l'ensemble du réseau national de surveillance le suivi de l'équivalence des méthodes autres que la méthode de référence.

L'étendue des comparaisons de suivi d'équivalence dépend ainsi :

- de l'étendue du réseau de surveillance ;
- des différences de caractéristiques entre les sites du réseau de surveillance ;
- de l'incertitude déterminée pour chaque AMS dans le cadre de la démonstration d'équivalence.

La proportion de sites à soumettre à essai (avec un minimum défini) dépend de l'incertitude relative élargie obtenue en évaluant l'ensemble des données des essais d'approbation de type. Les exigences minimales sont données au Tableau 3. Le Tableau 4 présente quant à lui le nombre de sites minimal pour chacun des AMS homologués.

Tableau 3 : Exigences relatives aux comparaisons en continu avec la méthode de référence

<i>Incertitude obtenue par l'AMS lors de la démonstration d'équivalence W_{AMS}, en %</i>	≤ 10	10 à 15	15 à 20	20 à 25
Nombre de sites minimum (nombre ≥ 2) ^a	2	3	4	5

Tableau 4 : Exigences des AMS homologués selon l'incertitude déterminée lors des essais d'approbation de type

	PM _{2,5}		PM ₁₀	
	Incertitude relative élargie (W)	Nombre de sites minimal	Incertitude relative élargie (W)	Nombre de sites minimal
TEOM-FDMS (8500C, 1405-F et 1405-DF)	11,2% < < 19,0%	4	8,4% < < 17,6%	4
MP101M-RST	17%	4	12,8% < < 13,8%	3
BAM 1020	13%	3	10%	2

Ainsi, les comparaisons doivent être réalisées, pendant une année entière, sur le nombre de sites définis dans le Tableau 4, au cours de laquelle un minimum de 80 paires (AMS+MR) de données valides doit être recueilli pour chaque fraction (PM₁₀ et PM_{2,5}). Les sites peuvent être modifiés chaque année afin d'augmenter la couverture du réseau de surveillance et doivent être représentatifs des diverses conditions caractéristiques du réseau.

4.4.2 Évaluation des résultats des essais

Selon la prEN 16450 [1], les résultats des essais de suivi d'équivalence doivent être évalués tous les ans en utilisant les données cumulées sur les trois années précédentes.

Sur la totalité de l'ensemble de données, au moins 20 % des résultats obtenus avec la méthode de référence doivent être supérieurs à :

- 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la fraction PM_{10} ;
- 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la fraction $\text{PM}_{2,5}$.

Lorsqu'en raison de faibles niveaux de concentration, les critères des 20 % de résultats supérieurs à 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la fraction PM_{10} , ou supérieurs à 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la fraction $\text{PM}_{2,5}$, ne peuvent être respectés, on considère comme suffisant un minimum de 32 résultats supérieurs à ces seuils.

En théorie, si les AMS et la méthode de référence (MR) sont pleinement équivalents, la relation entre les résultats des deux méthodes peut être décrite par une relation linéaire $y = x$. Cependant, puisque les mesurandes des deux méthodes sont généralement différents, on suppose que la relation entre les résultats de mesure des AMS et ceux de la méthode de référence peut être décrite par une relation linéaire du type :

$$y = bx + a$$

où

- y est le résultat d'un AMS sur une période unique de 24 h, (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aux conditions ambiantes) ;
- x est le résultat de la méthode de référence sur la même période unique de 24 h, (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aux conditions ambiantes) ;
- a est l'ordonnée à l'origine de la fonction de correction ;
- b est la pente de la fonction de correction.

La relation entre les résultats des AMS et les résultats de la méthode de référence doit être établie pour chacun des AMS individuellement selon la technique décrite dans la prEN 16450 :

- pour l'ensemble de tous les résultats ;
- pour deux ensembles de données obtenus en répartissant la totalité de l'ensemble de données d'après les concentrations de matière particulaire : concentrations supérieures ou égales à 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la fraction PM_{10} , concentrations supérieures ou égales à 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la fraction $\text{PM}_{2,5}$, à condition que le sous-ensemble contienne 40 paires de données valides au minimum ;
- pour les ensembles de données de chacun des sites.

Pour chacun des sous-ensembles ci-dessus, les résultats pourront mettre en évidence la nécessité d'appliquer une fonction de correction. Celle-ci est obtenue en utilisant les valeurs obtenues pour la pente et/ou l'ordonnée à l'origine de la totalité des paires de données lorsque :

- les résultats des essais montrent que la pente s'écarter de manière significative de 1 soit $|b - 1| \leq 2ub$ où ub est l'incertitude-type de la pente b, calculée comme la racine carrée de sa variance ;
- et/ou que l'ordonnée à l'origine s'écarter de manière significative de 0 soit $|a| \leq 2ua$ où ua est l'incertitude-type de l'ordonnée à l'origine a, calculée comme la racine carrée de sa variance.

Au final, une même et unique fonction de correction doit être appliquée à tous les sites/sous-ensembles.

Il est inutile d'appliquer une fonction de correction lorsque :

- la valeur de la pente est : $0,980 \leq b \leq 1,020$; et/ou
- la valeur de l'ordonnée à l'origine est : $-1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3 \leq a \leq 1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$; ou
- l'introduction de termes d'incertitude supplémentaires conduit à une modification non significative de l'incertitude composée de l'AMS; ou
- lorsque les domaines d'incertitude de la MR et de l'AMS se recouvrent.

A noter que la directive 2008/50/CE [9] stipule une exigence de 25% pour l'incertitude élargie maximale admissible pour la mesure des concentrations massiques de PM. Cette exigence s'applique aux voisinages de la valeur limite. En l'absence de valeur limite journalière pour les $\text{PM}_{2,5}$, une pseudo valeur journalière a été estimée à $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour permettre le calcul des incertitudes.

5. RESULTATS ET DISCUSSIONS

5.1 Ecart aux exigences méthodologiques de la prEN 16450

En 2014, le LCSQA a rédigé une note [14] spécifiant la méthodologie adoptée par la France pour la détermination d'un réseau minimum de sites de suivi d'équivalence permettant de répondre aux exigences de la prEN 16450 [1] et a conclu à la nécessité de réaliser le suivi d'équivalence sur une douzaine de sites représentatif du « climat de PM » rencontré sur tout le territoire. Le bilan présenté dans ce rapport ne répond pas à l'ensemble des exigences fixées vis-à-vis du nombre minimum de sites requis. En effet, les campagnes de suivi d'équivalence conduites entre 2011 et 2014 étaient exploratoires et réalisées en prévision de la publication de la prEN 16450. Leur bilan ne doit donc pas conduire à des conclusions hâtives sur la performance des AMS actuellement homologués en France mais permet simplement d'indiquer une tendance sur leur performance.

En raison du non respect des exigences sur le nombre annuel de sites instrumentés, il a été choisi pour ce bilan de cumuler les résultats sur 4 années (au lieu de 3 prescrites) pour obtenir un jeu de données plus conséquent.

L'ensemble des données des campagnes réalisées entre 2011 et 2014 ont été traitées statistiquement en 2015 selon les préconisations du projet de norme prEN 16450 présenté au chapitre 4.3, à l'exception des niveaux de $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la fraction PM_{10} et $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la fraction $\text{PM}_{2,5}$ représentant les seuils au dessus desquels 20% des données doivent se trouver. En effet, ces niveaux ont été remplacés respectivement par 30 et $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ afin de rester cohérent avec les niveaux fixés pour la détermination des sous-ensembles pour lesquels l'application d'une fonction de correction doit être évaluée.

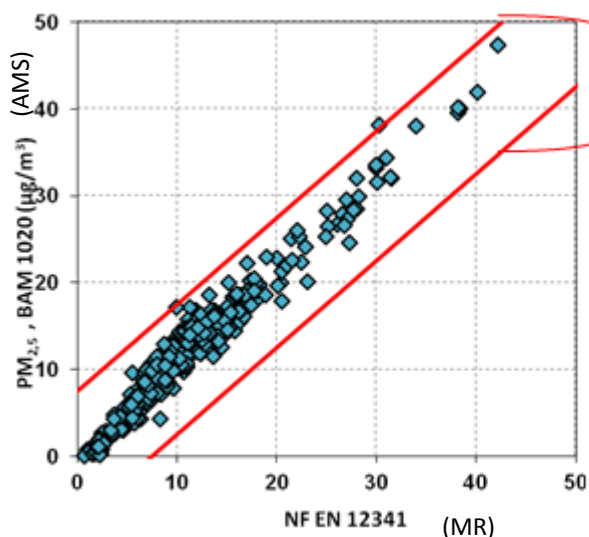
Cette incohérence de la norme a été discutée avec les membres du CEN/TC 264 WG15 et devrait être corrigée pour la version finalisée.

Enfin, ce rapport ne présente pas les résultats pour le TEOM-FDMS 1405-DF, AMS homologué, pour lequel de nombreux problèmes techniques n'ont pas permis d'obtenir un jeu de données assez conséquent et donc statistiquement exploitable. Le TEOM-FDMS 1405-DF fera l'objet en 2015 d'une note technique spécifique.

5.2 Grille de lecture des résultats

Les figures ci-dessous explicitent les données présentées dans les tableaux et figures des paragraphes 5.3 à 5.5.

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	2	67
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		
Régression linéaire sur les données brutes						
Pente b	0,96	0,96	0,97	1,08		
Incertitude de la pente ub	0,01	0,02	0,03	0,07		
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%
Régression linéaire après application d'une fonction de correction						
Fonction de correction appliquée	1,040y - 2,102	1,040y - 2,102	1,040y - 2,102	1,040y - 2,102	1,040y - 2,102	1,040y - 2,102
Moyenne de l'AMS	11,6	12,8	14,0	6,6	9,0	24,8
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	61	33	22	2	4	53
Nombre de valeur de la MR > 25 µg/m ³	16	12	4	0	0	16
Régression linéaire sur les données calibrées						
Pente b	1,00	1,00	1,01	1,13	1,04	1,12
Incertitude de la pente ub	0,02	0,02	0,03	0,07	0,04	0,05
Ordonnée à l'origine a	-0,02	0,45	-1,39	-4,12	1,04	-4,20
Incertitude de l'ordonnée à l'origine ua	0,21	0,30	0,45	0,74	0,32	1,28
Corrélation R ²	0,90	0,92	0,95	0,85	0,89	0,88
Biais au niveau de la valeur limite (µg/m ³)	0,04	0,43	-0,99	-0,15	2,13	-0,51
Incertitude relative élargie (k=2)	16,0%	16,2%	14,1%	13,7%	16,8%	19,2%



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

Les commentaires associés au tableau de résultats des paragraphes 5.3 à 5.6 se focalisent sur les points importants associés à chaque AMS et ne discutent pas chaque paramètre étudié de façon systématique.

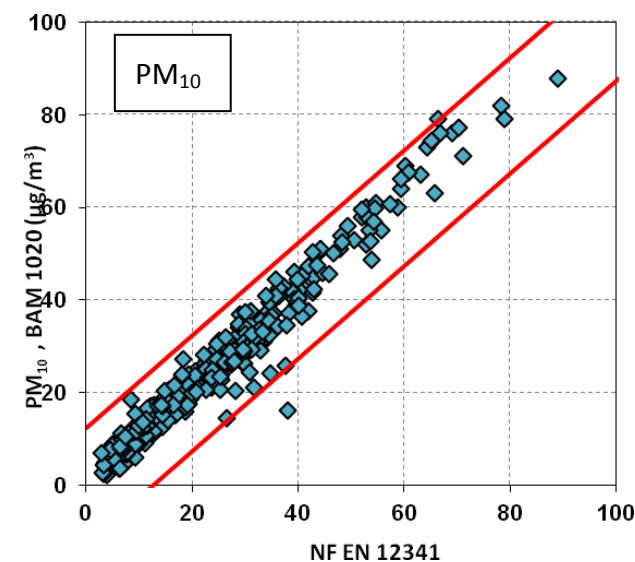
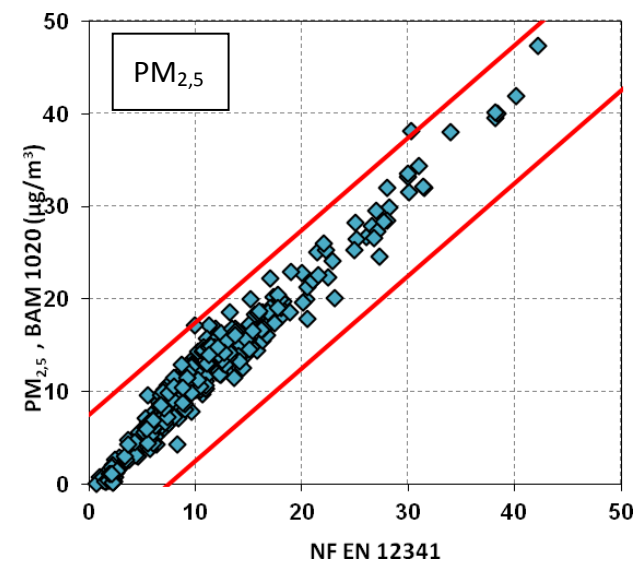
5.3 Résultats obtenus sur le BAM 1020

BAM 1020	PM2,5						PM10						
Résultats sur les données brutes	BAM	BAM / 14012	BAM / 16034	BAM / 24035	BAM / 41024	BAM PM2,5 ≥ 18	BAM	BAM / 1012	BAM / 16034	BAM / 24035	BAM / 41024	BAM / MDD	BAM PM10 ≥ 30
Paires de données	322	105	78	83	56	45	376	79	72	89	52	84	113
Moyenne de l'AMS	12,2	12,4	16,4	14,8	2,3	27,8	26,6	21,3	25,4	30,2	12,9	37,3	45,6
Moyenne de la MR	11,4	11,3	15,3	13,2	3,3	26,3	25,1	19,0	23,1	31,2	11,3	34,5	43,8
Nombre de valeur de la MR > 18 µg/m3 (PM2,5) ou 30 (PM10)	44	11	25	8	0	44	113	13	11	45	2	42	113
Nombre de valeur de la MR > 30 µg/m3 (PM2,5) ou 50 (PM10)	11	5	5	1	0	11	32	6	2	3	0	21	32
Pourcentage de valeur > 18 µg/m3 (PM2,5) ou 30 (PM10)	14%	10%	32%	10%	0%	98%	30%	16%	15%	51%	4%	50%	100%
Paires de données au printemps	69	56	0	13	0	17	157	50	0	9	52	46	47
Paires de données en été	66	49	13	4	0	1	24	0	11	13	0	0	8
Paires de données en automne	75	0	37	34	4	12	70	0	35	35	0	0	22
Paires de données en hivers	112	0	28	32	52	15	125	29	26	32	0	38	36
Régression linéaire sur les données brutes													
Pente b	1,11	1,06	1,12	0,92	1,01	1,15	1,06	1,14	1,04	1,09	1,11	1,06	1,19
Incertitude de la pente ub	0,01	0,02	0,02	0,03	0,06	0,05	0,01	0,02	0,02	0,05	0,04	0,02	0,03
Ordonnée à l'origine a	-0,32	0,44	-0,73	2,69	-1,05	-2,44	0,05	-0,33	1,28	-3,85	0,30	0,58	-6,25
Incertitude de l'ordonnée à l'origine ua	0,17	0,31	0,35	0,42	0,21	1,27	0,32	0,49	0,43	1,76	0,57	0,61	1,54
Corrélation R²	0,96	0,95	0,98	0,91	0,84	0,93	0,96	0,98	0,98	0,78	0,92	0,98	0,91
Pente b avec ordonnée à l'origine forcée par 0	1,09	1,09	1,08	1,10	0,77	1,06	1,06	1,12	1,09	0,97	1,13	1,08	1,05
Incertitude de la pente avec l'ordonnée à l'origine forcée par 0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
Biais au niveau de la valeur limite (µg/m3)	2,86	2,28	2,88	0,33	-0,77	2,06	2,93	6,43	3,40	0,67	5,74	3,76	3,03
Incertitude relative élargie (k=2)	21,7%	18,9%	21,1%	8,5%	5,6%	18,6%	17,5%	27,8%	15,0%	17,0%	24,4%	18,2%	22,0%
Régression linéaire après application d'une fonction de correction													
Fonction de correction appliquée	0,904y + 0,285	0,904y + 0,285	0,904y + 0,285	0,904y + 0,285	0,904y + 0,285	0,904y + 0,285	0,946y - 0,047	0,946y - 0,047	0,946y - 0,047	0,946y - 0,047	0,946y - 0,047	0,946y - 0,047	0,946y - 0,047
Moyenne de l'AMS	11,4	11,5	15,1	13,7	2,4	25,5	25,1	20,1	23,9	28,5	12,1	35,2	43,1
Moyenne de la MR	11,4	11,3	15,3	13,2	3,3	26,3	25,1	19,0	23,1	31,2	11,3	34,5	43,8
Nombre de valeur de la MR > 18 µg/m3	46	11	26	9	0	41	106	14	14	33	3	42	99
Nombre de valeur de la MR > 25 µg/m3	10	4	6	0	0	10	31	7	2	1	0	21	31
Régression linéaire sur les données calibrées													
Pente b	1,00	0,96	1,01	0,83	0,90	1,04	1,00	1,07	0,99	1,02	1,05	1,01	1,12
Incertitude de la pente ub	0,01	0,02	0,02	0,03	0,05	0,04	0,01	0,02	0,02	0,05	0,04	0,01	0,03
Ordonnée à l'origine a	0,02	0,71	-0,35	2,76	-0,63	-1,81	0,03	-0,34	1,18	-3,45	0,27	0,52	-5,83
Incertitude de l'ordonnée à l'origine ua	0,15	0,28	0,32	0,38	0,19	1,15	0,31	0,46	0,41	1,66	0,54	0,57	1,45
Corrélation R²	0,96	0,95	0,98	0,91	0,84	0,93	0,96	0,98	0,98	0,78	0,92	0,98	0,91
Biais au niveau de la valeur limite (µg/m3)	-0,04	-0,57	0,00	-2,35	-3,51	-0,74	-0,03	3,29	0,43	-2,28	2,57	0,78	0,08
Incertitude relative élargie (k=2)	9,6%	11,0%	8,2%	17,5%	23,5%	12,4%	12,6%	16,7%	6,7%	18,4%	13,2%	10,5%	17,5%

Fraction $PM_{2,5}$: le BAM1020 a été évalué sur 4 sites réglementaires dont 2 sites trafic (16034 et 24035), 1 site de fond urbain (14012) et 1 site rural (41024). Pour les sites de **type trafic et fond urbain**, le **BAM1020 surestime significativement les concentrations de 8 à 10%** pour des **incertitudes élargies de 8,5 à 18,9%**. L'ensemble des données présente une incertitude élargie de 21,7% pour une pente significativement différente de 1 (1,17). **L'application d'une fonction de correction réduit cette incertitude à 9,6%** pour l'ensemble des données ainsi que pour les sites 14012 et 16034 mais dégrade l'incertitude du site 24035. A noter que seul 14% des données sont supérieures à la limite de $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour un seuil fixé à 20% par la prEN 16450. De plus, la répartition saisonnière des paires de données n'est homogène pour aucun des sites. A noter que pour le site rural, le nombre de données est significativement plus faible que sur les autres sites ainsi que la corrélation avec la méthode de référence. Ceci s'explique par les niveaux très faibles en $PM_{2,5}$ sur ce site (moyenne de $3,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$). L'incertitude élargie calculée de 5,6% au niveau de la pseudo valeur limite journalière de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ n'est donc pas significative.

Fraction PM_{10} : le BAM 1020 a été évalué sur 4 sites réglementaires dont 2 sites trafic (16034 et 24035), 1 site de fond urbain (1012) et 1 site rural (41024) ainsi que sur la station gérée par Mines de Douai pour la fraction PM_{10} . Le nombre de paire de données par site est plus homogène que pour la fraction $PM_{2,5}$ alors que la répartition saisonnière est toujours très hétérogène d'un site à l'autre. **Le Bam 1020 surestime significativement de 8 à 13%** selon les sites excepté pour le site 24035 (trafic) pour lequel il présente une sous-estimation non significative de 3%. Au global, **le BAM1020 présente une incertitude de 17,5% avant application d'une fonction de correction puis 12,6% après application**. A noter que le site 1012, ne respecte pas l'incertitude fixée par la directive (27,8%) sans application de fonction de correction.

Ainsi les résultats actuels impliquent l'application d'une fonction de correction pour les données PM_{10} et $PM_{2,5}$ produites par les BAM1020. Il conviendra d'assurer la conformité vis-à-vis de la représentativité spatiale et saisonnière pour les prochaines comparaisons à la méthode de référence.



5.4 Résultats obtenus sur la MP101M-RST

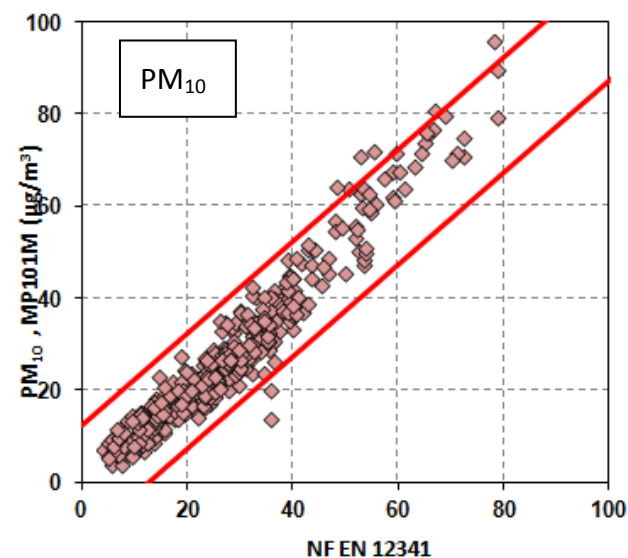
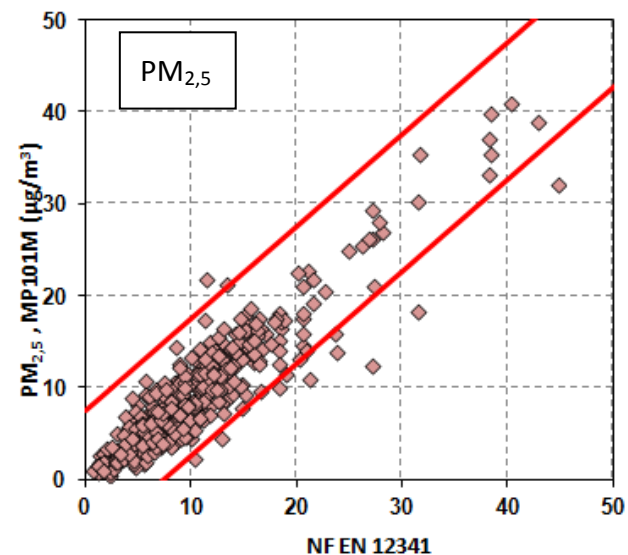
MP101M-RST	PM2,5					PM10				
Résultats sur les données brutes	MP	MP / 14012	MP / 24035	MP / 41024	MP PM2,5 ≥ 18	MP	MP / 1012	MP / 3014	MP / 24035	MP PM10 ≥ 30
Paires de données	450	198	85	167	44	464	238	53	83	154
Moyenne de l'AMS	9,1	11,1	13,0	4,8	22,9	26,9	19,3	37,3	30,0	44,9
Moyenne de la MR	9,9	11,8	12,9	6,0	26,0	26,4	19,7	35,9	31,0	43,1
Nombre de valeur de la MR > 18 µg/m3 (PM2,5) ou 30 (PM10)	44	31	8	5	44	154	37	32	40	154
Nombre de valeur de la MR > 30 µg/m3 (PM2,5) ou 50 (PM10)	11	10	1	0	11	40	6	10	3	40
Pourcentage de valeur > 18 µg/m3 (PM2,5) ou 30 (PM10)	10%	16%	9%	3%	100%	33%	16%	60%	48%	100%
Paires de données au printemps	98	58	13	27	18	136	84	0	5	50
Paires de données en été	99	49	4	46	3	56	23	20	13	19
Paires de données en automne	59	9	34	16	4	104	36	33	35	42
Paires de données en hivers	194	82	34	78	19	168	95	0	30	43
Régression linéaire sur les données brutes										
Pente b	0,97	0,93	1,01	0,85	1,26	1,13	1,03	1,04	1,20	1,34
Incertitude de la pente ub	0,02	0,03	0,04	0,03	0,09	0,01	0,02	0,04	0,07	0,04
Ordonnée à l'origine a	-0,48	0,08	-0,07	-0,31	-9,76	-2,85	-0,97	0,09	-7,16	-12,89
Incertitude de l'ordonnée à l'origine ua	0,21	0,38	0,59	0,22	2,49	0,40	0,44	1,41	2,19	1,65
Corrélation R²	0,86	0,84	0,85	0,80	0,76	0,94	0,92	0,94	0,72	0,88
Pente b avec ordonnée à l'origine forcée par 0	0,94	0,94	1,00	0,81	0,91	1,04	0,99	1,04	0,98	1,06
Incertitude de la pente avec l'ordonnée à l'origine forcée par 0	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
Biais au niveau de la valeur limite (µg/m3)	-1,35	-1,94	0,15	-4,83	-2,09	3,48	0,49	1,95	2,92	4,20
Incertitude relative élargie (k=2)	18,9%	24,0%	12,6%	33,8%	35,7%	21,9%	13,5%	18,2%	24,2%	27,9%
Régression linéaire après application d'une fonction de correction										
Fonction de correction appliquée	1,030y + 0,49	1,030y + 0,49	1,030y + 0,49	1,030y + 0,49	1,030y + 0,49	0,888y + 2,526	0,888y + 2,526	0,888y + 2,526	0,888y + 2,526	0,888y + 2,526
Moyenne de l'AMS	9,9	11,9	13,8	5,5	24,1	26,4	19,6	35,6	29,2	42,4
Moyenne de la MR	9,9	11,8	12,9	6,0	26,0	26,4	19,7	35,9	31,0	43,1
Nombre de valeur de la MR > 18 µg/m3	40	24	13	3	30	140	28	33	32	131
Nombre de valeur de la MR > 25 µg/m3	11	10	1	0	11	39	7	7	2	39
Régression linéaire sur les données calibrées										
Pente b	1,00	0,96	1,04	0,88	1,30	1,00	0,91	0,92	1,04	1,18
Incertitude de la pente ub	0,02	0,03	0,04	0,03	0,09	0,01	0,02	0,03	0,06	0,03
Ordonnée à l'origine a	-0,02	0,54	0,39	0,15	-9,70	0,11	1,76	2,73	-3,16	-8,54
Incertitude de l'ordonnée à l'origine ua	0,21	0,39	0,61	0,23	2,56	0,36	0,39	1,25	1,94	1,47
Corrélation R²	0,86	0,84	0,85	0,80	0,76	0,94	0,92	0,94	0,72	0,88
Biais au niveau de la valeur limite (µg/m3)	0,05	-0,57	1,59	-3,52	-0,74	-0,10	-2,81	-1,41	-0,92	0,57
Incertitude relative élargie (k=2)	17,6%	21,6%	17,2%	26,0%	34,6%	15,2%	16,5%	15,9%	19,2%	20,0%

Note : les résultats de la MP101M-RST ont été exploités pour les données « période 2h » moyennées sur 24h conformément aux pratiques AASQA.

Fraction $PM_{2,5}$: la jauge beta MP101M a été évaluée sur 1 site de fond urbain (14012), 1 site de type trafic (24035) et 1 site rural (41024). Au global, les résultats obtenus présentent une **sous-estimation significative de l'ordre de 6% pour une incertitude de 18.9%**. L'application d'une fonction de correction **améliore légèrement l'incertitude (17.6%)**. Le jeu de donnée présente un nombre de données très inférieur sur le site trafic minimisant ainsi son poids dans la régression de l'ensemble des données alors qu'il présente les meilleurs résultats (aucune surestimation pour une incertitude de 12,6%). De manière similaire aux résultats de la BAM1020 (cf 5.3), les résultats sur le site rural ne sont pas significatifs en raison des faibles niveaux de concentrations en $PM_{2,5}$. De même, seul 10% des données sont supérieures à la limite de $18 \mu g/m^3$ pour un seuil fixé à 20% par la prEN 16450. De plus, la répartition saisonnière des paires de données n'est homogène pour aucun des sites. Enfin, le sous-ensemble des données supérieures à $18 \mu g/m^3$ présente une incertitude de 35,7%, bien supérieure à la limite fixée par la directive (25%). L'application de la fonction de correction n'améliore que modérément cette incertitude (34,6%), ce sous-ensemble présente alors une surestimation de 30% des données.

Fraction PM_{10} : la jauge beta MP101M a été évaluée sur 1 site de fond urbain (1012), 1 site de type trafic (24035) et 1 site industriel (3014). **L'ensemble des données présente une surestimation significative de 4% pour une incertitude élargie de 21,9%**. L'application de la fonction de correction **améliore l'incertitude : 15,2%**. Le site trafic présente une ordonnée à l'origine très significativement différente de 0 (-7,16) ainsi que le sous-ensemble des données supérieures à $30 \mu g/m^3$ (-12,89).

Ainsi les résultats actuels impliquent l'application d'une fonction de correction pour les données PM_{10} et $PM_{2,5}$ produites par les MP101M-RST. Il conviendra également d'approfondir l'expertise des ordonnées à l'origine très négatives probablement occasionné par une surestimation plus prononcée sur les concentrations supérieures à $50 \mu g/m^3$ (Voir ci-contre). La conformité vis-à-vis de la représentativité spatiale et saisonnière pour les prochaines comparaisons à la méthode de référence devra être assurée.



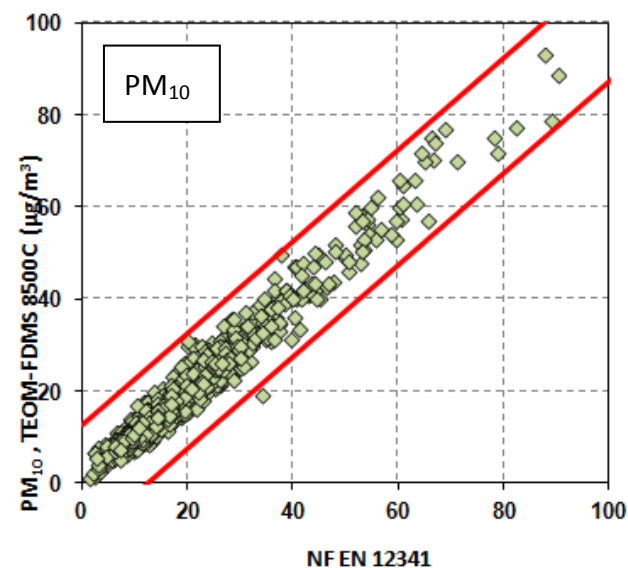
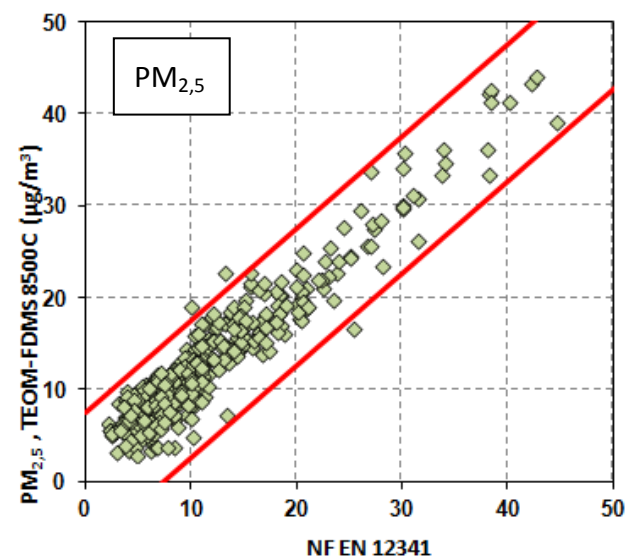
5.5 Résultats obtenus sur le TEOM-FDMS 8500

TEOM-FDMS 8500	PM2,5						PM10							
Résultats sur les données brutes	8500	8500 / 14012	8500 / 16034	8500 / 18043	8500 / 41024	8500 PM2,5 ≥ 18	8500	8500 / 4158	8500 / 11025	8500 / 16034	8500 / 41024	8500 / 55058	8500 / MDD	8500 PM10 ≥ 30
Paires de données	413	204	79	40	90	68	701	112	264	78	83	80	84	139
Moyenne de l'AMS	13,2	14,3	15,5	8,3	10,7	25,9	22,4	21,9	21,3	23,3	11,1	23,6	35,6	45,1
Moyenne de la MR	11,6	12,4	15,2	9,4	7,7	25,9	21,9	18,6	22,3	22,5	10,9	22,0	35,1	44,8
Nombre de valeur de la MR > 18 µg/m3 (PM2,5) ou 30 (PM10)	67	37	25	3	2	67	139	20	53	11	2	10	43	139
Nombre de valeur de la MR > 30 µg/m3 (PM2,5) ou 50 (PM10)	17	12	5	0	0	17	42	7	8	2	0	3	22	42
Pourcentage de valeur > 18 µg/m3 (PM2,5) ou 30 (PM10)	16%	18%	32%	8%	2%	99%	20%	18%	20%	14%	2%	13%	51%	100%
Paires de données au printemps	115	55	0	5	55	16	253	42	76	0	75	20	40	76
Paires de données en été	94	46	13	0	35	0	93	0	16	17	0	60	0	8
Paires de données en automne	53	16	37	0	0	20	142	21	86	35	0	0	0	15
Paires de données en hivers	151	87	29	35	0	32	213	49	86	26	8	0	44	40
Régression linéaire sur les données brutes														
Pente b	0,96	0,96	0,97	1,08	0,99	1,08	1,01	1,01	1,03	0,93	1,00	1,02	1,02	1,04
Incertitude de la pente ub	0,01	0,02	0,03	0,07	0,04	0,05	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03
Ordonnée à l'origine a	2,02	2,48	0,70	-1,91	3,04	-1,94	0,31	3,11	-1,62	2,40	0,19	1,11	-0,10	-1,48
Incertitude de l'ordonnée à l'origine ua	0,21	0,29	0,44	0,71	0,31	1,23	0,21	0,24	0,37	0,55	0,24	0,82	0,79	1,24
Corrélation R²	0,90	0,92	0,95	0,85	0,89	0,88	0,96	0,99	0,95	0,96	0,97	0,91	0,97	0,91
Pente b avec ordonnée à l'origine forcée par 0	1,09	1,10	1,01	0,92	1,32	1,01	1,02	1,12	0,97	1,01	1,01	1,06	1,02	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	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Biais au niveau de la valeur limite (µg/m3)	0,86	1,24	-0,11	0,64	2,86	0,36	0,73	3,64	-0,34	-1,09	0,18	2,17	0,80	0,47
Incertitude relative élargie (k=2)	16,0%	17,1%	11,5%	13,4%	20,6%	18,0%	12,3%	15,6%	11,8%	9,8%	3,7%	14,7%	13,7%	16,9%
Régression linéaire après application d'une fonction de correction														
Fonction de correction appliquée	1,040y - 2,102	1,040y - 2,102	1,040y - 2,102	1,040y - 2,102	1,040y - 2,102	1,040y - 2,102	0,992y - 0,303	0,992y - 0,303	0,992y - 0,303	0,992y - 0,303	0,992y - 0,303	0,992y - 0,303	0,992y - 0,303	0,992y - 0,303
Moyenne de l'AMS	11,6	12,8	14,0	6,6	9,0	24,8	21,9	21,4	20,8	22,8	10,7	23,1	35,0	44,4
Moyenne de la MR	11,6	12,4	15,2	9,4	7,7	25,9	21,9	18,6	22,3	22,5	10,9	22,0	35,1	44,8
Nombre de valeur de la MR > 18 µg/m3	61	33	22	2	4	53	142	22	52	13	2	12	41	128
Nombre de valeur de la MR > 25 µg/m3	16	12	4	0	0	16	39	7	6	2	0	3	21	39
Régression linéaire sur les données calibrées	0						0	0	0	0	0	0	0	0
Pente b	1,00	1,00	1,01	1,13	1,04	1,12	1,00	1,00	1,02	0,92	0,99	1,01	1,01	1,03
Incertitude de la pente ub	0,02	0,02	0,03	0,07	0,04	0,05	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03
Ordonnée à l'origine a	-0,02	0,45	-1,39	-4,12	1,04	-4,20	0,00	2,79	-1,90	2,08	-0,12	0,81	-0,39	-1,75
Incertitude de l'ordonnée à l'origine ua	0,21	0,30	0,45	0,74	0,32	1,28	0,21	0,24	0,37	0,54	0,23	0,81	0,78	1,23
Corrélation R²	0,90	0,92	0,95	0,85	0,89	0,88	0,96	0,99	0,95	0,96	0,97	0,91	0,97	0,91
Biais au niveau de la valeur limite (µg/m3)	0,04	0,43	-0,99	-0,15	2,13	-0,51	-0,01	2,88	-1,07	-1,81	-0,56	1,42	0,06	-0,27
Incertitude relative élargie (k=2)	16,0%	16,2%	14,1%	13,7%	16,8%	19,2%	11,9%	12,9%	12,5%	11,5%	4,6%	13,2%	13,3%	16,8%

Fraction $PM_{2,5}$: le TEOM-FDMS 8500 a été évaluée sur 2 sites de fond urbain (14012, 18043), 1 site de type trafic (16034) et 1 site rural (41024). **Il présente une surestimation significative des données de 9% pour une incertitude de 16%. L'application d'une fonction de correction n'améliore pas l'incertitude pour l'échantillon global et la dégrade même pour 3 sous-ensembles.** A noter également que la répartition saisonnière des paires de données ainsi que le nombre de données par site ne sont homogènes pour aucun des sites. De plus seul 14% des données sont supérieures à la limite de $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour un seuil fixé à 20% par la prEN 16450.

Fraction PM_{10} : le TEOM-FDMS 8500 a été évaluée sur 2 sites de fond urbain (11025, MDD), 2 sites de type trafic (16034, 55058) et 2 sites ruraux (4158, 41024). **Il présente une surestimation de 2% statistiquement significative lors que la régression linéaire est forcée par 0 pour une incertitude élargie de 12,3%.** Cette surestimation n'étant pas significative sur la pente et l'ordonnée à l'origine lorsque cette dernière n'est pas forcée par 0, **aucune fonction de correction ne doit être appliquée.**

Ainsi les résultats actuels impliquent l'application d'une fonction de correction uniquement pour les données $PM_{2,5}$ produites par le TEOM-FDMS 8500. La conformité vis-à-vis de la représentativité spatiale et saisonnière pour les prochaines comparaisons à la méthode de référence devra être assurée.



5.6 Résultats obtenus sur le TEOM-FDMS 1405-F

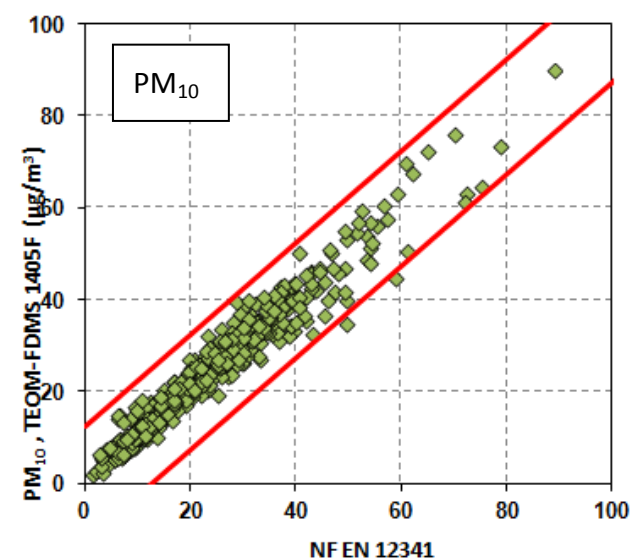
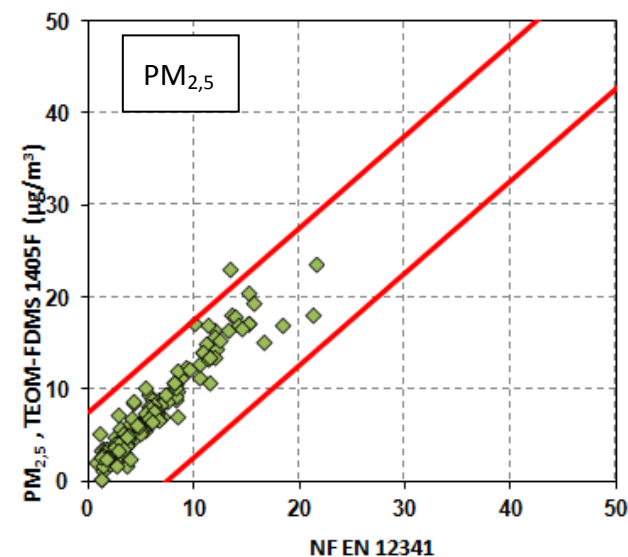
TEOM-FDMS 1405F	PM2,5				PM10								
Résultats sur les données brutes	1405	1405 / 14012	1405 / 41024	1405 PM2,5 ≥ 18	1405	1405 / 1012	1405 / 3014	1405 / 16034	1405 / 41024	1405 / 55058	1405 PM10 ≥ 30		
Paires de données	155	64	91	Pas assez de données pour réaliser le traitement statistique	557	302	53	76	80	46	137		
Moyenne de l'AMS	7,9	11,6	5,3		23,7	22,2	35,0	25,1	13,2	36,4	42,0		
Moyenne de la MR	6,1	9,1	4,0		22,5	20,9	37,1	22,6	11,2	35,3	41,9		
Nombre de valeur de la MR > 18 µg/m3 (PM2,5) ou 30 (PM10)	3	1	2		137	61	34	11	2	29	137		
Nombre de valeur de la MR > 30 µg/m3 (PM2,5) ou 50 (PM10)	0	0	0		24	8	11	2	0	3	24		
Pourcentage de valeur > 18 µg/m3 (PM2,5) ou 30 (PM10)	2%	2%	2%		25%	20%	64%	14%	3%	63%	100%		
Paires de données au printemps	15	15	0		227	108	0	0	75	44	55		
Paires de données en été	49	49	0		64	25	22	15	0	2	14		
Paires de données en automne	16	0	16		108	42	31	35	0	0	29		
Paires de données en hivers	75	0	75		158	127	0	26	5	0	39		
Régression linéaire sur les données brutes													
Pente b	1,18	1,28	0,99		Pas assez de données pour réaliser le traitement statistique	0,98	1,03	0,88	1,06	1,09	0,94	0,99	
Incertitude de la pente ub	0,03	0,05	0,04			0,01	0,01	0,04	0,02	0,04	0,06	0,04	
Ordonnée à l'origine a	0,71	-0,07	1,34			1,74	0,57	2,45	1,05	1,01	3,08	0,57	
Incertitude de l'ordonnée à l'origine ua	0,22	0,53	0,22			0,24	0,23	1,50	0,57	0,49	2,06	1,52	
Corrélation R²	0,90	0,89	0,83			0,95	0,97	0,91	0,97	0,90	0,85	0,83	
Pente b avec ordonnée à l'origine forcée par 0	1,26	1,27	1,22			1,03	1,05	0,93	1,10	1,16	1,02	1,00	
Incertitude de la pente avec l'ordonnée à l'origine forcée par 0	0,02	0,02	0,03			0,01	0,00	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	
Biais au niveau de la valeur limite (µg/m3)	6,05	8,25	1,19			0,54	2,23	-3,64	4,28	5,33	0,25	-0,02	
Incertitude relative élargie (k=2)	41,4%	56,0%	11,0%			11,8%	11,7%	23,0%	19,4%	23,0%	17,7%	18,2%	
Régression linéaire après application d'une fonction de correction													
Fonction de correction appliquée	0,849y - 0,602	0,849y - 0,602	0,849y - 0,602			Pas assez de données pour réaliser le traitement statistique	1,024y - 1,781	1,024y - 1,781	1,024y - 1,781	1,024y - 1,781	1,024y - 1,781	1,024y - 1,781	1,024y -1,781
Moyenne de l'AMS	6,1	9,2	3,9				22,5	20,9	34,1	23,9	11,7	35,5	41,2
Moyenne de la MR	6,1	9,1	4,0				22,5	20,9	37,1	22,6	11,2	35,3	41,9
Nombre de valeur de la MR > 18 µg/m3	2	2	0				150	65	32	17	3	33	131
Nombre de valeur de la MR > 25 µg/m3	0	0	0		24		9	9	2	0	4	24	
Régression linéaire sur les données calibrées													
Pente b	0,99	1,07	0,83		Pas assez de données pour réaliser le traitement statistique		1,00	1,06	0,90	1,09	1,11	0,97	1,01
Incertitude de la pente ub	0,03	0,05	0,04				0,01	0,01	0,04	0,02	0,04	0,06	0,04
Ordonnée à l'origine a	0,05	-0,56	0,59				-0,01	-1,21	0,69	-0,72	-0,76	1,30	-1,30
Incertitude de l'ordonnée à l'origine ua	0,19	0,45	0,19				0,25	0,24	1,53	0,58	0,51	2,11	1,56
Corrélation R²	0,90	0,89	0,83				0,95	0,97	0,91	0,97	0,90	0,85	0,83
Biais au niveau de la valeur limite (µg/m3)	-0,20	1,64	-4,47				0,02	1,73	-4,28	3,84	4,96	-0,27	-0,56
Incertitude relative élargie (k=2)	10,0%	15,1%	31,0%				12,1%	10,6%	25,1%	18,1%	21,9%	18,3%	19,0%

Fraction $PM_{2,5}$: le TEOM-FDMS 1405-F a été évalué sur seulement 1 site de fond (14012) et 1 site rural (41024). **Les données acquises sur ces deux sites présentent une surestimation très significative de 26% pour une incertitude de 41,4%. L'application d'une fonction de correction réduit cette incertitude à 10%.**

Le résultat du calcul d'incertitude est à corrélérer à l'absence de point au niveau de la pseudo valeur limite ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) qui biaise significativement le calcul (cf ci-contre). Ceci n'éclipse pas la forte surestimation des concentrations se retrouvant sur chacun des deux sites.

Fraction PM_{10} : le TEOM-FDMS 1405-F a été évalué sur 1 site de fond (1012), 1 site industriel (3014), 2 site trafic (16034, 55058) et 1 site rural (41024). Au global le TEOM-FDMS 1405-F surestime significativement les concentrations de 3% pour une incertitude 11,8%. **L'application d'une fonction de correction dégradant l'incertitude (12,1%) pour l'échantillon global, celle-ci ne doit donc pas être réalisée.**

Ainsi les résultats actuels impliquent l'application d'une fonction de correction uniquement pour les données $PM_{2,5}$ produites par le TEOM-FDMS 1405-F. La conformité vis-à-vis de la représentativité spatiale et saisonnière pour les prochaines comparaisons à la méthode de référence devra être assurée.



6. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Par anticipation, le LCSQA, en collaboration avec des AASQA volontaires, a réalisé depuis 2011 plusieurs campagnes de comparaison entre les AMS actuellement homologués en France (microbalances TEOM-FDMS, jauges radiométriques MP101M-RST et BAM 1020) et la méthode de référence. Le tableau ci-dessous présente la tendance sur la nécessité d'appliquer une fonction de correction aux données produites pour chacun des AMS actuellement homologué..

Modèle d'appareil équivalent à la méthode de référence	Fonction de correction	
	PM _{2,5}	PM ₁₀
TEOM-FDMS 8500 version b & c	Oui	Non
TEOM 1405-F	Oui	Non
BAM 1020 avec système « Smart Heater »	Oui	Oui
MP101M avec ligne RST	Oui	Oui

Ce rapport présente donc le bilan des campagnes de 2011 à 2014 mais ne doit pas conduire à des conclusions hâtives sur la performance des AMS actuellement homologués en France et permet simplement d'indiquer une tendance sur leur performance. En effet, la pr EN 16450 définit différentes exigences (i.e. représentativité des sites) et calculs statistiques pour déterminer la nécessité d'appliquer une fonction de correction aux données produites par les AMS. Ces exigences n'étant pas actuellement réglementaires et pour certaines encore non respectées, l'application d'une fonction de correction ne doit pas être réalisée. L'application ou non sur l'échantillon étudié d'une fonction de correction aux données produites par les AMS PM homologués en France devra être décidée à l'horizon 2019 sur la base des résultats obtenus entre 2016 et 2018 conformément aux prescriptions de la norme prEN 16450. Si la nécessité d'appliquer une fonction de correction se confirme, il peut être nécessaire d'envisager la redéfinition du domaine d'application de celle-ci. En effet, actuellement la fonction est calculée pour s'appliquer de façon uniforme au niveau national. Il pourrait être pertinent de réaliser une exploitation des données sur d'autres sous-ensembles (i.e. niveau régional et/ou par typologie de site) que ceux déjà pris en compte.

Références

- [1] AFNOR, «prEN 16450: Air ambiant - Systèmes automatisés de mesurage de la concentration de matière particulaire (PM10; PM2,5)» 2015.
- [2] AFNOR, «NF EN 12341: Qualité de l'air — détermination de la fraction PM10 de matière particulaire en suspension — méthode de référence et procédure d'essai in situ pour démontrer l'équivalence à la référence de méthodes de mesurage» 1999.
- [3] AFNOR, «NF EN 14907: Méthode de mesurage gravimétrique de référence pour la détermination de la fraction massique PM2,5 de matière particulaire en suspension» 2005.
- [4] AFNOR, «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.
- [5] O. Favez (LCSQA) et D. Durant (Air Lorraine), «Suivi de l'équivalence des appareils de mesure automatique de PM10, Campagne d'hiver 2012-2013 à Metz Borny (Urbain)» 2013.
- [6] R. Aujay (LCSQA) et G. Grignion (Qualitair Corse), «Suivi de l'équivalence des appareils de mesure automatique PM2.5, Campagne estivale - 2013 à Venaco» 2013.
- [7] S. Verlhac (LCSQA), «Suivi de l'équivalence des appareils de mesure PM2,5, Campagne printemps/été 2013 à Reims (Jean d'Aulan, station fond urbain)» 2013.
- [8] AFNOR, «XP CEN/TS 16450: Air ambiant - Systèmes automatisés de mesurage de la concentration de matière particulaire (PM10 ; PM2,5)» 2013.
- [9] «Directive 2008/50/CE du parlement européen et du conseil du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe» 2008.
- [10] «Directive 2015/1480/CE de la Commission du 28 août 2015 modifiant plusieurs annexes des directives du Parlement européen et du Conseil 2004/107/CE et 2008/50/CE» 2015.
- [11] (LCSQA), «Liste des appareils pouvant être utilisés en AASQA pour la surveillance réglementaire de la qualité de l'air (<http://www.lcsqa.org/homologation-appareils-mesure>)».
- [12] S. Verlhac (LCSQA), «Guide méthodologique pour la surveillance des PM10 et PM2,5 par TEOM-FDMS dans l'air ambiant» 2013.
- [13] F. Mathé (LCSQA), B. Herbin et S. Crunaire, «Surveillance des particules en suspension PM10 et PM2.5 par absorption de rayonnement bêta» 2014.
- [14] S. Verlhac (LCSQA), O. Favez, L. Malherbe and F. Couvidat, "Méthodologie pour la détermination des sites de suivi d'équivalence des analyseurs automatiques de PM" 2014.

7. LISTE DES ANNEXES

Annexes	titres
Annexe 1	Détails des sites et périodes pour lesquels les AMS homologués ont été évalués entre 2011 et 2014

ANNEXE 1 : DETAILS DES SITES ET PERIODES POUR LESQUELS LES AMS HOMOLOGUES ONT ETE EVALUES ENTRE 2011 ET 2014

Référence station	Ville	Station	Dates	Fraction	MP101-M	TEOM-FDMS 8500	TEOM-FDMS 1405F	BAM1020
01012	Metz	Borny	12/04/2011-03/06/2011 10/08/2011-13/09/2011 28/01/2012-09/03/2012 17/11/2012-09/02/2013 31/01/2014 - 16/04/2014	PM ₁₀	x x x x x		x x x x x	x
55058		Autoroute	12/05/2012-14/08/2012	PM ₁₀		x		
24035	Nice	Magnan	14/08/2014 - 24/03/2015	PM ₁₀ / PM _{2,5}	x			x
03014	Port Saint-Louis du Rhône	Port Saint Louis	14/04/2011-02/06/2011 10/08/2011-06/10/2011	PM ₁₀	x		x x	
4158	Frémainville	Frémainville	27/10/2011-23/05/2012	PM ₁₀		x		
16034	Strasbourg	Clemenceau	06/08/2014 - 28/01/2015	PM ₁₀ / PM _{2,5}		x	x	x
14012	Reims	Jean d'Aulan	04/04/2013 - 23/07/2013 14/11/2013 - 03/03/2014	PM _{2,5}	x x	x x	x	x
11025	Lille	Fives	15/08/2013 - 16/05/2014	PM ₁₀		x		
MDD	Douai	Dorignies	17/01/2012-17/04/2012	PM ₁₀	x	x		x
18043	Creil	Faiencerie	19/12/2013 - 05/03/2014	PM _{2,5}		x		
41024	Venaco	Venaco	31/03/2013 - 24/07/2013	PM _{2,5}	x	x		x
			12/11/2013 - 20/02/2014	PM _{2,5}	x		x	x
			21/02/2014 - 27/05/2014	PM ₁₀ / PM _{2,5}		x	x	x



direction et secrétariat du LCSQA

INERIS - parc technologique Alata - BP 2 - F60550 Verneuil-en-Halatte
tél. 03 44 55 64 04 - www.lcsqa.org