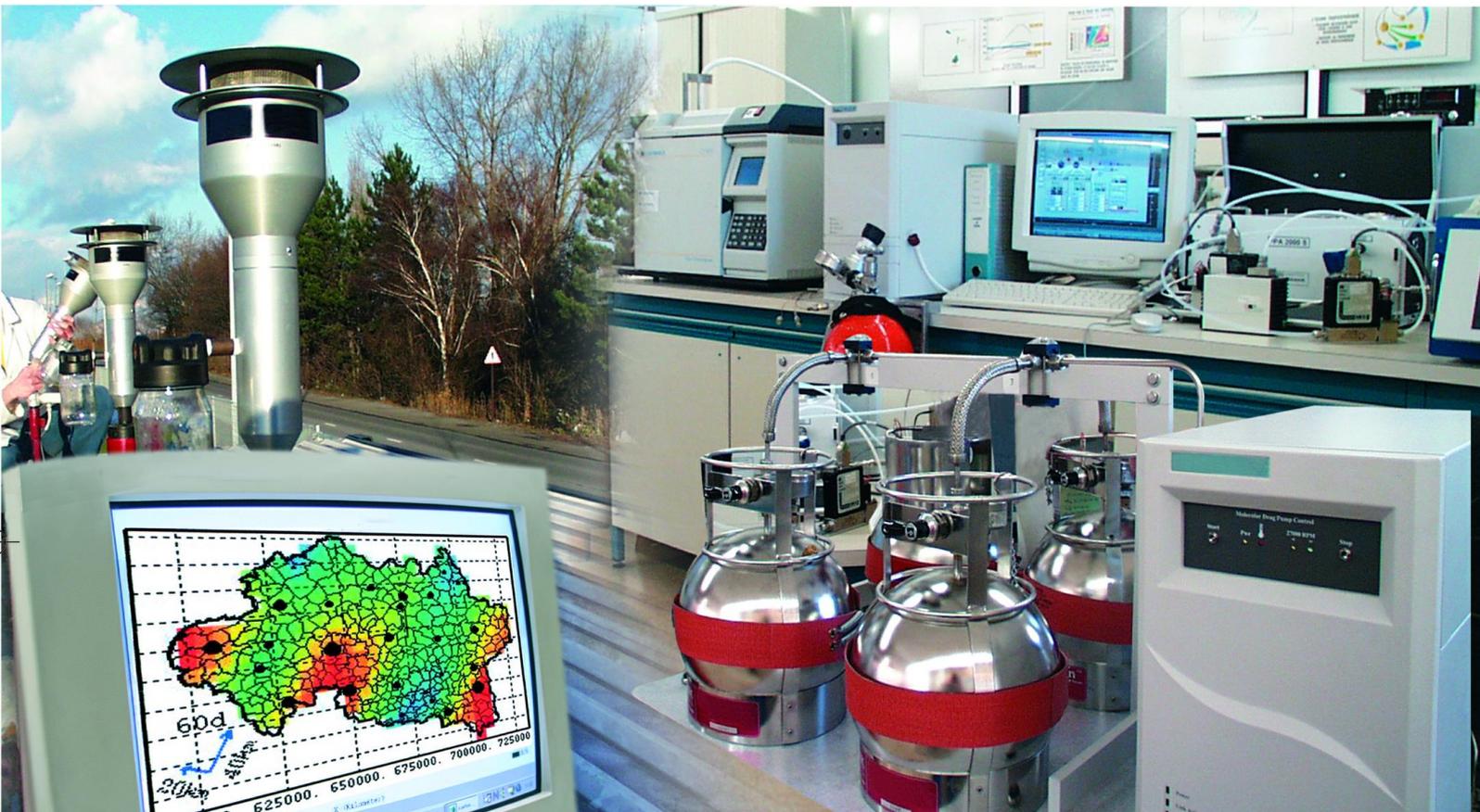




Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air



Métrieologie des particules PM_{10} et $PM_{2.5}$

Accompagnement au déploiement des modules FDMS

Décembre 2008

Programme 2008

G. AYMOZ, A USTACHE ET O. LE BIHAN





PREAMBULE

Le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air

Le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air est constitué de laboratoires de l'École des Mines de Douai, de l'INERIS et du LNE. Il mène depuis 1991 des études et des recherches finalisées à la demande du Ministère chargé de l'environnement, sous la coordination technique de l'ADEME et en concertation avec les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA). Ces travaux en matière de pollution atmosphérique supportés financièrement par le Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer 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 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.



Accompagnement au déploiement des modules FDMS

Laboratoire Central de Surveillance
de la Qualité de l'Air

Métrie des particules PM₁₀ et PM_{2.5}

Programme financé par le
Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer
(MEEDDM)

2008

G. AYMOZ, A. USTACHE, O. LE BIHAN, R. AUJAY

Ce document comporte 30 pages (hors couverture et annexes)

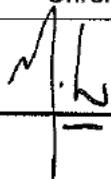
	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	G. AYMOZ	D. GOMBERT	M. RAMEL
Qualité	Ingénieur Direction des Risques Chroniques	Responsable unité CIME (par intérim) Direction des Risques Chroniques	Responsable LCSQA/INERIS Direction des Risques Chroniques
Visa			

TABLE DES MATIÈRES

RESUME	7
1. INTRODUCTION	11
2. ASSISTANCE AU DEPLOIEMENT ET AU FONCTIONNEMENT	13
2.1 Assurance Qualité	13
2.1.1 Objectifs et évolution du programme de travail.....	13
2.1.2 Description du "Guide pour l'utilisation du TEOM-FDMS".....	14
2.1.3 Valorisation de l'expérience Française au niveau européen.....	15
2.2 Comportement du FDMS en site de proximité	15
2.3 Gestion des FDMS en prêt.....	16
2.4 Evolution du TEOM-FDMS.....	16
2.5 Utilisation du TEOM-FDMS en site industriel	17
3. REALISATION DE L'EXERCICE QAP-PM10 DU JRC ISPRA	19
3.1 Description de la campagne française	20
3.1.1 Le site Airparif de Bobigny.....	20
3.1.2 Dispositif mis en œuvre par les différents intervenants	21
3.2 Résultats	23
3.2.1 Suivi temporel des mesures de PM ₁₀	23
3.2.2 Présentation des données PM ₁₀	23
3.2.3 Présentation des données PM _{2,5}	26
3.2.4 Conclusion.....	27
4. CONCLUSION	28
5. LISTE DES ANNEXES	30

RESUME

Depuis 1999, les études menées par le LCSQA ont mis en évidence la complexité de la relation entre les mesures de PM₁₀ réalisées par TEOM et selon la méthode de référence EN 12341, notamment en raison de phénomènes de volatilisation. En conséquence, il est apparu difficile d'adopter un facteur correctif pour les données du TEOM par rapport à la méthode de référence. Dans le même temps, des solutions techniques ont fait leur apparition, et une démonstration d'équivalence a pu être réalisée pour deux outils :

- le TEOM-FDMS de Thermo R&P, pour la mesure des PM₁₀ et des PM_{2.5},
- la jauge radiométrique MP101M-RST d'Environnement SA pour la mesure des PM₁₀.

La problématique a alors évolué vers la question de leurs modalités d'intégration au sein du système de surveillance français. Les réflexions et divers travaux ont permis d'élaborer une stratégie nationale d'intégration et de déploiement de ces nouveaux outils, tout en répondant à un impératif de mise en œuvre à partir du 1er janvier 2007. L'ensemble du dispositif (AASQA, Ministère chargé de l'environnement, ADEME, LCSQA, Commission de Suivi "Mesure des particules en suspension") a été mobilisé tout au long de l'année 2006 pour traiter ces questions.

L'année 2007 a également connu une activité soutenue, le lancement du nouveau dispositif national nécessitant de très nombreuses actions d'accompagnement.

Tout d'abord, le "saut technique" engendré par le changement de méthode de mesure des PM₁₀ a été déclencheur d'un fort besoin de compréhension de l'origine des pics observés. Ce besoin est à l'origine de la mise en place du dispositif CARA et de l'étude "bilan de la première année de mesure des PM₁₀ ajustées en France et évaluation des outils de modélisation", traités par ailleurs.

Ensuite un nombre important et croissant de TEOM-FDMS sont installés sur l'ensemble du territoire depuis le 1^{er} janvier 2007. Notre connaissance de l'utilisation de ces instruments était initialement relativement parcellaire. Le but du travail exposé dans ce rapport était de continuer à fournir une assistance au déploiement des TEOM-FDMS, de suivre l'évolution de l'outil, et de la reconnaissance des travaux de démonstration d'équivalence. Les principales actions réalisées en 2008 sont résumées ci-dessous :

Une part importante du travail a consisté à collecter les retours d'expériences des AASQA, afin de faire évoluer le document de synthèse sur la caractérisation du fonctionnement du TEOM-FDMS. Les premières versions de ce document étaient centrées sur les difficultés rencontrées avec l'outil, et les solutions à mettre en œuvre pour leur résolution. La dernière version mise en ligne est intitulée "Guide pour l'utilisation des TEOM-FDMS". Elle comprend à la fois une partie "guide en cas de panne", mais aussi, et surtout, une première proposition complète de contrôle qualité à mettre en place pour s'assurer du bon fonctionnement de l'outil et de la qualité des données produites.

Ce document a probablement désormais atteint une forme stable. Son amélioration sera désormais principalement liée à la validation des critères d'actions de la partie QA/QC. Il est aussi prévu en 2009 de produire un document commun avec le Royaume-Uni, afin de partager nos expériences de l'utilisation des TEOM-FDMS. Ce document sera mis en valeur dans le cadre d'AQUILA et du groupe de normalisation du CEN travaillant à la création d'une norme pour les mesures automatiques de PM_{10} et $PM_{2.5}$.

Par ailleurs, les résultats obtenus par Airparif sur le site d'Auteuil, situé en bordure de périphérie, posent la question du caractère opérationnel du TEOM-FDMS en site de proximité, notamment pour un pas de temps horaire. Afin de répondre à cette question, Airparif a engagé une campagne de mesure permettant la comparaison de mesures gravimétrique selon la norme de référence et par TEOM-FDMS, s'étalant sur 2008 et 2009. Le rôle du LCSQA en 2008 a été de participer à la validation des mesures gravimétriques réalisées en routine par un autre laboratoire. Les principaux résultats, encore partiels, montrent que le fonctionnement du TEOM-FDMS ne semble pas remis en cause, mais que l'hétérogénéité des concentrations en PM_{10} et $PM_{2.5}$ sur ce type de site semble très supérieure à celle d'un site de fond urbain. Une exploitation commune Airparif-LCSQA de l'ensemble des résultats de cette étude sera proposée en 2009, et permettra de juger de l'opportunité de travaux supplémentaires.

Un autre point important en 2008 est l'évolution de la gamme commerciale du constructeur des TEOM-FDMS. De nouveaux outils, appelés TEOM 1405f et TEOM 1405df remplaceront bientôt les TEOM-FDMS commercialisés jusqu'à présent. Aucun test fiable en 2008 n'a permis de conclure que la démonstration d'équivalence n'était pas remise en cause du fait de ces nouvelles versions : une note du LCSQA envoyée à l'ensemble des AASQA en cours d'année 2008 recommande de ne pas s'équiper de TEOM 1405df dans l'immédiat, et d'attendre, si possible, avant de s'équiper en TEOM 1405f. Des tests sont prévus en France en 2009, et des résultats d'autres Etats membres devraient être aussi diffusés en 2009.

Enfin, l'étape française de l'exercice d'intercomparaison des méthodes de mesure des PM₁₀ organisée par le JRC s'est déroulée en mars 2008 à la station de Bobigny (Airparif), avec la participation du LCSQA (en tant que laboratoire national de référence) et d'Airparif (en tant qu'acteur de la surveillance). L'objectif de cet exercice d'intercomparaison était de fournir de nouvelles informations sur la comparabilité des mesures PM₁₀ utilisées en Europe pour la mesure réglementaire dans la cadre de directive. Ce n'est donc pas une démonstration d'équivalence, et il n'y a pas de critère établi pour juger de la qualité des résultats. Toutefois, les méthodologies basées sur l'utilisation du TEOM-FDMS et de la Jauge Bêta RST seront au final évaluées par rapport aux autres méthodes mises en œuvre en Europe. Cet exercice est donc l'occasion de valoriser les choix méthodologiques de la France. Les résultats montrent, pour chacune des méthodes utilisées pour la mesure des PM₁₀ et des PM_{2.5}, de bonnes corrélations avec les mesures de références du JRC. De plus, ces résultats sont obtenus malgré des conditions météorologiques n'ayant pas favorisé de forts niveaux de concentrations en PM₁₀ et PM_{2.5}. Les résultats peuvent donc être jugés très satisfaisants. L'objectif est désormais de mettre en valeur ces résultats au niveau européen. Pour cela, il a été proposé au JRC de participer à la rédaction du rapport final de l'étude, probablement en 2009.

1. INTRODUCTION

Les méthodes de référence pour l'évaluation des concentrations de particules définies dans le cadre de la directive européenne concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe, datée du 11 Avril 2008, sont celles décrites dans les normes EN 12341 (pour les PM_{10}) et EN 14907 (pour les $PM_{2.5}$).

Ces méthodes manuelles sont onéreuses, difficiles à mettre en œuvre, et ne sont pas adaptées aux besoins d'information rapide (plusieurs jours de délais avant obtention du résultat de la mesure).

La mesure des concentrations de particules en France s'est donc développée sur la base de l'utilisation d'outils automatiques, principalement le TEOM 1400 (fabriqué initialement par R&P, puis désormais par Thermo Scientific), et dans une moindre mesure, la jauge Bêta (seul l'outil MP101M d'Environnement SA était distribué en France jusqu'à début 2008).

Depuis 1999, les études menées par le LCSQA ont montré que le TEOM sous-estimait la mesure de PM (PM_{10} et $PM_{2.5}$) par rapport à la mesure par méthode de référence. Cette sous-estimation est due à la volatilisation d'espèces semi-volatiles lors de la mesure par TEOM. Il a été montré que relation entre les mesures de PM réalisées par TEOM et selon la méthode de référence n'est pas une relation linéaire simple. En conséquence, il est apparu difficile d'adopter un facteur correctif pour les données du TEOM par rapport à la méthode de référence.

Dans le même temps, des solutions techniques ont fait leur apparition, et une démonstration d'équivalence a pu être réalisée pour deux outils :

- le TEOM-FDMS de Thermo R&P, pour la mesure des PM_{10} et des $PM_{2.5}$,
- la jauge radiométrique MP101M-RST d'Environnement SA pour la mesure des PM_{10}

La problématique a alors évolué vers la question de leurs modalités d'intégration au sein du système de surveillance français.

Les réflexions et divers travaux ont permis d'élaborer une stratégie nationale d'intégration et de déploiement de ces nouveaux outils, tout en répondant à un impératif de mise en œuvre à partir du 1er janvier 2007. L'ensemble du dispositif (AASQA, Ministère en charge de l'environnement, ADEME, LCSQA, Commission de Suivi "Mesure des particules en suspension") a été mobilisé tout au long de l'année 2006 pour traiter ces questions. L'année 2007 a également connu une activité soutenue, le lancement du nouveau dispositif national nécessitant de nombreuses actions d'accompagnement.

Tout d'abord, le "saut technique" engendré par le changement de méthode de mesure des PM₁₀ a été déclencheur d'un fort besoin de compréhension de l'origine des pics observés. Ce besoin est à l'origine de la mise en place du dispositif CARA et de l'étude "bilan de la première année de mesure des PM₁₀ ajustées en France et évaluation des outils de modélisation", traités par ailleurs.

Ensuite, et c'est l'objet de cette étude, un nombre important et croissant de TEOM-FDMS sont installés et fonctionnent sur l'ensemble du territoire depuis le 1^{er} janvier 2007. Notre connaissance de l'utilisation de ces instruments était initialement relativement parcellaire. Le but du travail exposé dans ce rapport était de fournir une assistance au déploiement des TEOM-FDMS, de suivre l'évolution de l'outil, et de la reconnaissance des travaux de démonstration d'équivalence. L'ensemble de ces travaux sont menés en lien étroit avec la Commission de Suivi "Mesure des particules en suspension".

2. ASSISTANCE AU DEPLOIEMENT ET AU FONCTIONNEMENT

2.1 ASSURANCE QUALITE

2.1.1 OBJECTIFS ET EVOLUTION DU PROGRAMME DE TRAVAIL

L'un des objectifs principaux de cette action est de mieux comprendre le fonctionnement interne du TEOM-FDMS afin de faciliter son utilisation, la validation des données et la détection de dysfonctionnements. En d'autres termes il s'agit d'assurer la qualité des données produites en construisant une approche QC/QA basée sur l'approche décrite dans les normes utilisées pour la mesure des gaz classiques (O₃, NOx...).

Le programme de travail initial de cette étude comportait plusieurs propositions issues des premiers mois d'utilisation en routine par les AASQA en 2007. L'importance du réglage de la température du piège froid du FDMS (4°C ou 10°C), ou encore l'étude du cycle de l'humidité relative de l'air au sein du TEOM-FDMS semblaient être des pistes intéressantes pour progresser.

Il est toutefois apparu rapidement que par exemple, le réglage du piège froid à 10°C n'était pas forcément utile, et que la majorité des problèmes liés à la condensation dans le circuit étaient finalement dus à des problèmes de fuites ou de puissance de pompe aujourd'hui bien identifiés.

Ce type d'observation est l'un des retours d'expériences direct des AASQA. La mutualisation de ces retours d'expérience s'est dans un premier temps réalisée soit en Commission de Suivi "Mesure des particules en suspension", soit directement auprès du LCSQA. Il a donc été proposé de faire évoluer le programme de cette étude afin de collecter les retours d'expérience des AASQA, plutôt que d'engager des travaux de métrologie sans doute moins exploitables.

Des journées d'échange sur la thématique "TEOM-FDMS" ont donc été organisées, avec pour objectifs de rencontrer chaque AASQA, d'expliquer le fonctionnement de l'outil, et de rassembler les retours d'expérience des AASQA.

Ces rencontres, en cours, ont permis aux AASQA de largement progresser sur la connaissance du fonctionnement de l'outil, et de proposer plusieurs versions du document regroupant ces connaissances. La dernière version du document, qui s'appelle désormais "Guide pour l'utilisation du TEOM-FDMS", est présentée dans le paragraphe suivant, et reproduite en annexe II. Il est disponible sur le forum du site web du LCSQA¹.

Pour plus de simplicité, ces journées ont été organisées dans les niveaux 2. En 2008, 4 journées ont eu lieu, à Limoges, Strasbourg, Lyon et à Paris pour les AASQA d'Outre-mer. Les deux dernières sont prévues en Janvier 2009, au Mans et à Martigues.

¹ Téléchargeable à l'adresse : <http://www.lcsqa.org/thematique/metrologie/version-5-du-guide-dutilisation-des-teom-fdms>

2.1.2 DESCRIPTION DU "GUIDE POUR L'UTILISATION DU TEOM-FDMS"

Le guide, dans sa dernière version mise en ligne (version 5, voir annexe II), a pour objet de fournir une aide directe et concrète aux utilisateurs des TEOM-FDMS dans les AASQA. Ce document est par définition évolutif depuis 2007 : toutes remarques, contributions et critiques sont les bienvenues, et doivent être adressées directement au LCSQA.

Ainsi, une part importante des premiers problèmes observés, liés aux fuites et aux performances de la microbalance, sont désormais bien identifiés. Les solutions trouvées par chacun des opérateurs sont regroupées dans ce guide. Les questions sont désormais en priorité orientées vers :

- le contrôle de l'efficacité du sécheur, identifié comme un point clef du système. L'obtention d'une dépression suffisante sur le flux principal du TEOM-FDMS et le contrôle en routine de l'efficacité de séchage (caractérisée par le point de rosée échantillon) sont les points cruciaux. Des essais complémentaires en laboratoire sur ce sujet seront ainsi proposés dans le cadre des travaux du LCSQA pour l'année 2009. Les résultats obtenus seront intégrés dans le guide.
- le développement de l'expertise sur les variations des paramètres internes de l'analyseur "Mbase", "Mref" et du "Point de rosée échantillon". Le suivi de ces paramètres constitue aussi un élément déterminant, tant pour l'étape de validation des données que pour définir des critères pour des actions de prévention sur l'analyseur.

La dernière version du document contient une proposition de suivi QC/QA, regroupant l'ensemble des opérations à mettre en œuvre pour le suivi du fonctionnement du TEOM-FDMS. Cette proposition se présente sous forme de tableau incluant pour chaque paramètre à vérifier des fréquences de vérification et des critères d'actions (seuils critiques pour les paramètres). Le respect de cette proposition implique deux actions majeures réalisées de manière inhomogène dans les différentes AASQA :

- l'acquisition en continu et l'exploitation des données "Mbase", "Mref" et du "Point de rosée échantillon",
- la création de cartes de contrôle permettant de suivre, pour chaque appareil, l'évolution dans le temps des valeurs minimales et moyennes de "Mref", des températures de "Point de rosée échantillon", "Point de rosée ambiant", et de la dépression dans le flux principal de l'analyseur.

Un premier examen de ce suivi QC/QA sera réalisé lors des journées d'échange sur les TEOM-FDMS prévues en début d'année 2009. Le document sera alors revu en conséquence. De plus, les remarques sur la partie "Guide en cas de panne" évoquées à cette occasion, ainsi que lors des deux journées précédentes (à l'ASPA et Atmo Rhône-Alpes) seront intégrées.

Le LCSQA recommande fortement de mettre en œuvre a minima les propositions signalées en gras et en rouge dans le tableau de contrôle qualité en routine.

2.1.3 VALORISATION DE L'EXPERIENCE FRANÇAISE AU NIVEAU EUROPEEN

Plusieurs actions sont en cours et prévues pour la mise en valeur du guide et pour son évolution au niveau européen :

La plupart des Etats membres, ayant opté initialement pour la correction des données TEOM par un facteur, n'ont pas acquis la même connaissance et expérience de terrain que la France. Le dernier meeting AQUILA (novembre 2008) ayant eu lieu avant que ne sorte la dernière version du guide incluant les propositions de procédures QC/QA, une version précédente a été envoyée à l'ensemble des participants, complétée par une présentation orale actualisée (voir annexe III).

Les présentations réalisées au sein d'AQUILA permettent de valoriser au mieux les travaux français auprès de la commission européenne et des autres Etats membres.

Par ailleurs, le Royaume-Uni a opté pour un équipement complet en TEOM-FDMS, pour la mesure des PM₁₀ et des PM_{2.5}. Une rencontre avec les membres d'AEA Energy & Environment (laboratoire national de référence pour le Royaume-Uni) et le LCSQA a eu lieu fin décembre afin de commencer à mettre en commun nos expériences. L'objectif est de produire un document commun courant 2009, et de valoriser ce document dans le cadre du groupe CEN travaillant sur la création d'une norme pour la mesure des PM₁₀ et des PM_{2.5} par analyseurs automatiques.

2.2 COMPORTEMENT DU FDMS EN SITE DE PROXIMITE

Les résultats obtenus sur le site d'Auteuil, situé en bordure du périphérique, et caractérisé par une très forte fréquentation, posent la question du caractère opérationnel du TEOM-FDMS en site de proximité, notamment pour sur pas de temps horaire. Le fonctionnement du TEOM-FDMS est basé sur une mesure séquentielle. Tout comme pour la mesure des NO_x, il est important de vérifier l'impact de cette mesure séquentielle sur les sites où les niveaux de PM peuvent varier très rapidement. La station d'Auteuil, en raison de sa proximité avec des axes de trafic très dense, et de sa capacité d'accueil, permet l'étude d'un cas "extrême".

Une campagne de mesure par TEOM-FDMS et par gravimétrie, selon la norme EN12341 pour les PM₁₀ et EN14907 pour les PM_{2.5} a donc été engagée par AIRPARIF, en partenariat avec le LCSQA. Afin de minimiser les coûts et faciliter l'organisation de la campagne, les pesées ont été effectuées au LHVP (Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris). La participation du LCSQA a consisté en 2008 à un exercice d'intercomparaison des mesures gravimétriques avec le LHVP, afin de vérifier la qualité des données produites, et sera complétée en 2009 par une exploitation commune de l'ensemble des résultats avec AIRPARIF, et présentation en Commission de Suivi "Mesure des particules en suspension".

Une première présentation de résultats partiels a été réalisée par AIRPARIF lors de la Commission de Suivi "Mesure des particules en suspension" du 9 octobre 2008. En résumé (très synthétique, voir le CR de la réunion pour plus de détails), ces résultats, qui devront être confirmés, montrent :

- que l'exercice d'intercomparaison donne des résultats très satisfaisants, validant ainsi les mesures gravimétriques,
- que le fonctionnement du TEOM-FDMS ne semble pas remis en cause du fait du caractère séquentiel de la mesure,
- en revanche, l'hétérogénéité spatiale des concentrations en PM_{10} et $PM_{2.5}$ semble bien plus importante que sur un site de fond urbain.

Ce dernier point n'est pas surprenant en soi, mais pose un certain nombre de questions sur :

- le bien-fondé des critères de comparaisons intra-méthode du guide de démonstration d'équivalence pour ce type de site,
- les recommandations pour une implantation des prélèvements en site de proximité, pour réaliser des mesures représentatives du site, et comparables entre sites de proximité du trafic.

Il sera donc important en 2009 de finaliser l'exploitation des données de cette campagne, afin de mettre en œuvre, le cas échéant, les actions qui s'imposent.

2.3 GESTION DES FDMS EN PRET

En mai 2006, le ministère chargé de l'environnement a financé l'acquisition de 11 modules FDMS pour les AASQA qui étaient dans l'impossibilité de s'équiper sur fonds propres avant le 1er janvier 2007, en vue de l'ajustement des données PM_{10} . Ces modules ont été mis à disposition des AASQA pour une durée initialement estimée à un an, puis prolongée de manière tacite.

A la demande du ministère, un bilan sur l'utilisation de ces FDMS a été réalisé en 2008, afin de connaître l'état de ce parc instrumental et sa disponibilité. Le but était d'étudier le cas échéant leur affectation à d'autres utilisations par les AASQA. Ce bilan montre que l'ensemble des FDMS est utilisé par les AASQA. Quelques AASQA ont précisé que ces FDMS seront utilisés pour la mesure des $PM_{2.5}$ dans le cadre de l'IEM à partir de 1^{er} janvier 2009.

2.4 EVOLUTION DU TEOM-FDMS

Le fabricant du TEOM-FDMS (Thermo Scientific) fait actuellement évoluer sa gamme de FDMS. Deux nouveaux outils sont désormais au catalogue du distributeur de la marque en France (Ecomesure), le TEOM 1405f (mesure des PM_{10} ou des $PM_{2.5}$) et le TEOM 1405df (mesure simultanée des PM_{10} et des $PM_{2.5}$). Ces deux outils remplaceront rapidement les versions actuelles des TEOM-FDMS.

Avant que les AASQA ne s'équipent de ces nouveaux matériels, il est essentiel de vérifier que la démonstration d'équivalence n'est pas remise en cause. En cours d'année, une note du LCSQA a donc été envoyée à l'ensemble des AASQA. Cette note est reproduite en annexe IV et les éléments principaux repris ci-dessous.

Concernant le TEOM1405f, la technologie est a priori exactement celle du TEOM-FDMS, avec les avantages d'un produit "fini" par rapport au TEOM-FDMS. Bien qu'il n'y ait pas encore de retour sur cet instrument (en particulier de l'étude TUV/MCERTs ou tests directs du LCSQA), il est appelé à remplacer le TEOM-FDMS classique.

Le LCSQA recommande donc, dans la mesure du possible, d'attendre au maximum avant de passer commande d'un 1405f.

Concernant le TEOM 1405df, la situation est différente. Une pièce (impacteur virtuel) a été ajoutée sur le flux d'air. Nous disposons à ce jour de trop peu de résultats pour conclure sur la remise en cause ou non de la démonstration d'équivalence.

Il est donc, à notre avis, prématuré de s'équiper de cet outil pour la mesure réglementaire des PM₁₀ et PM_{2,5}. Le LCSQA recommande de disposer d'un avis solide sur les performances de cet outil avant sa mise en œuvre pour le dispositif national de surveillance.

Les résultats des différents tests en cours en Europe ne sont pas encore disponibles. De plus, les quelques tests réalisés en France, en collaboration avec Atmo PACA et AIRAQ ne sont pas conclusifs, soit à cause de retards dans la livraison du TEOM 1405f (non encore disponibles à ce jour), soit de la période de disponibilité du seul TEOM 1405df ayant pu être mis à disposition du LCSQA (difficultés pour trouver un site pouvant accueillir un TEOM 1405df, et deux TEOM-FDMS, l'un en PM₁₀, l'autre en PM_{2,5} sur la période juillet-août). Une intercomparaison des ces outils sera réalisée début 2009. Les résultats seront présentés en Commission de Suivi "Mesure des particules en suspension", et mis en valeur au niveau européen, notamment dans le cadre du suivi du dossier d'équivalence.

2.5 UTILISATION DU TEOM-FDMS EN SITE INDUSTRIEL

Un certain nombre de campagnes « test » ont été menées en 2006 et 2007 en collaboration avec différentes AASQA (AIRCOM, AIRNORMAND, AIRPARIF), campagnes visant à évaluer et à conforter la pertinence des stations de références (homogénéité, représentativité, etc.).

Les résultats ont été exploités au fil de l'eau lors des différentes Commission de Suivi "Mesure des particules en suspension". C'est ainsi qu'a été mise en évidence la nécessité de poursuivre une action sous influence industrielle, en collaboration avec AIRFOBEP, dans la zone Fos-Berre.

Une réunion d'avancement a été organisée en octobre 2008, réunissant AIRFOBEP et le LCSQA / INERIS. AIRFOBEP a généré plus d'une année de données, issues de la mise en œuvre d'une station de référence sur un site sous influence industrielle (La Mède), et sur le site de fond urbain de Miramas. Ce travail apporte des éléments sur plusieurs sujets d'intérêt.

La corrélation observée par AIRFOBEP entre les ajustements mesurés sur les deux stations est faible. Ce résultat est en accord avec les conclusions de l'étude "Bilan de la 1ère année de mesure des PM₁₀ ajustées en France et évaluation des outils de modélisation" pour cette région. L'exploitation de ces données sera poursuivie dans le cadre de l'étude "Bilan des mesures de PM₁₀ ajustées en France et évaluation des outils de modélisation" proposée en 2009.

Lors de pics observés sur le site industriel et caractérisés par une augmentation très rapide des PM₁₀, une différence de réaction entre le TEOM et le TEOM-FDMS a été observée. Cette différence pourrait *a priori* être liée au fait que le TEOM délivre des mesures quasi-instantanées, alors que le TEOM-FDMS ne permet l'acquisition que de moyennes horaires glissantes. Il conviendra toutefois d'étudier plus précisément la cause et les conséquences de ces observations, afin d'alimenter les réflexions sur les mesures en sites de proximité et les travaux sur la métrologie des TEOM-FDMS.

Il a été décidé de présenter ces travaux lors de la première Commission de Suivi "Mesure des particules en suspension" de l'année 2009.

3. REALISATION DE L'EXERCICE QAP-PM10 DU JRC ISPRA

La mise à niveau des mesures de PM₁₀ par rapport à la méthode de référence s'est déroulée progressivement en Europe à partir de 2004. Actuellement, ces mesures sont réalisées soit directement par la méthode de référence, soit par des méthodes automatiques équivalentes (c'est le cas de la France), soit encore en appliquant un facteur correctif à des mesures automatiques non équivalentes.

Devant la diversité des solutions adoptées par les différents états membres, la DG environnement, la communauté AQUILA et le JRC ont exprimé pendant le 4^{ème} meeting AQUILA² (janvier 2004) la nécessité d'un exercice d'intercomparaison afin de fournir des informations sur la comparabilité de ces méthodes.

Le JRC et AQUILA ont donc proposé une campagne d'intercomparaison visant à fournir des informations sur :

- La comparabilité des techniques de mesures PM₁₀ mises en œuvre par les laboratoires nationaux de référence avec la méthode de référence européenne EN12341 mise en œuvre par le JRC,
- La comparabilité des mesures de PM₁₀ effectuées en routine dans les stations des réseaux de surveillance avec la méthode de référence européenne EN12341 mise en œuvre par le JRC,
- L'état de mise en œuvre et l'utilisation de facteurs de correction pour les mesures automatiques dans les réseaux, contrôlant qu'ils sont utilisés conformément à la Directive 1999/30/EC. Notons que ce dernier objectif ne concerne évidemment pas la France.

L'objectif est donc de réaliser un état des lieux des méthodes utilisées pour la mesure des PM₁₀, et une évaluation de ces méthodes. Il ne s'agit donc en théorie ni d'une évaluation des pratiques par état membre, ni d'une vérification des démonstrations d'équivalence.

Il n'y a donc pas de critère absolu pour juger les résultats de la campagne française. En revanche, au terme de la visite de chaque Etat membre participant, chaque méthode sera comparée à la référence gravimétrique mise en œuvre par le JRC. Au final, les méthodologies basées sur l'utilisation du TEOM-FDMS et de la Jauge Bêta RST seront donc évaluées par rapport aux autres méthodes mises en œuvre en Europe. Cet exercice est donc l'occasion de valoriser les choix méthodologiques de la France. L'objet de cette partie est de décrire le déroulement de l'étape française de cette intercomparaison, et d'en exposer les résultats.

² Site web AQUILA : <http://ies.jrc.ec.europa.eu/Units/eh/Projects/Aquila>

3.1 DESCRIPTION DE LA CAMPAGNE FRANÇAISE

Les représentants français pour cette campagne ont été le LCSQA (pour le volet comparabilité des techniques de mesures PM_{10} mises en œuvre par les laboratoires nationaux de référence) et Airparif (pour le volet comparabilité des mesures de PM_{10} en routine dans les stations des réseaux de surveillance).

La campagne a eu lieu à la station de Bobigny (Airparif), du 13 mars 2008 à 10h TU au 27 mars 10h TU. Un maximum de 14 valeurs journalières (calculées de 10h TU à 10h TU) a donc été produit pour chaque méthode de mesure mise en œuvre.

3.1.1 LE SITE AIRPARIF DE BOBIGNY

La station Airparif où s'est déroulée cette campagne de mesure est une station urbaine de fond, située au nord-est de Paris (figure 1 et photo 1).

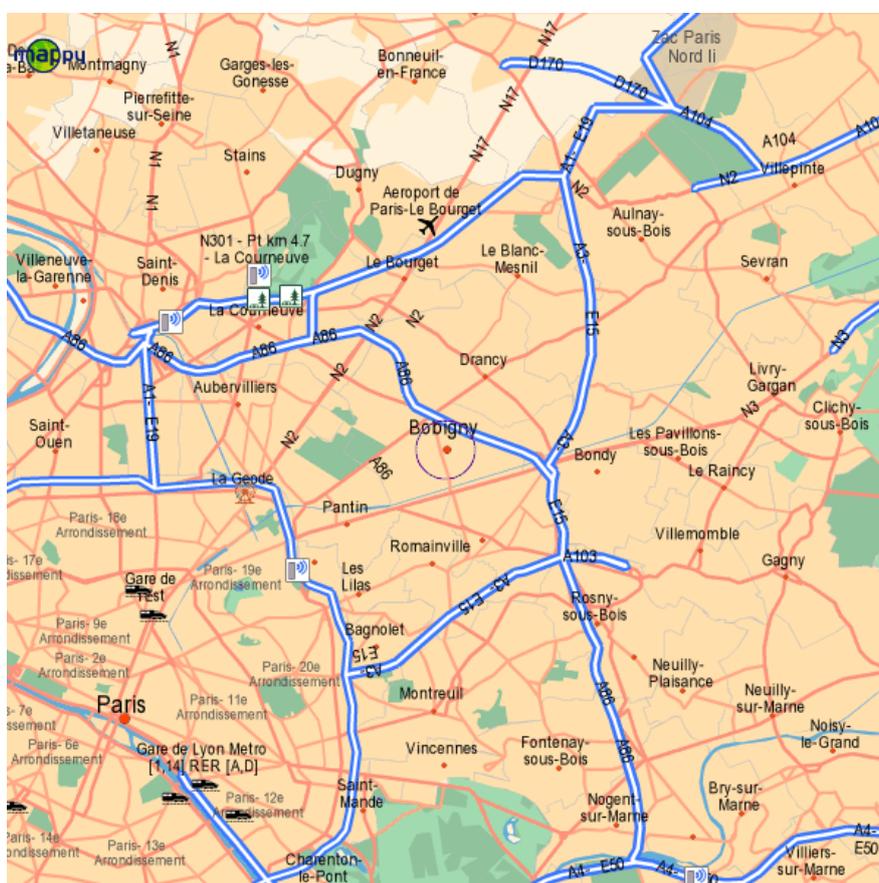


figure 1 : Localisation géographique du site par rapport à l'agglomération parisienne.

Le choix de cette station a été fait en fonction des besoins induits par ce type d'exercice. Le site devait pouvoir accueillir le laboratoire mobile du JRC ainsi qu'un moyen mobile de l'INERIS. De plus, le JRC avait initialement évoqué la nécessité d'effectuer la campagne de mesure à proximité d'une salle de pesée répondant aux critères de la norme EN12341. Le site de Bobigny se situe à

proximité de l'INERIS qui dispose depuis plusieurs années d'une telle salle de pesée, conçue pour les travaux du LCSQA (norme EN 12341).

Par ailleurs, ce même site avait accueilli une campagne d'équivalence TEOM-FDMS³. Il apparaissait donc intéressant de reproduire des mesures avec le JRC dans le même environnement.

3.1.2 DISPOSITIF MIS EN ŒUVRE PAR LES DIFFERENTS INTERVENANTS

L'ensemble des techniques de mesures mises en œuvre et dont les résultats sont discutés dans ce rapport sont répertoriées dans le tableau 1.

AIRPARIF a fourni des mesures de PM₁₀ et de PM_{2.5} par TEOM-FDMS installés dans la station de BOBIGNY climatisée à 20°C. Ces données correspondent aux mesures opérationnelles réalisées dans le cadre de la surveillance de l'AASQA.

Le TEOM-FDMS et les deux préleveurs séquentiels utilisés par le JRC pour la mesure des PM₁₀ étaient placés dans un moyen mobile, climatisé à 20°C. Le préleveur séquentiel utilisé par le JRC pour la mesure des PM_{2.5} était placé à l'extérieur, sur le toit de la station Airparif. Notons qu'aucun résultat de mesure avec le TEOM-FDMS du JRC n'a été validé, suite à une panne de l'analyseur (détérioration de la fixation de l'élément Peltier pendant le transport).

tableau 1 : Techniques mis en œuvre

Intervenant	Nomenclature	Polluant mesuré	Technique
JRC	JRC_PM10_Gravi_1	PM10	Préleveur séquentiel type Leckel – filtre Téflon 47mm – 2,3 m ³ /h
	JRC_PM10_Gravi_2	PM10	Préleveur séquentiel type Leckel – filtre Téflon 47mm – 2,3 m ³ /h
	JRC_PM10_FDMS	PM10	TEOM-FDMS
	JRC_PM2,5_Gravi	PM2.5	Préleveur séquentiel type Leckel – filtre Téflon 47mm – 2,3 m ³ /h
AIRPARIF	AIRPARIF_PM10_FDMS	PM10	TEOM-FDMS
	AIRPARIF_PM2,5_FDMS	PM2.5	TEOM-FDMS
LCSQA	LCSQA_PM10_Gravi	PM10	Préleveur séquentiel type Partisol Plus – filtre Téflon 47mm – 1m ³ /h
	LCSQA_PM10_FDMS_1	PM10	TEOM-FDMS 1
	LCSQA_PM10_FDMS_2	PM10	TEOM-FDMS 2
	LCSQA_PM10_BêtaRST	PM10	Jauge Bêta RST

³ Rapport LCSQA 2005 , O. Le Bihan et H. Marfaing, Procédure d'équivalence : TEOM/FDMS PM10 et PM2,5 Campagne de Bobigny.

Téléchargeable sur <http://www.lcsqa.org/thematique/metrologie/utilisation-du-teom-fdms-pour-la-surveillance-des-particules>

Les deux TEOM-FDMS et le préleveur séquentiel utilisés par le LCSQA pour la mesure des PM_{10} étaient placés dans le moyen mobile de l'INERIS, climatisé à 20°C. La jauge Bêta RST utilisée pour la mesure des PM_{10} était placée à l'extérieur, sur le toit de la station Airparif.

Le LCSQA a mis en œuvre des mesures de PM_{10} selon la norme EN12341 en utilisant un préleveur séquentiel de type "Partisol +". Cet appareil peut être considéré comme équivalent à la méthode de référence. En effet, des tests d'équivalence, effectués selon le protocole de la norme EN 12341, ont montré la conformité de cet appareil⁴.

Enfin, l'exercice ne concernait théoriquement que les PM_{10} . Toutefois, le JRC a mis en œuvre une mesure supplémentaire des $PM_{2,5}$ par gravimétrie. Etant donné que les $PM_{2,5}$ sont mesurées sur le site en routine par Airparif, il a été jugé intéressant d'exploiter ce jeu de données.



photo 1 : Site de Bobigny lors de l'intercomparaison

⁴ Test Report on the proof of the equivalence of the Partisol-Plus Model 2025 Air Sampler [...]. P. Mückler - TUV - November 2000 - reference 1.6/205/90

3.2 RESULTATS

3.2.1 SUIVI TEMPOREL DES MESURES DE PM_{10}

14 données journalières ont été validées pour chacun des moyens de mesure mis en œuvre, sauf le TEOM-FDMS du JRC (JRC_PM10_FDMS) pour lequel aucune valeur n'a finalement été validée par le JRC (voir plus haut).

La figure 2 représente l'évolution temporelle de l'ensemble des valeurs journalières validées. On constate a priori une bonne co-évolution des différentes courbes. Les concentrations s'étalent entre 10 et 30 $\mu\text{g.m}^{-3}$, généralement en dessous de 20 $\mu\text{g.m}^{-3}$, ce qui constitue une gamme de concentration relativement faible, à rapprocher des conditions perturbées, voire pluvieuses, lors de la campagne.

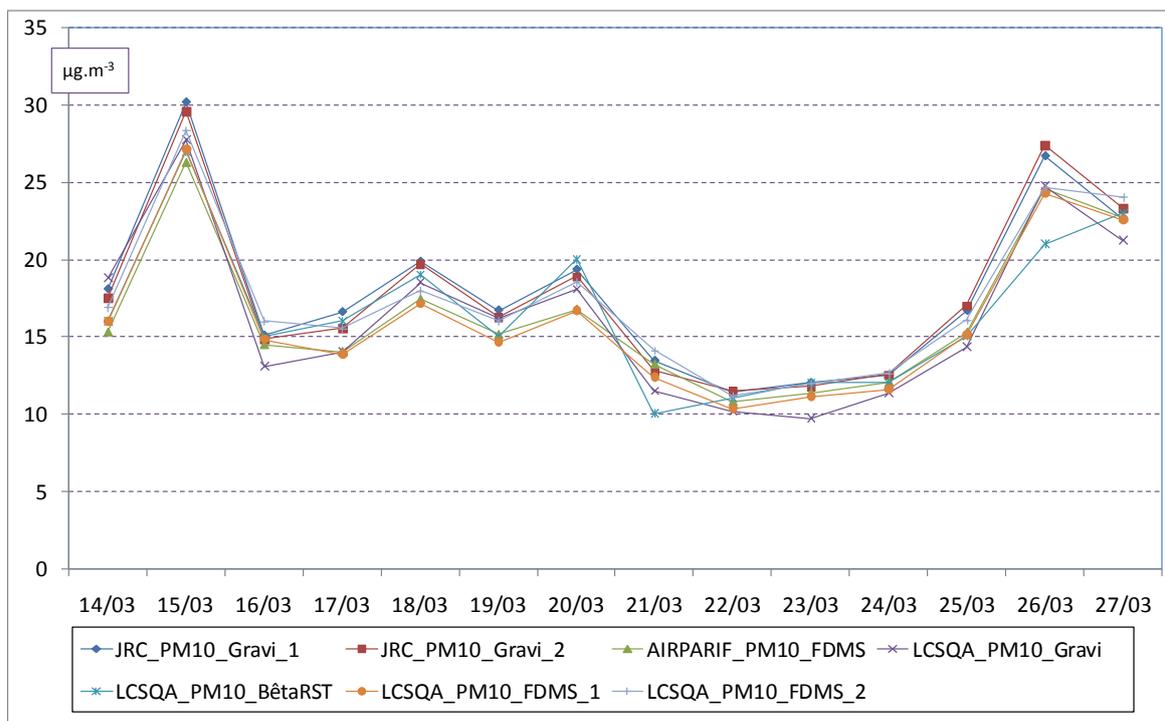


figure 2 : Suivi temporel de l'ensemble des mesures de PM_{10} .

3.2.2 PRESENTATION DES DONNEES PM_{10}

Pour chaque méthode mise en œuvre, les données sont disponibles pour 1 ou 2 appareils. Les résultats (valeurs numérique en annexe V) sont exploités ici selon la même approche que celle qui sera utilisée par le JRC pour le rapport final de cette étude. Dans ce cadre, les mesures par gravimétrie du JRC seront la référence. Les résultats donnés par les différentes méthodes mises en œuvre

seront comparées à la moyenne des mesures gravimétriques de PM₁₀ du JRC (notée JRC_PM10_Gravi_AVG) en appliquant une régression linéaire orthogonale.

3.2.2.1 MESURES DE PM₁₀ PAR GRAVIMETRIE MISE EN ŒUVRE PAR LE JRC

La corrélation entre les deux séries de mesures gravimétriques réalisées par le JRC est présentée sur la figure 3. On notera que ces deux séries sont extrêmement bien corrélées ($R^2 > 0,99$), avec une pente très proche de l'unité et une ordonnée à l'origine d'environ 0,6 en valeur absolue.

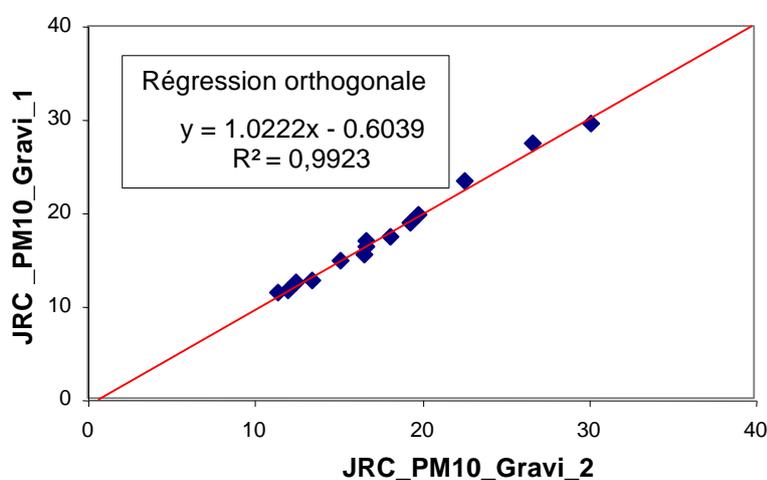


figure 3 : Corrélation entre les deux jeux de mesures gravimétriques de PM₁₀ réalisées par le JRC. La droite de régression orthogonale est affichée. Toutes les concentrations sont en $\mu\text{g.m}^{-3}$

3.2.2.2 COMPARAISON DES MESURES DE PM₁₀ AVEC LA MESURE DE REFERENCE DU JRC

La figure 4 ci-dessous représente, à titre d'exemple, la droite de régression orthogonale entre les résultats de mesures de PM₁₀ par méthodes gravimétriques de l'INERIS et la moyenne des résultats de mesures gravimétriques de PM₁₀ du JRC discutée précédemment. Les graphiques pour la comparaison des autres résultats de mesure avec cette moyenne sont présentés en annexe VI.

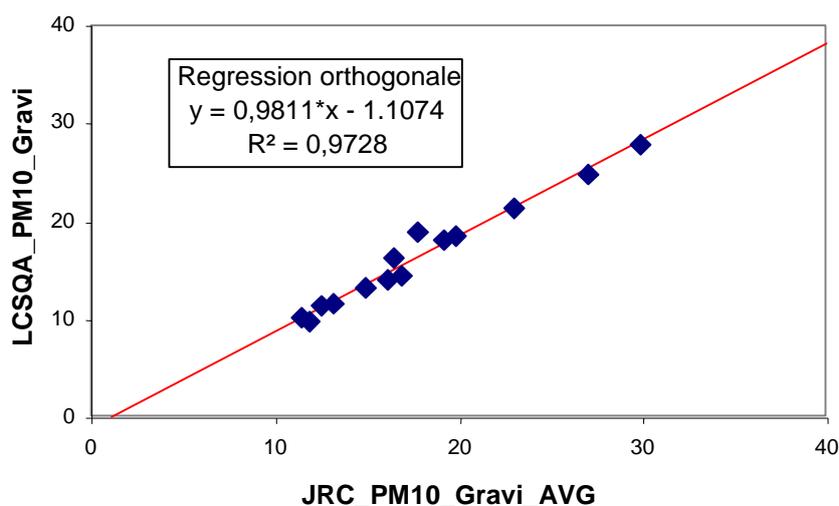


figure 4 : Exemple de régression orthogonale entre les données JRC_PM10_Gravi_AVG et LCSQA_PM10_Gravi. Toutes les concentrations sont en $\mu\text{g.m}^{-3}$

Le tableau 2 ci-dessous synthétise tous les résultats des régressions orthogonales obtenues en comparant la moyenne des données gravimétriques du JRC (en abscisse) avec les résultats des mesures par les autres méthodes mises en œuvre.

tableau 2 : Coefficients des droites de régression orthogonale pour les résultats de mesure de PM_{10} de chacune des méthode par rapport à la moyenne des mesures gravimétriques réalisées par le JRC

Régression orthogonale	N	JRC_PM10_Gravi_AVG		
		a	b	R ²
LCSQA_PM10_Gravi	14	0.98	-1.11	0.973
LCSQA_PM10_FDMS_1	14	0,91	0,03	0,979
LCSQA_PM10_FDMS_2	14	0,90	1,28	0,971
LCSQA_PM10_BêtaRST	14	0,87	0,98	0,899
AIRPARIF_PM10_FDMS	14	0,87	0,86	0,974

Ces statistiques seront utilisées dans le rapport final du JRC pour comparer les performances des différentes méthodes. On notera que la pente pour la méthode gravimétrique mise en œuvre par le LCSQA est très proche de 1, et comprise entre 0.87 et 0.91 pour l'ensemble des autres méthodes. De même, l'ordonnée à l'origine est négative (-1.11) pour la gravimétrie mise en œuvre par le LCSQA, et positive pour l'ensemble des autres méthodes (bien que proche de zéro pour l'un des TEOM-FDMS du LCSQA). Enfin, le coefficient de régression est supérieur à 0.97 pour chacune des méthodes, sauf la Jauge Bêta RST, pour laquelle il s'établit à 0.899.

Par ailleurs, les conditions météorologiques défavorables ont entraîné à la fois des concentrations en PM_{10} relativement faibles, et des humidités relatives élevées. Par expérience, ces conditions sont les moins favorables pour le fonctionnement des analyseurs automatiques.

Bien qu'il n'y ait pas de critère permettant de juger objectivement les résultats, nous considérons donc que les corrélations sont dans l'ensemble très satisfaisantes.

3.2.3 PRESENTATION DES DONNEES $PM_{2,5}$

Les concentrations en $PM_{2,5}$ durant la campagne (voir figure 5) sont comprise entre 7 et 21 $\mu g.m^{-3}$, avec un ratio moyen entre $PM_{2,5}$ et PM_{10} de 0,67 (écart type de 0.08) pour les données mesurées par gravimétrie par le JRC et 0,76 (écart type de 0.09) pour les données mesurées par TEOM-FDMS par Airparif. On observe, sur la figure 6, un coefficient de corrélation de 0.949 entre les deux séries de données de $PM_{2,5}$, avec une pente proche de 1 et une ordonnée à l'origine de 0.7. De la même manière que pour les PM_{10} , nous considérons ces résultats comme très satisfaisants.

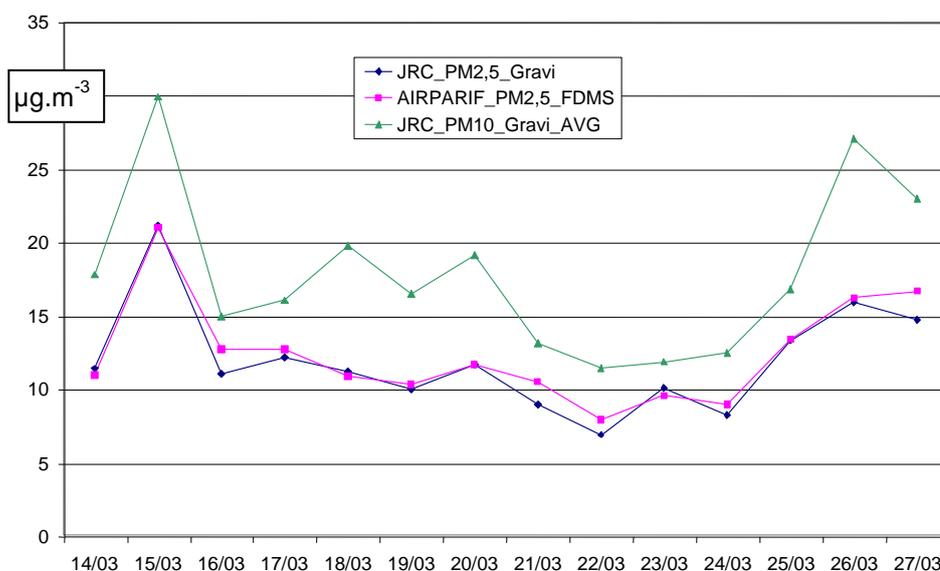


figure 5 : Suivi temporel des mesures $PM_{2,5}$. Un exemple de mesures PM_{10} (Partisol Plus, INERIS) est aussi reproduit. Toutes les concentrations sont en $\mu g.m^{-3}$

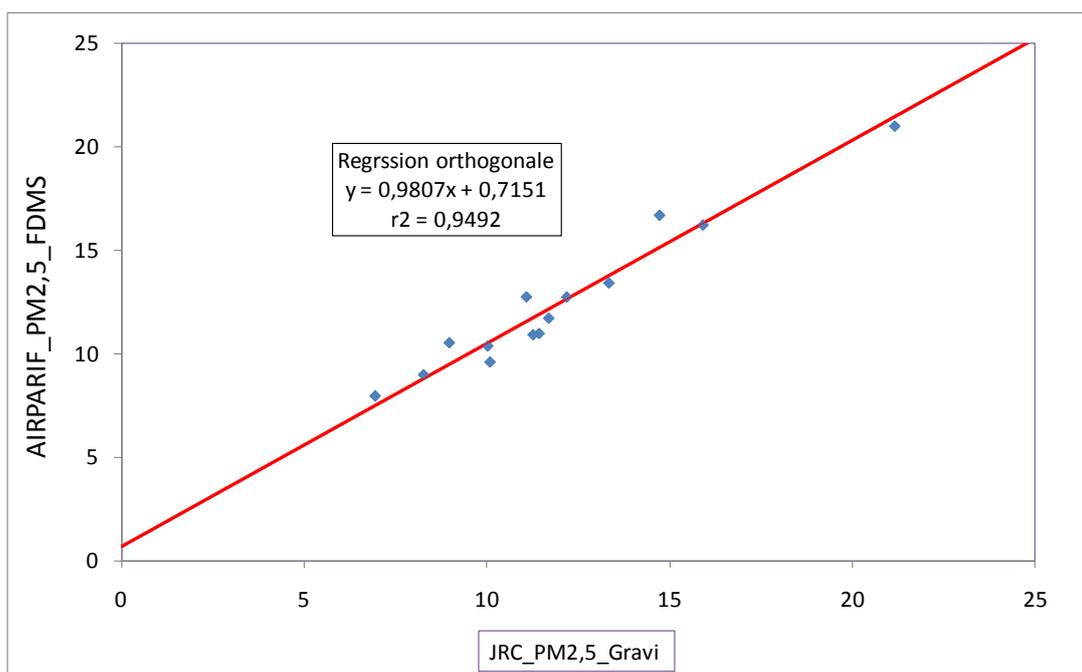


figure 6 : Régression orthogonale entre les mesures de $PM_{2,5}$ réalisées par le JRC et par AIRPARIF. Toutes les concentrations sont en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

3.2.4 CONCLUSION

L'objectif de cet exercice d'intercomparaison est de fournir de nouvelles informations sur la comparabilité des mesures PM_{10} utilisées en Europe pour la mesure réglementaire dans la cadre de directive. Le LCSQA et Airparif ont mis en œuvre l'ensemble des méthodes de mesure de PM_{10} et de $PM_{2,5}$ ayant fait l'objet d'une démonstration d'équivalence par la France, ainsi que la méthode de référence pour la mesure des PM_{10} . Le JRC a mis en œuvre la méthode de référence pour la mesure des PM_{10} et des $PM_{2,5}$. Techniquement, la campagne s'est très bien déroulée, et des jeux de données complets ont été fournis au JRC pour comparaison. Malgré des niveaux de concentrations très bas (en lien avec une météorologie pluvieuse), les corrélations entre les jeux de données produits et la référence gravimétrique du JRC sont jugées très satisfaisantes.

L'objectif est désormais de mettre en valeur ces résultats au niveau européen. Pour cela, il a notamment été proposé au JRC de participer à la rédaction du rapport final de l'étude.

4. CONCLUSION

Un nombre important et croissant de TEOM-FDMS sont installés et fonctionnent sur l'ensemble du territoire depuis le 1^{er} janvier 2007. La connaissance de l'utilisation de ces instruments, basée sur l'expérience, est donc encore en cours de construction, et dans une phase d'évolution rapide depuis 2007.

Ainsi, la partie du programme 2008 portant sur l'assistance au déploiement des TEOM-FDMS et les études du fonctionnement des TEOM-FDMS a pu être efficacement adaptée à l'évolution de notre compréhension du fonctionnement de l'outil.

Une part importante du travail a consisté à collecter les retours d'expériences des AASQA, afin de faire évoluer le document de synthèse sur la caractérisation du fonctionnement du TEOM-FDMS. Les premières versions de ce document étaient centrées sur les difficultés rencontrées avec l'outil, et les solutions à mettre en œuvre pour leur résolution. La dernière mise en ligne est intitulée "Guide pour l'utilisation des TEOM-FDMS". Elle comprend à la fois une partie "guide en cas de panne", mais aussi, et surtout, une première proposition complète de contrôle qualité à mettre en place pour s'assurer du bon fonctionnement de l'outil et de la qualité des données produites.

Ce document a probablement désormais atteint une forme stable. Son amélioration sera désormais principalement liée à la validation des critères d'actions de la partie QA/QC. Il est aussi prévu en 2009 de produire un document commun avec le Royaume-Uni, afin de partager nos expériences de l'utilisation des TEOM-FDMS. Ce document sera mis en valeur dans le cadre d'AQUILA et du groupe de normalisation du CEN travaillant à la création d'une norme pour les mesures automatiques de PM₁₀ et PM_{2.5}.

Par ailleurs, les résultats obtenus par Airparif sur le site d'Auteuil situé en bordure de périphérie de la station posent la question du caractère opérationnel du TEOM-FDMS en site de proximité, notamment pour un pas de temps horaire. Afin de répondre à cette question, Airparif a engagé une campagne de mesure permettant la comparaison de mesures gravimétrique selon la norme de référence et par TEOM-FDMS, s'étalant sur 2008 et 2009. Le rôle du LCSQA en 2008 a été de participer à la validation des mesures gravimétriques réalisées en routine par un autre laboratoire. Les principaux résultats, encore partiels, montrent que le fonctionnement du TEOM-FDMS ne semble pas remis en cause, mais que l'hétérogénéité des concentrations en PM₁₀ et PM_{2.5} sur ce type de site semble très supérieure à celle d'un site de fond urbain. Une exploitation commune Airparif-LCSQA de l'ensemble des résultats de cette étude sera proposée en 2009, et permettra de juger de l'opportunité de travaux supplémentaires.

Un autre point important en 2008 est l'évolution de la gamme commerciale du constructeur des TEOM-FDMS. De nouveaux outils, appelés TEOM 1405f et TEOM 1405df remplaceront bientôt les TEOM-FDMS commercialisés jusqu'à présent. Aucun test fiable en 2008 n'a permis de conclure que la démonstration d'équivalence n'était pas remise en cause du fait de ces nouvelles versions : une note du LCSQA envoyée à l'ensemble des AASQA en cours d'année 2008 recommande de ne pas s'équiper de TEOM 1405df dans l'immédiat, et d'attendre, si possible, avant de s'équiper en TEOM 1405f. Des tests sont prévus en France en 2009, et des résultats d'autres états membres devraient être aussi diffusés en 2009.

Enfin, l'étape française de l'exercice d'intercomparaison des méthodes de mesure des PM_{10} organisée par le JRC s'est déroulée en mars 2008 à la station de Bobigny (Airparif), avec la participation du LCSQA (en tant que Laboratoire national de référence) et d'Airparif (en tant qu'acteur de la surveillance). L'objectif de cet exercice d'intercomparaison est de fournir de nouvelles informations sur la comparabilité des mesures PM_{10} utilisées en Europe pour la mesure réglementaire dans la cadre de directive. Ce n'est donc pas une démonstration d'équivalence, et il n'y a pas de critère établi pour juger de la qualité des résultats. Toutefois, les méthodologies basées sur l'utilisation du TEOM-FDMS et de la Jauge Bêta RST seront au final évaluées par rapport aux autres méthodes mises en œuvre en Europe. Cet exercice est donc l'occasion de valoriser les choix méthodologiques de la France. Les résultats montrent, pour chacune des méthodes utilisées pour la mesure des PM_{10} et des $PM_{2.5}$, de bonnes corrélations avec les mesures de références du JRC. De plus, ces résultats sont obtenus malgré des conditions météorologiques n'ayant pas favorisé de forts niveaux de concentrations en PM_{10} et $PM_{2.5}$. Les résultats peuvent donc être jugés très satisfaisants. L'objectif est désormais de mettre en valeur ces résultats au niveau européen. Pour cela, il a été proposé au JRC de participer à la rédaction du rapport final de l'étude.

5. LISTE DES ANNEXES

Repère	Désignation	Nombre de pages
Annexe I	Fiche descriptive de l'étude	3
Annexe II	Guide pour l'utilisation du TEOM-FDMS – Version 5	25
Annexe III	Présentation Française au meeting AQUILA du 18 et 19 novembre 2008 sur la maîtrise des mesures de PM par TEOM-FDMS	5
Annexe IV	Note sur les nouvelles versions 1405f et 1405df du TEOM-FDMS	6
Annexe V	Résultats numériques de l'exercice QAP-PM10 DU JRC ISPRA	2
Annexe VI	Résultats de l'exercice QAP-PM10 DU JRC ISPRA : Représentation graphique des régressions orthogonales	4

Annexe I

Fiche descriptive de l'étude

THEME 3 : METROLOGIE DES PARTICULES PM₁₀ et PM_{2.5}

Etude n° 14 : Accompagnement au déploiement des modules FDMS

Responsable de l'étude : INERIS

Objectif

L'objectif de cette étude est d'accompagner et de faciliter la mise en œuvre au sein du dispositif français de surveillance de la qualité de l'air, des modules FDMS. En effet, depuis le 1^{er} janvier 2007, ces modules jouent un rôle majeur dans la stratégie de reconnaissance des données françaises, du fait de leur capacité à considérer la fraction volatile particulaire.

Pour ce faire, un ensemble d'actions sont proposées, allant de la poursuite du dossier "équivalence" au test de terrain.

Il est à noter qu'un travail similaire est mené par l'EMD sur les jauges Beta (cf. étude 13).

Contexte et travaux antérieurs

Depuis 1999, les études menées par le LCSQA ont mis en évidence la complexité de la relation entre le TEOM et l'échantillonnage manuel, notamment en raison de phénomènes de volatilisation.

En conséquence, il est apparu difficile d'adopter un facteur correctif pour les données du TEOM par rapport à la méthode de référence.

Dans le même temps, les travaux de caractérisation de l'aérosol ont permis d'appréhender l'influence majeure de l'aérosol secondaire sur les concentrations observées, tout particulièrement lors des épisodes de forte pollution.

Ainsi, les différentes études antérieures ont permis, de valider les solutions suivantes :

- pour le TEOM de Thermo R&P, la technique FDMS ;
- pour la jauge radiométrique MP101M-RST d'Environnement SA, un module dit RST.

La problématique a alors évolué vers :

- la question de la reconnaissance des appareils TEOM-FDMS et MP101M-RST en tant que "méthode équivalente",
- la question de leurs modalités d'intégration au sein du système de surveillance français.

En réponse à ces questions, une procédure d'évaluation de ces techniques en tant que "méthode équivalente" a été menée au niveau national (2005 : campagne de Bobigny ; 2006 : campagne de Marseille), puis européen avec notamment une collaboration avec nos collègues Belges (2006 : Aarschot, Belgique).

Un workshop « équivalence » a réuni en mai 2007 l'ensemble des acteurs européens, et a permis de montrer la convergence des résultats tant au niveau du FDMS PM10 et PM2,5 qu'au niveau de la jauge Beat RST MP101.

Les réflexions et divers travaux ont permis d'élaborer une stratégie nationale d'intégration et de déploiement des modules complémentaires, tout en répondant à un impératif de mise en œuvre à partir du 1^{er} janvier 2007. L'ensemble du dispositif (AASQA, MEDD, ADEME, LCSQA, CS Particules) a été mobilisé tout au long de l'année 2006 pour relever ce défi.

L'année 2007 a également connu une activité soutenue (pas moins de 5 CS particules), le lancement du nouveau dispositif national nécessitant de très nombreuses actions d'accompagnement.

Il est à noter que la collaboration au sein du CS particules a été particulièrement fructueuse : les apports et les actions concertées ont été très nombreux.

Travaux proposés pour 2008

Etude du fonctionnement du FDMS / paramétrages :

La mise en œuvre de ce module à l'échelle nationale, a permis de disposer d'un large retour d'expérience, et de recenser des questions importantes parmi lesquelles :

- le réglage du piège froid du FDMS (4°C ou 10°C) : poursuite de la collaboration avec AIRMARAIX, et tout particulièrement retour d'expérience des mesures effectuées en 2007.
- le cycle de l'humidité relative de l'air au sein du TEOM-FDMS : essais à l'INERIS pour mettre au point l'insertion de capteurs ; puis partenariats avec des AASQA.
- le comportement du FDMS en site de proximité : les résultats obtenus sur le site « périphérique » de la station d'Auteuil posent la question, à ce jour, du caractère opérationnel du FDMS en site de proximité, notamment pour un pas de temps horaire. Il est proposé ici d'analyser en profondeur les données, et de produire des données de comparaison par rapport à la méthode gravimétrique (référence).

Assistance au déploiement et au fonctionnement

Besoins émergents

Les exercices 2006 et 2007 ont montré l'intérêt de disposer d'un volant de manœuvre afin de pouvoir prendre en compte en cours d'année, des besoins émergents notamment au niveau du CS « particules ».

L'équipe du LCSQA/INERIS s'attachera notamment, comme ce fut le cas en 2006 et 2007, à suivre le bon fonctionnement des stations de référence : les AASQA qui rencontreront des difficultés de mise en œuvre, pourront, en particulier, contacter l'INERIS pour les FDMS, en compléments des actions relevant des fournisseurs.

Assurance Qualité

Il s'agit de poursuivre en 2008, trois actions initiées en 2007 dans le cadre de l'assistance au déploiement :

- poursuite du recensement des pannes et de leur analyse ; actualisation du Guide produit en 2007
- poursuite du travail amorcé en 2007 sur l'élaboration de cartes de contrôle et de protocoles de test
- soutien à l'interprétation et à la validation des données

Gestion des FDMS en prêt

Evolution du TEOM

Le constructeur de la microbalance devrait mettre assez rapidement sur le marché de nouvelles versions du TEOM. Il est proposé, en partenariat avec ECOMESURE, de suivre ces évolutions.

Fraction volatile en panache industriel

Un certain nombre de campagnes « test » ont été menées en 2006 et 2007 en collaboration avec différentes AASQA (AIRCOM, AIRNORMAND, AIRPARIF), campagnes visant à évaluer et à conforter la pertinence des stations de références (homogénéité, représentativité, etc.).

Les résultats ont été exploités au fil de l'eau lors des différents CS « particules ». C'est ainsi qu'a été mise en évidence la nécessité de poursuivre une action sous influence industrielle, en collaboration avec AIRFOBEP, dans la zone Fos-Berre.

Démarche d'équivalence

Le colloque de restitution "équivalence" de mai 2007 a permis de confirmer la conformité du FDMS PM10 et PM2,5 aux exigences du protocole 'équivalence ». Toutefois, la commission européenne tarde à reconnaître officiellement la qualité de ces données. Il s'agira donc d'être vigilant, et de suivre l'actualité de ce dossier.

Réalisation de l'exercice QAP-PM10 du JRC Ispra (Intercomparaison "méthodes de référence nationales" / méthode de référence européenne dans les différents Etats Membres)

Le JRC a reporté sa venue au niveau français, du seconde semestre 2007 au premier semestre 2008. Si la majeure partie du travail préparatoire a été assurée en 2007, reste désormais à mener cette campagne.

Annexe II

Guide pour l'utilisation du TEOM-FDMS

Guide pour l'utilisation du TEOM-FDMS

Version 5.0 – Décembre 2008

Document Non Finalisé

Contacts LCSQA :

Aurélien Ustache
aurelien.ustache@ineris.fr

03 44 55 66 12

Gilles Aymoz
gilles.aymoz@ineris.fr

03 44 55 65 09

SOMMAIRE

INTRODUCTION	41
GUIDE EN CAS DE PANNE	43
Fiche 1.1 : Etanchéité du système	46
Fiche 1.2 : Etanchéité (mo airparif)	48
Fiche 1.3 : Fuite au niveau de la vanne	49
Fiche 2 : Défaillance de la pompe	50
Fiche 3 : Défaillance du séchage	52
Fiche 4 : Défaillance de la microbalance	53
Fiche 5 : Permutation de la vanne	55
Fiche 6 : Défaillance du peltier.....	56
Fiche 7 : Défaillance de la climatisation de la station.....	57
Fiche 8 : Connexion utilisées par airparif	58
Fiche 9 : Changement du filtre de purge.....	60
CONTROLE QUALITE A RECEPTION ET EN ROUTINE.....	61

INTRODUCTION

Le présent guide a pour objet de fournir une aide aux utilisateurs des TEOM-FDMS dans les AASQA. Il a été construit à partir des expériences de chacun (AASQA, LCSQA), notamment au cours des journées d'échange sur les TEOM-FDMS en cours, et au cours desquelles l'ensemble des AASQA aura été consulté. Ce document est par définition évolutif, et toutes remarques, contributions, critiques... sont les bienvenues, et doivent être adressées directement au LCSQA (Aurélien Ustache, aurelien.ustache@inseris.fr, ou Gilles Aymoz gilles.aymoz@ineris.fr).

Concernant les TEOM-FDMS, nous observons, depuis 2007, une nette évolution dans notre connaissance technique du fonctionnement de l'outil, des précautions à prendre pour s'assurer de son bon fonctionnement, et des solutions à apporter en cas de problème. Le Tableau 3, présenté page 44, synthétise en grande partie l'état de cette connaissance.

En particulier, une partie importante des premiers problèmes observés, qui sont notamment les fuites et les performances de la microbalance, sont désormais bien identifiés, et les solutions trouvées par chacun sont regroupées dans ce guide.

La problématique est désormais en partie orientée vers

- le contrôle de l'efficacité du sécheur, identifié comme un point névralgique du système. L'obtention d'une dépression suffisante sur le flux principal du TEOM-FDMS et le contrôle en routine de l'efficacité de séchage (caractérisée par le point de rosée échantillon) sont les points cruciaux. Des essais complémentaires en laboratoires sur ce sujet sont aussi proposés dans le cadre des travaux du LCSQA pour l'année 2009. Un objectif est que les résultats obtenus alimentent ce document.
- le développement de l'expertise sur les variations des mesures "Base" et "Ref". Leur rapatriement, et leur examens (en parallèle du suivi du point de rosée échantillon) pourrait constituer des éléments précieux tant pour l'étape de validation des données (et donc la détection d'éventuels dysfonctionnements du TEOM-FDMS) que pour définir des critères pour des actions de prévention.

La principale nouveauté de ce document est la proposition d'un suivi QC/QA (page 19), regroupant l'ensemble des opérations à mettre en œuvre pour le suivi du fonctionnement du TEOM-FDMS. Ce premier jet contient nombre d'informations, soit d'opérations déjà mises en œuvre dans le cadre du contrôle QC/QA des TEOM, soit à mettre en œuvre, soit de critères à valider ou à modifier, ou encore à ajouter. Des procédures pouvant alimenter ce document sont aussi les bienvenues. Le respect de ce tableau implique deux actions majeures déjà réalisées ou non, selon les AASQA :

- l'acquisition en continue et l'exploitation des données Mconc, Mbase, Mref et du point de rosée échantillon,
- la création de carte de contrôle permettant de suivre, pour chaque appareil, l'évolution dans le temps des valeurs minimales et moyennes de Mref, des températures de point de rosée échantillon, ambiant et de leur différence, et de la dépression.

Une première critique de ce nouveau document sera réalisée lors des journées d'échange sur les TEOM-FDMS prévues en début d'année 2009. Le document sera alors revu en conséquence pour la partie QC/QA en routine. De plus, les remarques sur la partie "Guide en cas de panne" évoquées à cette occasion, ainsi que lors des deux journées précédentes (à l'ASPA et Atmo Rhône-Alpes) seront intégrées.

Nous vous recommandons fortement de mettre en œuvre a minima les propositions signalées en gras et en rouge du tableau de contrôle qualité en routine.

GUIDE EN CAS DE PANNE

L'objectif est ici d'identifier, dans chaque cas de panne connu, le ou les symptômes du problème, et notamment les paramètres permettant de le mettre en évidence (et donc aussi de vérifier le bon fonctionnement du TEOM-FDMS), dans chaque cas, une procédure de localisation plus précise du problème si besoin et/ou si possible une démarche à suivre pour la remise en état.

Les données potentiellement intéressantes sont alors :

Concernant la mesure

- la "Base Mass Conc" (code PRC 102) : moyenne horaire glissante rafraîchie toutes les 6 minutes des mesures en mode "Base" (ce qui fait en fait une moyenne des 5 dernières mesures)
- la "Réf Mass Conc" (code PRC 104) : moyenne horaire glissante rafraîchie toutes les 6 minutes des mesures en mode "Référence" (ce qui fait en fait une moyenne des 5 dernières mesures)
- la "Mass Conc" (code PRC 8) : moyenne horaire glissante rafraîchie toutes les 6 minutes (des 10 dernières mesures, 5 "Base" et 5 "Référence", que la dernière mesure soit une base ou une réf)

Concernant le fonctionnement de la microbalance

La fréquence de la microbalance (code PRC 012) et le bruit (code PRC 013)

Concernant la circulation du flux d'air

- La température ambiante (code PRC 123)
- L'humidité relative ambiante (code PRC 100)
- La température en entrée de sécheur (code PRC 112)
- L'humidité relative en entrée de sécheur (code PRC 113)
- **Le point de rosée ambiant (code PRC 114)**
- La température en sortie de sécheur (code PRC 110)
- L'humidité relative en sortie de sécheur (code PRC 111)
- **Le point de rosée échantillon (code PRC 99)**

A ajouter : MO pour rapatriement des données à distance (Base, Ref, Dew points amont aval).

Ces 8 paramètres sont souvent redondants, et il est probable que seuls les points de rosée "entrée de sécheur" et "échantillon" (qui est en réalité une mesure de température et humidité réalisée physiquement entre la sortie du sécheur et avant la vanne) ont une véritable utilité.

Finalement, tous ces paramètres ne peuvent pas être récupérés et analysés simultanément. Un objectif de ce document est de trier les paramètres à suivre :

- en continu,
- lors de maintenances,
- en cas de doute ou d'erreur,
- pour localiser précisément un problème

Il est important, pour chaque problème recensé dans la suite de ce document, de bien décrire quel(s) paramètre(s) a (ont) permis de détecter et/ou préciser le problème observé.

Afin d'orienter la recherche d'une défaillance quelconque du TEOM-FDMS, le tableau ci-dessous propose de cibler cette recherche à partir de deux paramètres clés vérifiables relativement facilement :

- La température du point de rosée en aval du sécheur
- La dépression lue lors du test de fuite

Le croisement de ces deux informations dirige vers la ou les fiches permettant de résoudre le problème.

		dP ²	
		> -20 inHg	< -20 inHg
T _{DP}	> T _c ¹	<ul style="list-style-type: none"> - Fiche 1.1 : Etanchéité du système - Fiche 2 : Défaillance de la pompe - Fiche 1.3 : Fuite au niveau de la vanne 	<ul style="list-style-type: none"> - Fiche 3 : Défaillance du séch
	< T _c ¹	<ul style="list-style-type: none"> - Fiche 1.1 : Etanchéité du système 	<ul style="list-style-type: none"> - Fiche 4 : Défaillance de la microbalance - - Fiche 5 : Permutation de la vanne - Fiche 6 : Défaillance du peltier - - Fiche 7 : Défaillance de la climatisation de la station

Tableau 3 : Recensement des erreurs connues en fonction de la dépression dans le flux d'air et de la température de point de rosée échantillon.

1 : T_c est une température critique en dessus de laquelle une action de prévention doit être envisagée. Cette température semble être de l'ordre de 0°C, mais il semble que le

climat local peut conduire à être plus ou moins exigeant. Il est donc conseillé que chaque AASQA développe sa propre expertise sur ce sujet.

² : La valeur de -20inHg est également proposée à titre indicatif pour les mêmes raisons que la température critique.

ATTENTION : L'expérience montre que tous les FDMS ne fonctionnent pas avec tous les TEOM, il y a des couples préférentiels.

Il est donc préférable d'identifier les couples TEOM/FDMS fonctionnant de manière satisfaisante afin de privilégier leur utilisation dans cette configuration.

FICHE 1.1 : ETANCHEITE DU SYSTEME

MICRO FUITES

Symptômes : Suspicion de dérive de la « base », et/ou condensation sur le filtre 4°C. La procédure de raccordement de débit ne permet pas de détecter ce type de fuite.

Remèdes : A voir selon le cas, avec le constructeur. Une action de prévention efficace est de remplacer les connections à réception du matériel.

Proposition de procédure pour le test de fuite :

Cette proposition a été faite par Ecomesure. Le mode opératoire utilisé par AIRPARIF est proposé dans la fiche 1.2.

Matériel : vannes à boisseau sphérique PN25 présentant un passage de 3/8" (10mm). Ces vannes sont facilement disponibles en magasins spécialisés ou grande surface et sont utilisées comme vanne d'arrêt pour l'eau ou le gaz.

- installer une vanne d'isolation à l'entrée de la pompe à vide. La vanne peut être installée en permanence ou bien uniquement lors du test de fuite. Le manomètre doit être situé entre la vanne et le TEOM-FDMS.

- fermer l'adaptateur de débit installé sur le flow splitter, et attendre environ 1 minute que le système soit sous vide. Le manomètre du TEOM-FDMS doit descendre aux alentours de -28 inHg (environ -0,95 bar).

- Si l'indication du manomètre est aux alentours de -28 inHG

Fermer la vanne et observer l'aiguille du manomètre. Attendre 1mn : l'aiguille ne doit pas remonter de façon significative si le système est étanche.

- Si l'indication du manomètre est nettement au-dessus de -28 inHG

Fermer la vanne et observer l'aiguille du manomètre. Si elle ne remonte pas de façon significative, le système est étanche mais la pompe est faible et devra être reconditionnée.

Remarque : le test de fuite doit être réalisé dans les deux positions de la vanne. Il est conseillé de ne pas faire basculer la vanne sous vide pendant le test de fuite.

Si l'indication de vide remonte, procéder à une détection de fuite, puis recommencer le test.

JOINT DE LA TRAPPE D'ACCES AU FILTRE 4 ° C

Symptômes : Condensation sur le filtre 4°C. Le joint peut être fendu, et cela ne se voit qu'en le démontant.

Remèdes : Changement du joint.

FICHE 1.2 : ETANCHEITE (MO AIRPARIF)

Pour s'assurer de l'absence de fuite, il faut réaliser un test de fuite sur la voie REF et sur la voie Base afin de valider l'étanchéité du circuit dans les deux positions de la vanne à translation du module FDMS.

Description du test de fuite :

- Mettre l'analyseur en mode stop et choisir une voie (taper 14 ENTER puis F8 pour sélectionner la voie)
- Fermer le bouchon d'étanchéité et attendre que les débits soient stables à l'affichage.
- Si les débits à l'affichage sont dans les seuils, fermer la vanne d'arrêt qui se trouve après la pompe
- Le circuit fluide se trouvant alors en dépression, sa lecture sur le manomètre ne doit pas varier de plus de 1 In.HG (soit environ 34 Hpa) en 30 secondes.
- Si le test est concluant, il faut ouvrir très lentement le bouchon d'étanchéité, changer de voie en appuyant sur F8 et refaire le test d'étanchéité.

Lors de la remise en place du filtre, vérifier que le joint d'étanchéité soit bien positionné à plat.

Revisser le porte-filtre assez fort pour éviter les fuites.

Vérifier la présence de tous les joints (notamment joint entre tube chauffé et μ balance)

FICHE 1.3 : FUITE AU NIVEAU DE LA VANNE

Symptôme : La mesure est négative et le test de fuite (sur les 2 cycles) est à première vue satisfaisant. (par exemple, une base à $2\mu\text{g}/\text{m}^3$, une référence à $12\mu\text{g}/\text{m}^3$, d'où une mesure à $-10\mu\text{g}/\text{m}^3$)

La mesure du débit met en évidence la fuite

- débit durant le cycle de base : 3.2 l/min
- débit durant le cycle de référence : variations de 0.9 à 1.5l/min

La fuite peut également être détectée par la différence de température du point de rosée selon le cycle (base ou ref)

Remède : Les 4 vis de serrage de la vanne ne sont parfois pas suffisamment serrées, mais, lors des tests de fuites, la dépression créée entraîne un « plaquage » des deux parties et ainsi ne permettent pas de détecter de fuite.

⇒ Serrer les 4 vis.

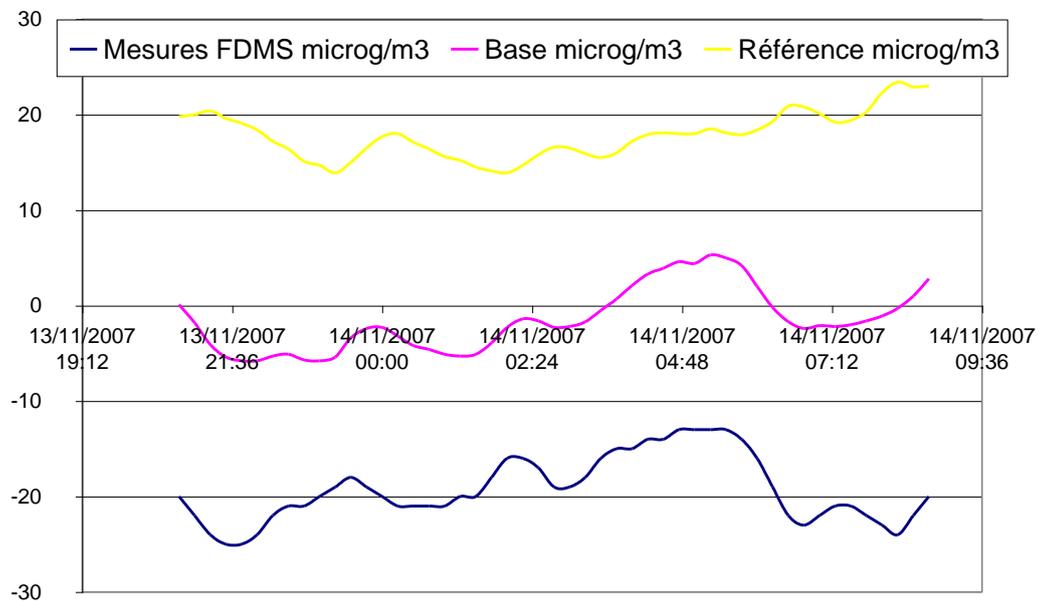


Figure 7 : Exemple de défaillance de la mesure suite à une fuite au niveau de la vanne (Données Atmo Poitou-Charente)

FICHE 2 : DEFAILLANCE DE LA POMPE

Si la pression ne descend pas au moins à -25 inHg lors du test de fuite (fiche 1.1), ou si la dépression n'est pas inférieure à -20 inHg en fonctionnement normal.

3 possibilités pour améliorer le pompage :

1/ Deux pompes : une par circuit (option proposée par Ecomesure et testées par Madinair)

Les premiers retours montrent de bons résultats pour ce montage, avec une dépression passant de -19 inHg (avec une seule pompe) à -27 inHg (avec ce montage).

Pas de retour pour l'instant sur l'impact sur le vieillissement des membranes des pompes.

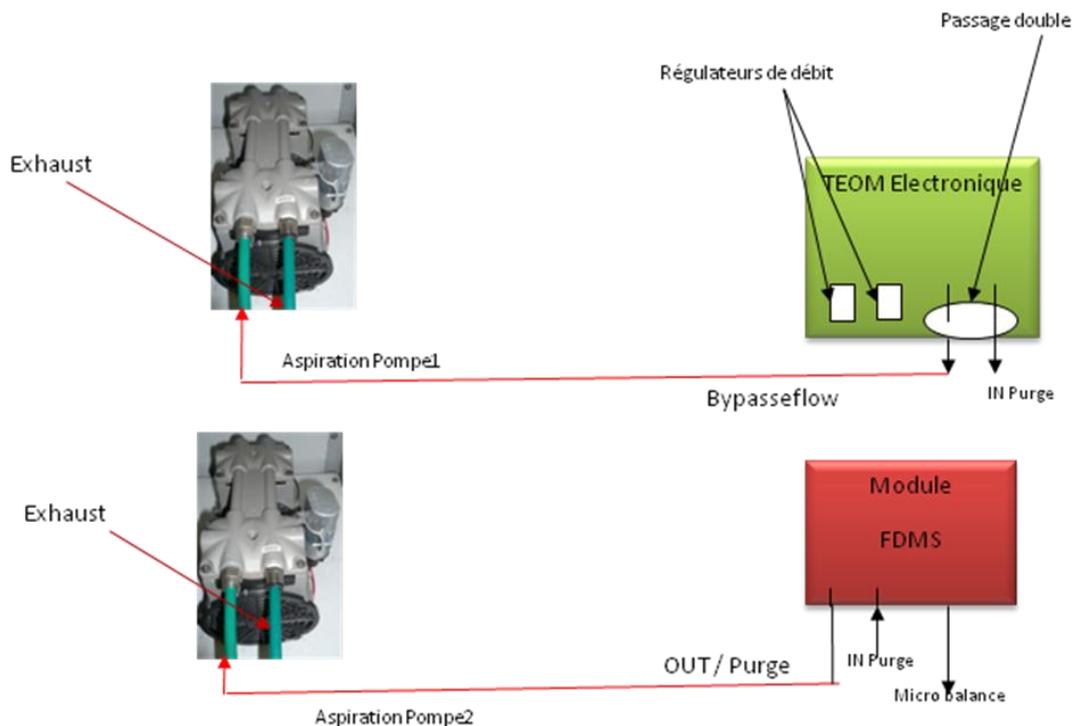


Figure 8 : Schéma du montage de deux pompes (une par circuit) testé par Madinair

2/ Une pompe de plus grande capacité

Pompe THOMAS 2680 CGHI42 (225 €) / En attente de retour sur l'efficacité de cette solution et le vieillissement des pompes.

3/ Deux pompes en parallèle (travaux de Madinair)

Cette solution, testée initialement par Madinair, a donné des résultats moins intéressants que de mettre une pompe par circuit (voir précédemment).

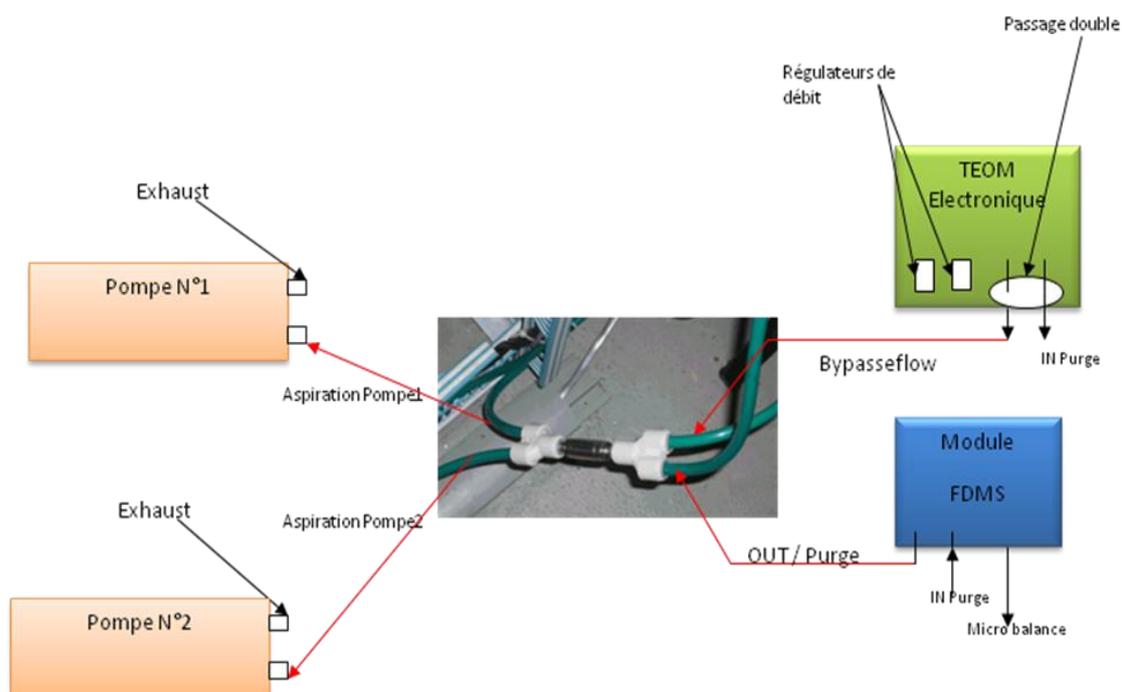


Figure 9 : Branchement de deux pompes en parallèle sur un TEOM-FDMS

FICHE 3 : DEFAILLANCE DU SECHAGE

Symptômes :

- Mesures incohérentes et/ou condensation sur le filtre 4°C et/ou traces d'humidité au niveau du filtre de collection de la micro-balance (dépôt de poussières devenant grisâtre et apparition du dessin du porte-filtre)
- Valeurs minimale de Mref ne s'approchant plus à zéro et dérivant
- Valeurs moyennes de Mref montrant une dérive dans le temps
- Point de rosée échantillon trop élevé (doit être au moins < 0°C)
- Différence entre point de rosée échantillon et ambiant trop faible (voir Figure 10 pour quelques exemples. Expertise à développer, mais doit permettre d'atteindre des points de rosée négatifs)

Critère d'efficacité du sécheur :

Une recommandation pourrait être que le point de rosée échantillon T_{DP} soit inférieur à une température critique de l'ordre de 0°C.

Remèdes :

Le manque d'efficacité du sécheur peut provenir :

- d'une dépression trop faible dans le circuit (défaillance de la pompe, voir fiche 2 ou problème de fuite, voir fiches 1.1, 1.2, 1.3),
- d'une perte d'efficacité de la membrane Nafion (régénération ou changement du sécheur, voir avec le constructeur).

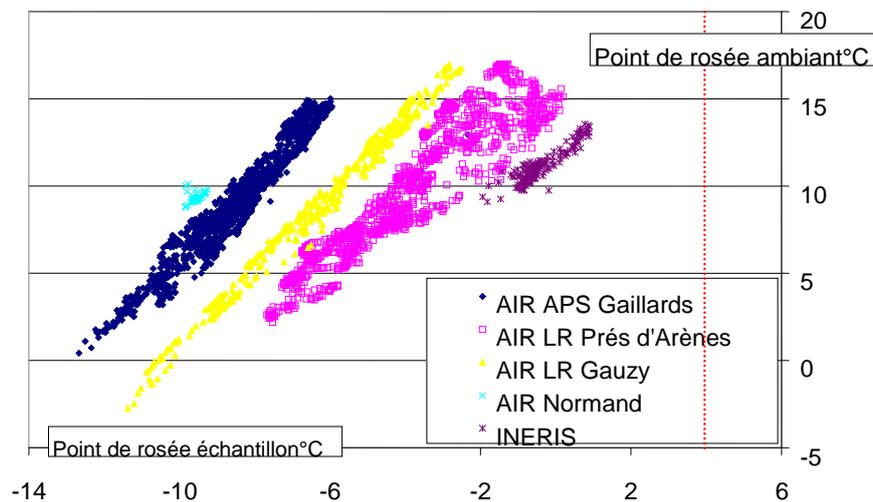


Figure 10 : Exemples de relation sur plusieurs FDMS entre les points de rosée en entrée et sortie de membrane.

FICHE 4 : DEFAILLANCE DE LA MICROBALANCE

Le basculement de la vanne entre le flux « Ref » et le flux « Base » provoque un bref régime transitoire induisant des perturbations sur la mesure de la fréquence de la microbalance. La mesure de l'évolution de la masse accumulée sur la microbalance nécessite que la durée de ce régime transitoire soit faible devant le temps de mesure d'accumulation ou de volatilisation de matière sur la microbalance.

Une conséquence est qu'une microbalance donnant des résultats acceptables en mode TEOM 50°C ne sera pas forcément suffisamment stable pour fonctionner en mode TEOM-FDMS.

Les deux graphiques de la Figure 11 illustrent les deux cas.

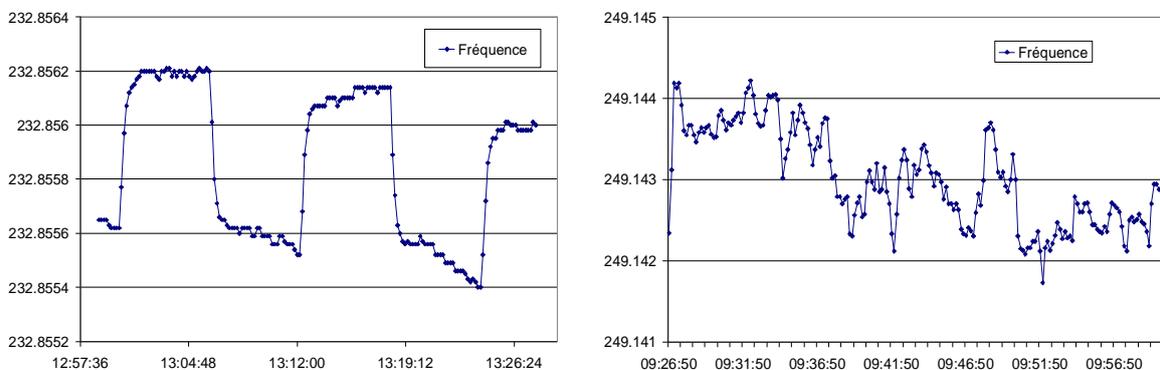


Figure 11: exemple de fréquence satisfaisante (à gauche) et montrant une défaillance (à droite)

Symptômes 1: Valeur de référence aléatoire ou écart TEOM 50°C – TEOM-FDMS très faible à négatif ou instable. On observe une fréquence aléatoire, et/ou un bruit trop élevé. Ce problème a principalement été observé lors de l'installation d'un FDMS sur une microbalance déjà "âgée". Il est donc possible que ce type de problème apparaisse avec le vieillissement des microbalances. Il est proposé de développer un utilitaire de vérification de ce type de Pb. Voir ci-dessous.

Remède 1: Changer la microbalance.

Symptômes 2: mesures « hachées » (en attente de graph pour exemple d'Alexandre Laurent - IRAQ)

Remède 2: protéger le module TEOM contre les vibrations provenant principalement de la pompe, la propagation à travers les tuyaux (dans ce cas, fixer les tuyaux), ou la tête PM10 à travers le raccord rigide (dans ce cas, mettre en place un raccord souple)

Travaux en cours ou proposés : développement d'une procédure permettant à distance et en routine de vérifier à intervalles réguliers ce cycle lors de la validation des données.

Symptôme 3 : Bruit important

Remède 3 : Vérifier le bon positionnement du capteur de fréquence qui peut parfois se décoller

FICHE 5 : PERMUTATION DE LA VANNE

La vanne du TEOM-FDMS ne permute plus, et la mesure se fait en continu sur le mode « Base » ou « Ref ». (Voir Figure 12 ci-dessous)

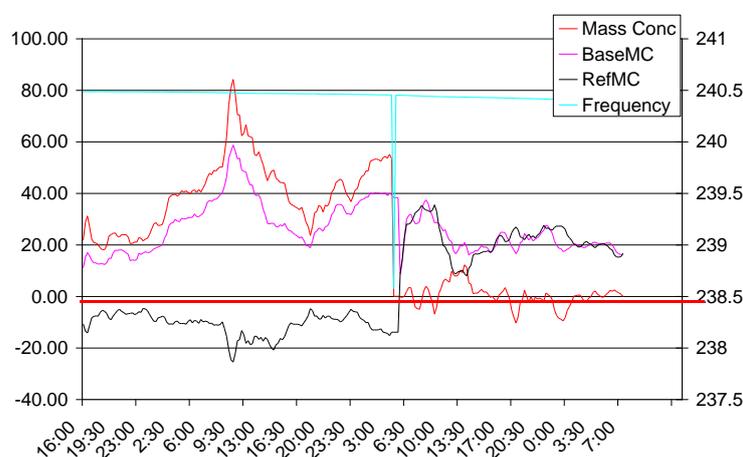


Figure 12 : Exemple de dysfonctionnement de la vanne

Symptômes : Sur la Figure 12 un incident se produit vers 6h du matin. Mesure de PM proche de zéro, la base et la ref sont très corrélées (et donc leur différence proche de zéro), la vanne est facilement mise en cause. Plusieurs solutions, du simple fusible (lequel...) au composant abîmé sur une carte électronique du TEOM-FDMS (le cas ici), au problème de logiciel à réinstaller.

Remèdes : La première chose est de redémarrer l'outil : une petite coupure électrique peut-être à l'origine du pb. Ensuite, on peut tester le fait que la vanne peut commuter mécaniquement (en data stop, mode 14, on peut forcer le basculement de la vanne en appuyant sur F8). La permutation peut être contrôlée visuellement. Si la vanne ne permute pas, le fusible est peut-être défectueux. Sinon, à voir avec le constructeur.

FICHE 6 : DEFAILLANCE DU PELTIER

La sonde de température peut se détacher, généralement suite à un transport.

Symptôme : Absence de régulation de la température du Peltier. Il régule par conséquent au minimum, c'est à dire à -20°C . Du givre se forme lors du changement du filtre de purge.

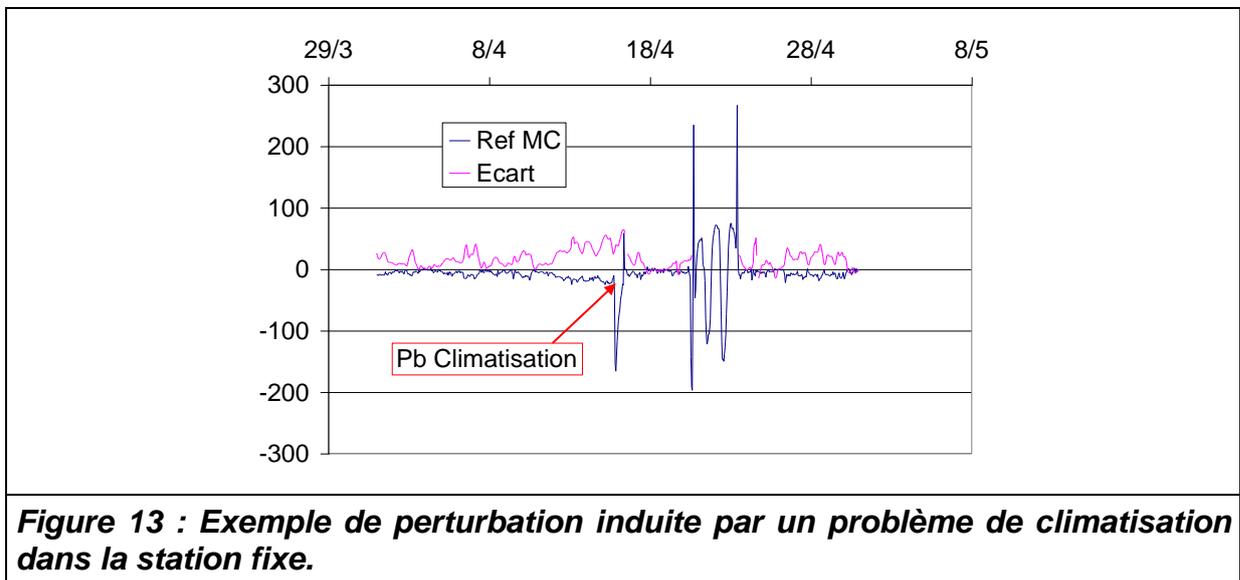
Remèdes : A voir avec le constructeur

FICHE 7 : DEFAILLANCE DE LA CLIMATISATION DE LA STATION

Symptôme : Comme illustré sur la Figure 13, la mesure de masse devient incohérente, la mesure de référence "décroche". On observe de la condensation sur le filtre de purge. Par expérience, il semble difficile de faire fonctionner un TEOM-FDMS à une température trop élevée.

Ceci est possiblement lié à un sous-dimensionnement du Peltier pour des températures élevées : il aurait beaucoup de difficulté à réguler la température au dessus d'un certain seuil (28°C ?). De la condensation peut alors apparaître, et :

- l'air arrivant sur la microbalance peut être trop humide (problème classique du TEOM 50°C, ceci engendre des variations de masses dues à l'accumulation d'eau, puis à son évaporation);
- l'air du flux de purge n'est plus assez sec et le gradient d'humidité est inexistant ou trop faible dans le sécheur entre les deux flux. La régulation de l'humidité, basée sur un transfert d'eau entre le flux échantillonné et le flux de purge moins humide, n'est alors plus possible.



Existe-t-il une température critique de la station ? 22°C conseillé ?

FICHE 8 : CONNEXION UTILISEES PAR AIRPARIF

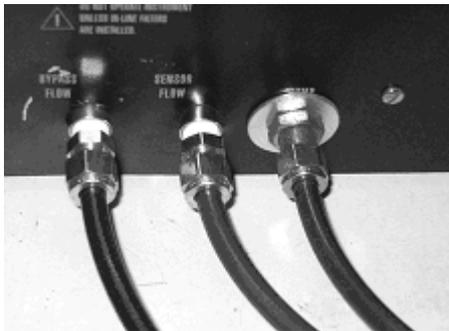
Voici les photos des raccords utilisés :

Raccord laiton :

Nous les installons lorsque le raccord rapide d'origine n'est plus étanche. Ces raccords peuvent aussi à long terme engendrer des fuites à cause de la déformation de la bague et du tube, Il faut alors changer la bague et couper un bout du tube.

Installation au niveau de l'UC, balance, entrées sortie du module FDMS

Photo :

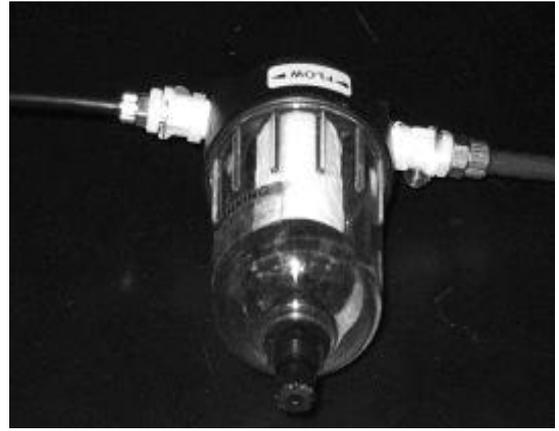


Il est à noter que le raccord d'origine peut fonctionner correctement dès lors qu'à chaque démontage on coupe la partie du tube qui a déjà été mise en place dans le raccord. Un coupe-tube permet une coupe nette sans bavure :

Raccords CPC :

Changement systématique sur les portes filtres haute capacité.

Photo :



FICHE 9 : CHANGEMENT DU FILTRE DE PURGE

Proposition de mode opératoire

Afin de limiter le risque d'entrée de l'humidité à l'intérieur du circuit d'air du TEOM-FDMS et de réduire les temps de redémarrage consécutifs aux changements de filtre de purge du TEOM-FDMS, il est recommandé de :

- Préparer à l'avance un filtre de purge neuf inséré dans le porte-filtre. Le protéger correctement s'il n'est pas préparé sur site,
- Forcer le TEOM-FDMS en mode "Base" afin de réduire la quantité d'air humide et chaud pouvant pénétrer dans le circuit,
- Ouvrir la trappe du filtre de purge, enlever l'ancien filtre (avec son porte filtre), mettre le nouveau et refermer la trappe dans un délai le plus court possible.

L'ensemble des opérations pourra être réalisé avec les gants non poudrés.

CONTROLE QUALITE

A RECEPTION ET EN ROUTINE

Tableau 4 : Tableau des opérations QC/QA pouvant être mises en œuvre – Les actions signalées en rouge et en gras sont fortement recommandées

Paramètre	Réf	Fréquence	Vérification
Fonctionnement FDMS			
Mconc¹		Tous les jours	<ul style="list-style-type: none"> • Expertise • Cohérence par rapport aux autres sites
Mbase¹		Tous les jours	<ul style="list-style-type: none"> • Expertise • Cohérence par rapport aux autres sites • Cohérence sur le même site / Mconc et Mref
Mref¹		Tous les jours	<ul style="list-style-type: none"> • Expertise • Cohérence par rapport aux autres sites • Cohérence sur le même site par rapport à Mconc et Mref
Mref²		Toutes les deux semaines	<ul style="list-style-type: none"> • Cohérence de son évolution dans le temps (expertise propre par rapport aux autres paramètres locaux) • Vérification à long terme que les valeurs min de Mref sont proches zéro (dérive apparente des valeurs minimales et moyennes)
Ecart mesuré sur le site de référence		Tous les jours	<ul style="list-style-type: none"> • Cohérence / autre sites (direct ou via Baster) et expertise • Cohérence de son évolution dans le temps (expertise propre par rapport aux autres paramètres locaux)
Température du point de rosée échantillon¹		Tous les jours	A minima < 0°C (Mais des températures plus basses peuvent être définies en fonction du site)
Température du point de rosée ambiant²		Au minimum une fois par mois / Routine sur site	Vérification dérive long terme de la différence entre les températures de point de rosée ambiant et échantillon
Charge du filtre de la microbalance		Au minimum une fois par mois / Routine sur site	Remplacement si > 90%
Case Temp		Au minimum une fois par mois / Routine sur site	Révision si en dehors de 30,0 ± 0,1°C
Air Temp		Au minimum une fois par mois / Routine sur site	Révision si en dehors de 30,0 ± 0,1°C

Paramètre	Réf	Fréquence	Vérification
		site	
Cap Temp		Au minimum une fois par mois / Routine sur site	Révision si en dehors de $30,0 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$
Flux principal "Main-Flow "		Au minimum une fois par mois / Routine sur site	Réglage ou révision si en dehors de $3,00 \pm 0,05\text{l/min}$
Flux auxiliaire "Aux-Flow"		Au minimum une fois par mois / Routine sur site	Réglage ou révision si en dehors $13,67 \pm 0,30\text{l/min}$
Bruit microbalance		Au minimum une fois par mois / Routine sur site	Révision si $> 0,100\text{ Hz}$
Fréquence microbalance		Au minimum une fois par mois / Routine sur site	Révision si $150 < F (\text{Hz}) < 398$
Dépression entrée de pompe (dP)²	Fiche 2	Au minimum une fois par mois / Routine sur site	<ul style="list-style-type: none"> • Remplacement/révision de la pompe, ou recherche de fuite si dP > -20 inHg • Vérification à long terme de dérives simultanées de dP, de la différence entre les températures de point de rosée ambiant et échantillon, et des valeurs minimales et moyennes de Mref
Remplacement du filtre de purge	Fiche 9	Au minimum une fois par mois / Routine sur site	
Remplacement filtre ligne auxiliaire		suivant site	
Remplacement filtre ligne principal		suivant site	
Vérification étanchéité			
Relevé de la dépression de la vanne fermée	Fiche 1.1	A l'installation, puis au minimum une fois tous les 6 mois ou à chaque réparation ou entretien touchant les connexions (changement de filtres haute capacité...)	-28 inHg (Tolérance à définir)
Vérification tenue de la dépression (voir procédure) / en position base et ref	Fiche 1.2	A l'installation, puis au minimum une fois tous les 6 mois ou à chaque réparation ou entretien touchant les connexions (changement de filtres haute capacité...)	Variations de moins de 1 inHg sur 1 mn
Offset : Valeurs 2 débits (l/mn) sans pompe		A l'installation, puis au minimum une fois tous les 6 mois ou à chaque réparation ou entretien touchant les	(Tolérance à définir)

Paramètre	Réf	Fréquence	Vérification
		connexions (changement de filtres haute capacité...)	
Prise des débits circuit fermée/ en position base et ref		A l'installation, puis au minimum une fois tous les 6 mois ou à chaque ou réparation ou entretien touchant les connexions (changement de filtres haute capacité...)	Tolérance : (Valeur lue – Offset) < 0,1 l/mn sur Main-Flow et 0,25 l/mn sur Aux-Flow
Test de stabilité de la fréquence	Fiche 4	A réception / ou réparation de la microbalance	
Mise parallèle des plusieurs TEOM-FDMS		A réception - optionnel	A définir
Changement des connexions	Fiche 8	A réception - optionnel	
Vérification de la microbalance			
Constante K0		A l'installation, puis au minimum une fois par an et après réparation microbalance	Tolérance : $ K0_{\text{étalon}} - K0 < 2,5\%$
Vérification sonde de température et pression			
Vérification température avec thermomètre étalon		A l'installation, puis au minimum une fois par an	Réglage si $ T_{\text{étalon}} - T_{\text{sonde}} > 2,5^{\circ}\text{C}$ Révision si $ T_{\text{étalon}} - T_{\text{sonde}} > 5^{\circ}\text{C}$
Vérification pression avec baromètre étalon (hPa)		A l'installation, puis au minimum une fois par an	Réglage si $ P_{\text{étalon}} - P_{\text{sonde}} > 10 \text{ hPa}$ Révision si $ P_{\text{étalon}} - P_{\text{sonde}} > 20 \text{ hPa}$
Vérification débits pour régulateur de débit			
Débit "Main-Flow"		A l'installation, puis au minimum une fois par an	Réglage si $ D_{\text{étalon}} - D > 2,5\% D_{\text{initial}}$ Révision si $ D_{\text{étalon}} - D > 5\% D_{\text{initial}}$
Débit "Aux-Flow"		A l'installation, puis au minimum une fois par an	Réglage si $ D_{\text{étalon}} - D > 5\% \text{ de } D_{\text{initial}}$ Révision si $ D_{\text{étalon}} - D > 10\% \text{ de } D_{\text{initial}}$
<p>1 : Nécessite de mettre en place l'acquisition continue de ces paramètres et leur exploitation directe lors de la validation des données sous XR ou POLAIR.</p> <p>2 : Le suivi proposé implique la création, pour chaque TEOM-FDMS utilisé sur site, d'une carte de contrôle permettant de visualiser l'évolution dans le temps des valeurs minimales et moyennes de Mref, des températures de point de rosée échantillon, ambiant et de leur différence, et de la dépression. Les valeurs minimales et moyennes pourraient être prises par période de deux semaines dans un premier temps.</p>			

Annexe III

**Présentation Française au
meeting AQUILA du 18 et 19 novembre 2008
sur la maîtrise des mesures de PM par TEOM-FDMS**

**Modifications or evolutions of PM AMS:
a possible issue?**

Context:

↳ All technical innovations on PM AMS to avoid loss of semi-volatile compounds are linked (directly or indirectly) to ambient RH:

- IMR or RST or Smart Heater for beta gauges
- FDMS for TEOM (nafion dryer + « purge » at low T)

↳ For FDMS under « certain humid conditions », it is possible for water to condense in the purge filter assembly or in the bypass flow path (observed in Germany, Austria, France, UK...)

⇒ Recommendations from manufacturer:

- T_{enclosure} between 20° to 27°C, location of air conditioning exhaust vs flow path tubing (to be insulated),
- use of a Water Trap Condenser in the bypass line
- change T_{purge filter} from 4°C (initial) to 10°C

Note: adequate vacuum value (pump quality) is a key point !

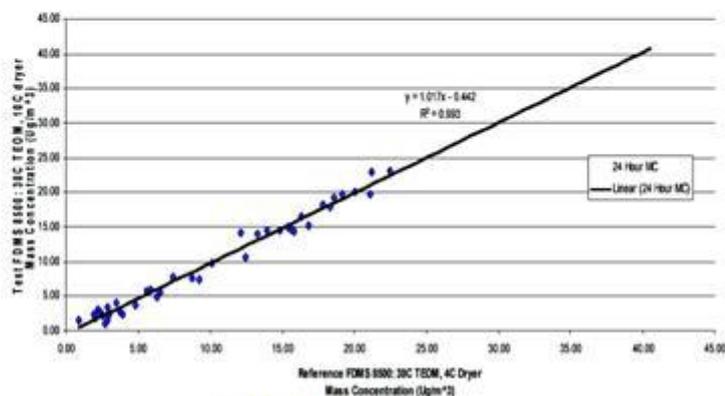
Related documents: « technical memorandum » (07/2005) and data sheet

**Modifications or evolutions of PM AMS:
a possible issue?**

Context:

↳ Conclusions based on results of 2 FDMS side by side for a minimum of 30 days between December 2003 & February 2004 (**location? Tests conditions? Data treatment?**)

Comparison of Reference FDMS 8500 & test FDMS 8500
Dec 13, 2003 through February 8, 2004



**Modifications or evolutions of PM AMS:
a possible issue?**

Questions:

- ↳ « condensation problem » ⇒ mainly linked to leak presence
- ↳ « change $T_{\text{purge filter}}$ from 4°C (initial) to 10°C » ⇒ still needs to be studied?
- ↳ « no impact of $T_{\text{purge filter}}$ on AMS performances » ⇒ is the manufacturer demonstration valid?
- ↳ if $T_{\text{purge filter}}$ set to 10°C ⇒ are all previous DoE trials still valid?
- ↳ How do we consider the change of FDMS version (from B to C – « dryer modification ») and the new AMS TEOM 1405 F & DF? is it a « significant change » from the original AMS configuration?

Need of information exchange + debate + common resolutions to adopt (for MS information & feedback to manufacturer (at the AQUILA level?))

**On going QA/QC in the field:
a key point for the future**

Proposal for exchange of information:

- ↳ to share experiences on AMS used in the field
- ⇒ 1st step: France gives to the AQUILA community a document (in english) on technical failures observed on the TEOM-FDMS by french air quality networks, the related symptoms (adequate parameters to be charted) and the adopted solutions (« troubleshooting guide »)
- ⇒ philosophy of document:
 - identify the parameters of interest (« PRC ») to be recorded
 - associate an « unusual PRC profile » to default symptom(s) ⇒ curative maintenance (⇒ preventive maintenance based on control charts)
 - provide technical recommendations to prevent troubleshootings

Key point: it is a « evolutive document » to be regularly updated with experience of all

**On going QA/QC in the field:
a key point for the future**

Several « performance » parameters to follow dryer efficiency:

- ↳ Depression (Vacuum quality)
 - Optimal value: 65% of ambient pressure
 - example of maintenance threshold: - 20 inchHg
- ↳ Dew points (sample → PRC 114 / ambient → PRC 099)
- ↳ Temperatures (ambient → PRC123 / before dryer → PRC112 / after dryer → PRC110)
- ↳ Relative humidities (ambient → PRC100 / before dryer → PRC113 / after dryer → PRC111)

Parameters to follow measurement signal:

- ↳ Microbalance frequency (→ PRC 012)
- ↳ « noise » (→ PRC 013)

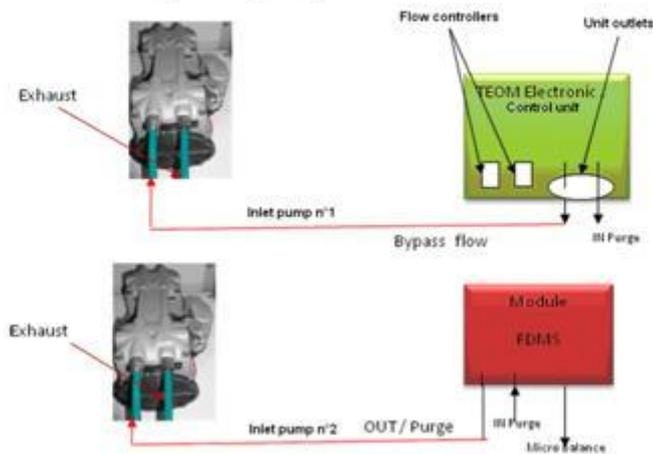
Preventive maintenance:

- ↳ leaks check (both channels, valve fixed)
- ↳ flow control (both channels, valve fixed)

**On going QA/QC in the field:
a key point for the future**

The main issue: quality of the vacuum?

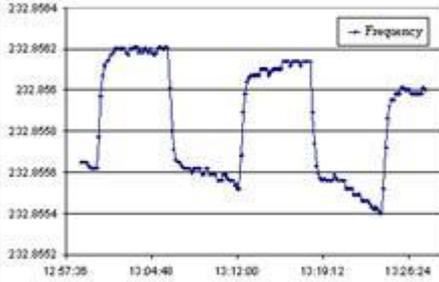
- ↳ possible solution: 2 independant pumps for the fluid circuit



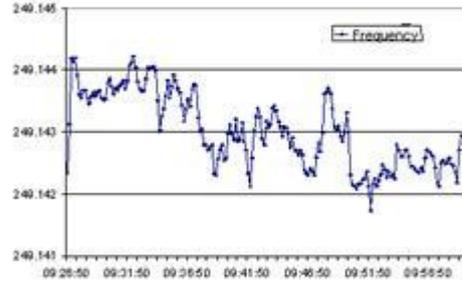
**On going QA/QC in the field:
a key point for the future**

Example n°1:

↳ microbalance control based on frequency measurement:



a correct frequency measurement in FDMS



a default frequency measurement in FDMS

**Modifications or evolutions of PM AMS:
a possible issue?**

		Depression	
		> -20 inHg	< -20 inHg
Sample dew point	> critical value	<ul style="list-style-type: none"> - See leak test - See pump quality - See leak at valve 	<ul style="list-style-type: none"> - See dryer performance
	< critical value	<ul style="list-style-type: none"> - See leak test 	<ul style="list-style-type: none"> - See microbalance performance - See switching valve - See peltier performance - See station conditions (T, vibrations...)

Next step: common data validation criteria to establish

Annexe IV

Note sur les nouvelles versions 1405f et 1405df du TEOM-FDMS

Ref : – n° chrono / DRC-08-94278-13856A
Gilles AYMOZ

27 Novembre 2008

Note sur les nouvelles versions 1405f et 1405df du TEOM-FDMS

Les méthodes de référence pour l'évaluation des concentrations de particules (PM10 et PM2.5) définies dans le cadre de la directive européenne concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe, datée du 11 Avril 2008, sont celles décrites dans les normes EN 12341 (pour les PM10) et EN 14907 (pour les PM2.5).

A ce jour, le dispositif Français pour la mesure réglementaire des PM10 et PM2.5 est basé sur l'utilisation de deux appareils de mesure automatiques pour lesquels une démonstration d'équivalence à la méthode de référence a été réalisée : le TEOM-FDMS (fabriqué par Thermo Scientific) pour les PM10 et PM2.5, et la jauge Bêta MP101M-RST pour les PM10 uniquement.

Le TEOM-FDMS utilisé pour la démonstration d'équivalence est constitué de deux parties :

- le TEOM 1400AB : cet outil permet la mesure des PM10 et PM2.5, mais n'est pas équivalent à la méthode de référence
- le module FDMS 8500b : module venant s'ajouter à un TEOM 1400AB pour former un TEOM-FDMS. Le TEOM-FDMS ainsi formé permet de réaliser une mesure équivalente à la méthode de référence.

La version FDMS 8500b a ensuite rapidement évolué vers une version FDMS 8500c : la différence réside dans une évolution de la membrane Nafion, plus fiable sur les FDMS 8500c. A ce jour, la plupart des versions FDMS 8500b ont été reprises et échangées par le fabriquant pour des FDMS 8500c.

Le parc Français est actuellement essentiellement constitué :

- de sites classiques, équipés d'un TEOM 1400AB
- de sites de référence (équipé d'un TEOM 1400AB et d'un TEOM-FDMS) permettant de mesurer en temps réel la fraction volatile des particules, utilisée pour ajuster les données des TEOM 1400AB environnants.
- de sites équipés d'un TEOM-FDMS (produisant directement une mesure équivalente)

Le nombre total de TEOM 1400 AB, équipés ou non d'un FDMS, est d'environ 450 à 500, pour 50 sites de référence. Le nombre de sites équipés uniquement d'un TEOM-FDMS est mal connu, mais reste encore très inférieur au nombre de sites équipés uniquement d'un TEOM 1400 AB.

Notons pour information que les jauges Bêta (env. 70 en France) sont (ou seront à très brève échéance) toutes équipées de modules RST permettant de réaliser directement une mesure équivalente.

1. Nouvelles versions du TEOM-FDMS

Thermo Scientific, le fabriquant du TEOM-FDMS, fait actuellement évoluer sa gamme de FDMS. Deux nouveaux outils sont désormais au catalogue du distributeur de la marque en France (Ecomesure) :

- Le TEOM 1405f (permet la mesure des PM10 ou des PM2.5)
- Le TEOM 1405df (permet la mesure simultanée des PM10 et des PM2.5)

Ces deux outils reprennent tous deux la technologie du TEOM-FDMS.

D'après la documentation technique de l'appareil et les discussions avec le distributeur, il semble que :

- le TEOM 1405f soit une version techniquement complètement similaire au TEOM-FDMS, mais plus aboutie sur les plans du carénage, de l'électronique et de l'interface.
- le TEOM 1405df permette la mesure simultanée des PM10 et PM2.5 selon la technique du TEOM-FDMS, avec les avantages cités plus haut pour le 1405f, auxquels il faut ajouter qu'il n'y a qu'une seule tête de prélèvement et un important gain de place par rapport à l'utilisation de deux TEOM-FDMS. Techniquement, le flux d'air est séparé en deux grâce à un impacteur virtuel situé sous la tête PM10, et dirigé vers deux systèmes basés sur la technologie TEOM-FDMS. Le premier permet la mesure des PM2.5, le second permet la mesure de la fraction comprise en 2.5 et 10 μm . La somme des

deux flux est utilisée pour reconstituer les PM10. Il est donc important de vérifier que la somme reconstituée est bien similaire à la mesure directe de PM10 par TEOM-FDMS, et que la coupure des PM2.5 est bien équivalente à la coupure d'une tête PM2.5 classique.

Le distributeur précise que des tests de comparaison par rapport à la méthode de référence sont en cours, dans le cadre d'une démarche commune TUV/MCERTs (confirmation par nos contacts directs dans ces pays), et en Irlande. Les premiers résultats (partiels) de l'étude conjointe MCERTs/TUV nous sont promis depuis mi-2008, et ne devraient être disponibles que début 2009.

De même, les tests de ces nouveaux appareils par le LCSQA ont été systématiquement retardés du fait de sa livraison tardive par rapport aux annonces du distributeur.

2. Suivi de l'équivalence

Il est essentiel, avant d'investir dans ces nouveaux outils destinés à remplacer les versions courantes des TEOM-FDMS, de vérifier leur conformité par rapport à la mesure de référence.

Sur le plan technique :

Il convient de vérifier que la validité technique de la démonstration d'équivalence n'est pas remise en cause. En particulier, le TEOM 1405df présente un élément nouveau sur le flux d'air (un impacteur virtuel), par rapport au TEOM-FDMS 8500c. En ce sens, le résultat des vérifications de la validité technique de la démonstration d'équivalence sur cet outil revêt un caractère aléatoire non maîtrisé à ce jour.

Le LCSQA propose donc de :

- Tester ces nouveaux outils directement : quelques tests ont débuté cet été sur le TEOM 1405df, mais ne permettent pas de conclure. L'outil sera de nouveau testé en configuration réelle à partir de début novembre. Les tests sur le TEOM 1405f seront réalisés dès que l'outil sera disponible en France (fin novembre a priori)
- Analyser les résultats des tests menés par le fabricant, notamment l'étude réalisée conjointement MCERTs/TUV.

Auprès de la commission européenne :

Le LCSQA prendra part aux discussions avec le constructeur et la DGenv et rendra compte de leur avancement. Un avis sera demandé à la DGenv lors de la prochaine réunion AQUILA, sachant qu'aucune prise de position ne doit être attendue avant les résultats des tests en cours.

Remarque :

1/ A ce jour, la validation de la démonstration d'équivalence Française par la commission Européenne n'a pas été actée officiellement (Réponse affirmative orale, donc officieuse). Ceci dit, il convient de rappeler le point B.2 de l'annexe VI de la directive : "La Commission peut demander aux Etat membres d'élaborer et de présenter un rapport apportant la démonstration de l'équivalence conformément au point 1". Il n'y a donc pas d'obligation pour la Commission de statuer officiellement sur la validité du rapport présenté par la France.

2/ Nous profiterons de cette démarche pour faire acter, si possible, le passage du FDMS 8500b au FDMS 8500c.

Disponibilité de l'outil

Le distributeur nous indique que :

- Le TEOM 1400AB sera distribué jusqu'en Mars 2009 (pièces détachées pendant 10 ans),
- Il n'est pas prévu de date pour arrêter la distribution de module FDMS 8500c (ce qui signifie que l'équipement en cours des TEOM 1400AB par des modules FDLMS 8500c n'est pas compromis),
- Les nouvelles versions 1405f et 1405df sont commercialisées.

3. Avis du LCSQA :

Concernant le TEOM1405f, la technologie est a priori exactement celle du TEOM-FDMS, avec les avantages d'un produit "fini" par rapport au TEOM-FDMS. Bien qu'il n'y ait pas encore de retour sur cet instrument (en particulier de l'étude TUV/MCERTs ou tests directs du LCSQA), il est appelé à remplacer le TEOM-FDMS classique.

Nous n'avons pas à ce jour de renseignement précis sur la réaction qu'aurait Thermo environnement en cas de résultats non satisfaisants du 1405f lors de ces tests.

Le LCSQA recommande donc, dans la mesure du possible, d'attendre au maximum avant de passer commande d'un 1405f.

Concernant le TEOM 1405df, la situation est différente car un traitement à été ajouté sur le flux d'air. Nous disposons à ce jour de trop peu de résultats pour conclure sur la remise en cause ou non de la démonstration d'équivalence.

Il est donc, à notre avis, prématuré de s'équiper de cet outil pour la mesure réglementaire des PM₁₀ et PM_{2,5}. Le LCSQA recommande de ne pas acheter de 1405df avant d'avoir un avis solide sur les performances de cet outil. Nous fournirons cet avis dès que possible.

ANNEXE

Rappel simplifié sur les mesures de particules en France

Les méthodes de référence pour l'évaluation des concentrations de particules (PM10 et PM2.5) définies dans le cadre de la directive européenne concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe, datée du 11 Avril 2008, sont celles décrites dans les normes EN 12341 (pour les PM10) et EN 14907 (pour les PM2.5).

Au contraire des méthodes automatiques préconisées pour la mesure des polluants classiques (oxydes d'azote, ozone...), ces méthodes sont manuelles et les outils utilisés ne peuvent donc faire l'objet d'une approbation par type (pas de certification, sauf éventuellement pour le préleveur).

De plus ces méthodes sont onéreuses, difficiles à mettre en œuvre, et ne sont pas adaptées aux besoins d'information rapide (plusieurs jours de délais avant obtention du résultat de la mesure).

La mesure des concentrations de particules en France s'est donc développée sur la base de l'utilisation d'outils automatiques, tels que la micro-balance (TEOM 1400 fabriqué initialement par R&P, puis désormais par Thermo Scientific) ou la jauge Bêta (seul l'outil MP101M d'Environnement SA était distribué en France jusqu'à début 2008).

Toutefois, les mesures réalisées avec ces appareils sont différentes des mesures réalisées avec la méthode de référence. La commission européenne a ordonné une mise à jour des données Françaises. La France a refusé l'option de la correction des données avec un facteur constant, et s'est orientée vers des solutions techniques basées sur la possibilité pour les états membres d'utiliser toute autre méthode dont ils peuvent prouver qu'elle donne des résultats équivalents à ceux des méthodes de référence. Il convient de noter qu'il n'existe pas, actuellement, de procédure de certification pour ces appareils (méthode de référence ou méthodes automatiques).

Le LCSQA a donc réalisé et finalisé en 2006 cette démonstration d'équivalence pour deux outils : le TEOM-FDMS 8500b (fabriqué par Thermo Scientific) pour les PM10 et PM2.5, et la jauge Bêta MP101M-RST pour les PM10 uniquement. Le parc instrumental Français pour la mesure réglementaire des PM10 et PM2.5 est basé sur l'utilisation de deux appareils de mesure automatiques.

Annexe V

Exercice d'intercomparaison des mesures de PM10 avec le JRC Ispra

Résultats numériques

Tableau 5 : Résultats numériques de l'exercice d'intercomparaison des mesures de PM10 avec le JRC Ispra – Tous les résultats sont en $\mu\text{g.m}^{-3}$

StopTime+Date	JRC_PM10_ Gravi_1	JRC_PM10_ Gravi_2	JRC_PM10_ Gravi_AVG	JRC_PM10_ FDMS	JRC_PM2,5_ _Gravi	AIRPARIF_PM10_ FDMS	AIRPARIF_PM2,5_ FDMS	LCSQA_PM10_ _Gravi	LCSQA_PM10_ _FDMS_1	LCSQA_PM10_ FDMS_2	LCSQA_PM10_ _FDMS_AVG	LCSQA_PM10_ _BêtaRST
14/3/08 10:00	18.1	17.5	17.8	21.5	11.4	15.3	11.0	18.8	16.0	16.9	16.4	16.0
15/3/08 10:00	30.2	29.6	29.9		21.2	26.3	21.0	27.8	27.1	28.3	27.7	27.0
16/3/08 10:00	15.1	14.8	15.0		11.1	14.5	12.7	13.1	14.8	16.0	15.4	15.0
17/3/08 10:00	16.6	15.5	16.1		12.2	14.0	12.7	14.0	13.9	15.5	14.7	16.0
18/3/08 10:00	19.9	19.7	19.8	22.6	11.3	17.4	10.9	18.5	17.1	18.0	17.6	19.0
19/3/08 10:00	16.7	16.3	16.5	19.9	10.0	15.1	10.4	16.2	14.7	16.0	15.3	15.0
20/3/08 10:00	19.4	18.9	19.1	24.3	11.7	16.8	11.7	18.1	16.7	18.6	17.6	20.0
21/3/08 10:00	13.5	12.8	13.1		9.0	13.2	10.5	11.5	12.4	14.1	13.2	10.0
22/3/08 10:00	11.4	11.5	11.4		6.9	10.8	7.9	10.2	10.3	11.1	10.7	11.0
23/3/08 10:00	12.0	11.7	11.9	17.9	10.1	11.4	9.6	9.7	11.1	12.0	11.5	12.0
24/3/08 10:00	12.5	12.5	12.5	18.2	8.3	12.1	9.0	11.4	11.6	12.6	12.1	12.0
25/3/08 10:00	16.7	17.0	16.8		13.3	15.3	13.4	14.4	15.1	16.1	15.6	15.0
26/3/08 10:00	26.7	27.4	27.0	28.0	15.9	24.6	16.2	24.8	24.3	24.7	24.5	21.0
27/3/08 10:00	22.6	23.3	23.0		14.7	22.7	16.7	21.3	22.6	24.0	23.3	23.0

Annexe VI

Exercice d'intercomparaison des mesures de PM10 avec le JRC Ispra

Représentation graphique des régressions orthogonales

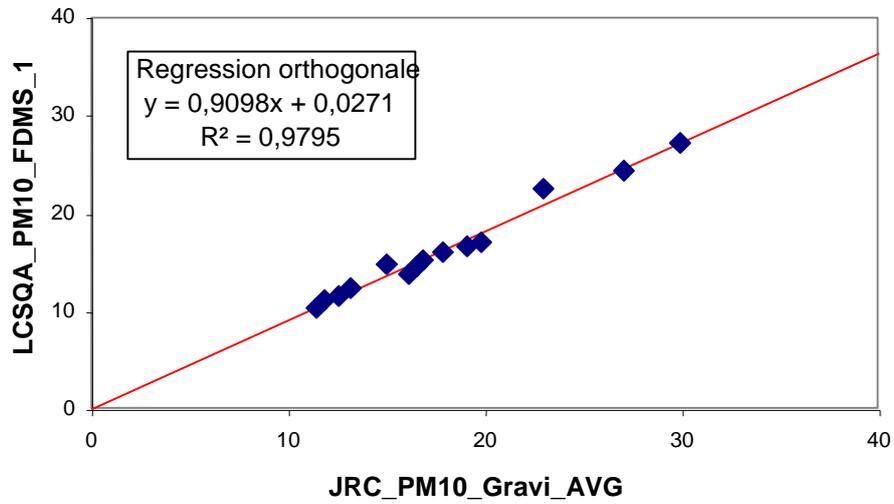


Figure 14 : Régression orthogonale JRC_PM10_Gravi_AVG / LCSQA_PM10_FDMS1.
Tous les résultats sont en $\mu\text{g.m}^{-3}$

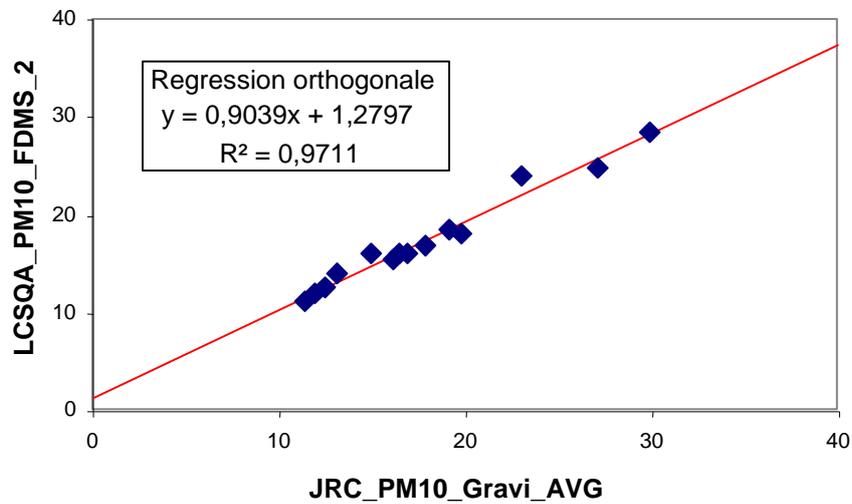


Figure 15 : Régression orthogonale JRC_PM10_Gravi_AVG / LCSQA_PM10_FDMS2.
Tous les résultats sont en $\mu\text{g.m}^{-3}$

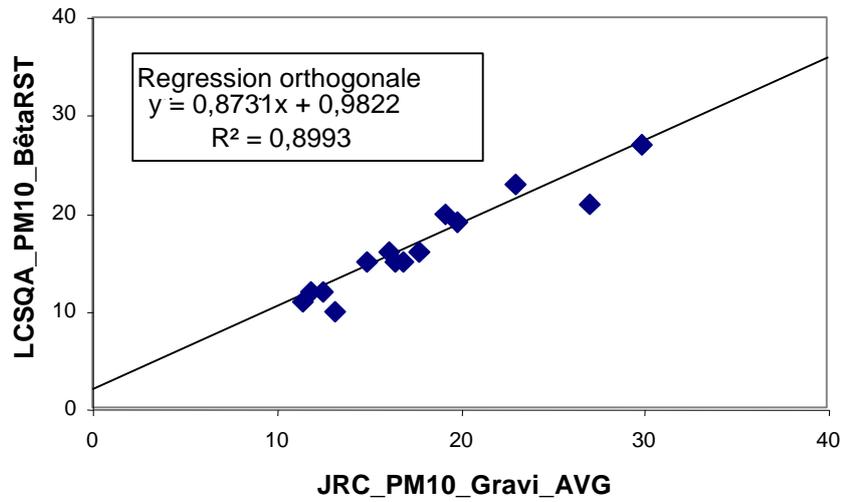


Figure 16 : Régression orthogonale JRC_PM10_Gravi_AVG / LCSQA_PM10_BêtaRST.
 Tous les résultats sont en $\mu\text{g.m}^{-3}$

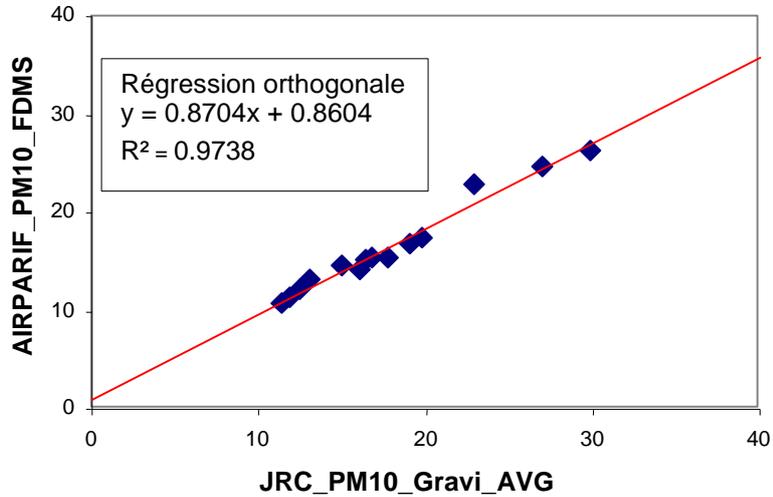


Figure 17 : Régression orthogonale JRC_PM10_Gravi_AVG / AIRPARIF_PM10_FDMS.
 Tous les résultats sont en $\mu\text{g.m}^{-3}$

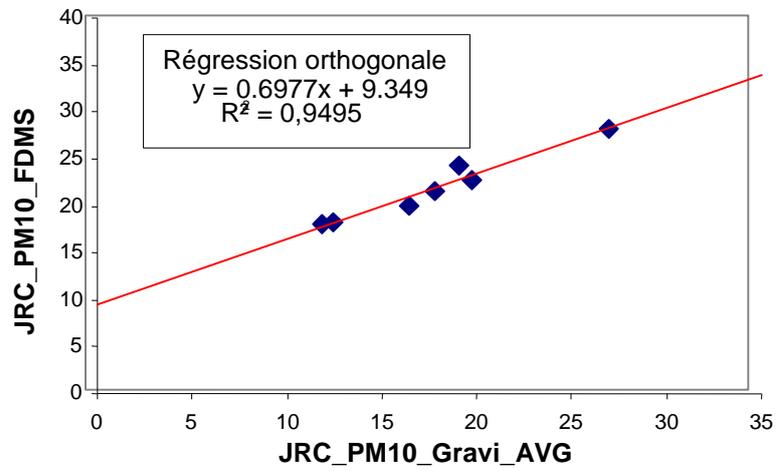


Figure 18 : Régression orthogonale JRC_PM10_Gravi_1 / JRC_PM10_FDMS. Touts les résultats sont en $\mu\text{g.m}^{-3}$