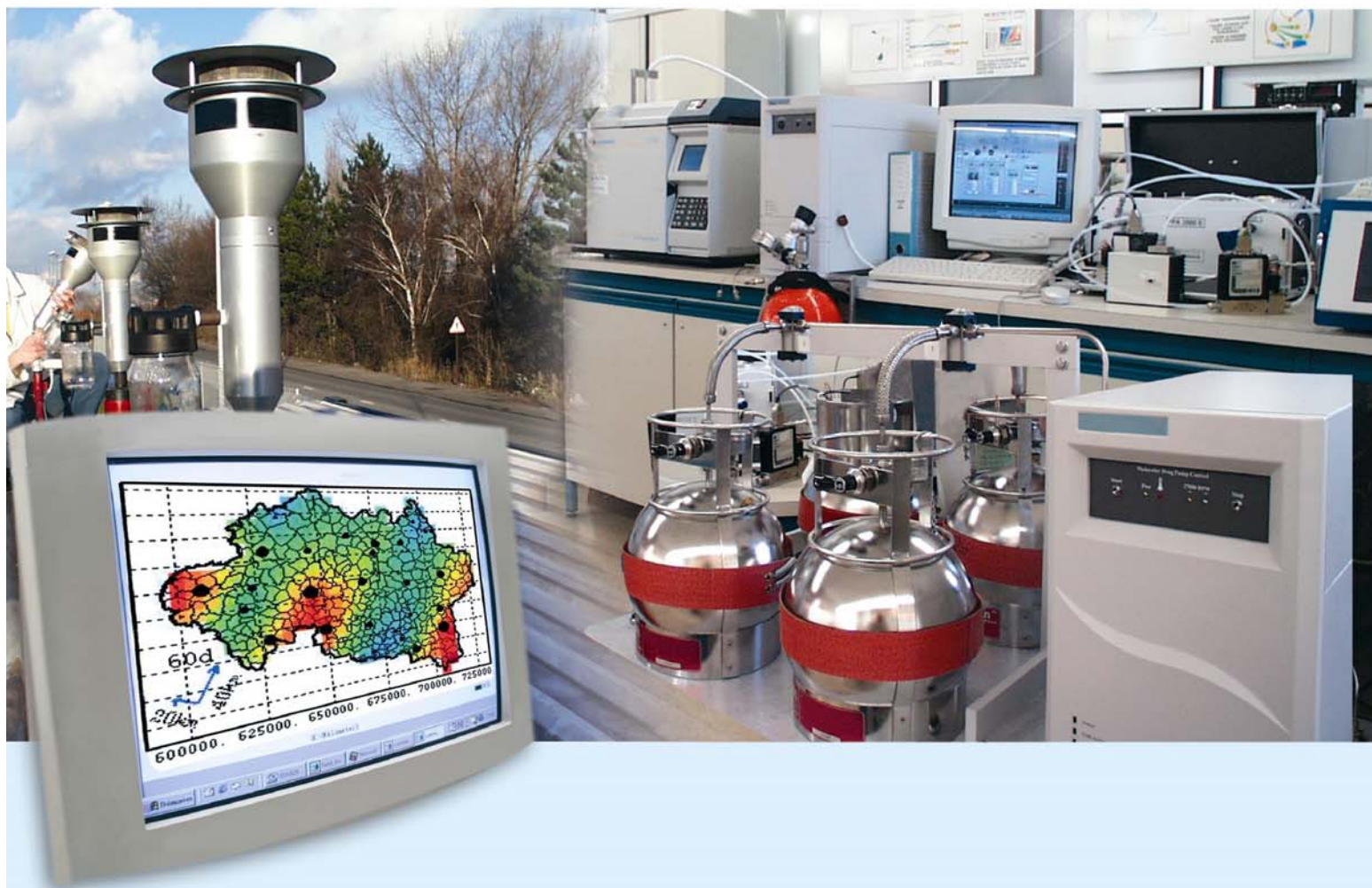




## Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air



### UTILISATION DE LA METHODE PAR ABSORPTION DE RAYONNEMENT BETA POUR LA MESURE DES PARTICULES EN SUSPENSION

François MATHE

Novembre 2008

Version finale







## 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 la Direction des Préventions des Pollutions et des Risques du Ministère de l'Énergie, de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire 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.<sup>1</sup>**



**ECOLE DES MINES DE DOUAI**

**DEPARTEMENT CHIMIE ET ENVIRONNEMENT**

**UTILISATION DE LA METHODE PAR ABSORPTION DE  
RAYONNEMENT BETA POUR LA MESURE DES  
PARTICULES EN SUSPENSION**

**CONVENTION : 000 11 90**

**François MATHE  
avec la collaboration technique de Benoît HERBIN  
Novembre 2008**



# SOMMAIRE

<b>1. INTRODUCTION.....</b>	<b>4</b>
<b>2. MOYENS MIS EN OEUVRE.....</b>	<b>4</b>
2.1 LA JAUGE RADIOMETRIQUE MP101M-RST PM <sub>2,5</sub> D'ENVIRONNEMENT SA.....	6
2.2 LA MICROBALANCE TEOM-FDMS DE THERMO R&P .....	6
2.3 LA JAUGE RADIOMETRIQUE SHARP 5030 DE THERMO FISHER SCIENTIFIC .7	
2.4 LE COMPTEUR OPTIQUE DE PARTICULES G365 DE GRIMM .....	8
2.5 LE PRELEVEUR SEQUENTIEL SUR FILTRES PARTISOL 2025 DE THERMO R&P .....	9
<b>3. RESULTATS.....</b>	<b>10</b>
3.1 ETUDE DES CARACTERISTIQUES METROLOGIQUES DE LA JAUGE MP101M-RST LCD .....	10
3.1.1 Répétabilité intra-méthode.....	10
3.1.2 Influence du pas de temps de mesure.....	13
3.1.3 Comparaison avec la méthode gravimétrique manuelle.....	16
3.1.4 Comparaison avec la microbalance TEOM-FDMS .....	18
3.1.5 Comparaison avec la jauge SHARP 5030 de Thermo R&P .....	20
3.2 ETUDE DE LA JAUGE SHARP 5030 DE THERMO R&P .....	22
3.2.1 Comparaison entre la mesure radiométrique et la mesure optique...22	
3.2.2 Comparaison avec la méthode gravimétrique manuelle.....24	
3.2.3 Comparaison avec la microbalance TEOM-FDMS .....	27
3.2.4 Comparaison entre la mesure optique du SHARP et le COP G365 de GRIMM.....	31
3.3 SYNTHÈSE DES RESULTATS .....	36
3.4 PARTICIPATION A L'EXERCICE QAP-PM10 DU JRC-ISPRA .....	37
3.4.1 Contexte.....	37
3.4.2 Moyens mis en oeuvre.....	37
3.4.3 Résultats.....	39
<b>4. SUIVI DES CONTRAINTES REGLEMENTAIRES LIEES A LA MESURE DES PARTICULES EN SUSPENSION PAR RADIOMETRIE BETA .....</b>	<b>42</b>
<b>5. CONCLUSION.....</b>	<b>43</b>
<b>6. ANNEXES.....</b>	<b>44</b>

## Résumé de l'étude n°13 (Thème 3) du rapport d'activités de l'EMD 2008

Etude suivie par: François MATHE  
☎ 03 27 71 26 10

### UTILISATION DE LA METHODE PAR ABSORPTION DE RAYONNEMENT BETA POUR LA MESURE DES PARTICULES EN SUSPENSION

#### 1. Présentation des travaux

L'objectif de cette étude est d'étudier l'aptitude de la méthode par absorption de rayonnement bêta pour la mesure des  $PM_{2.5}$  dans l'air ambiant. Un seul appareil basé sur cette technologie (à ce jour seule méthode de mesure automatique des particules dans l'air ambiant bénéficiant d'un texte normalisé) est actuellement utilisé en AASQA : il s'agit de l'analyseur par atténuation bêta MP101M d'Environnement SA, équipé du module RST dont la démonstration d'équivalence des résultats en  $PM_{10}$  a été effectuée par le LCSQA. L'étude commencée en 2007 avec ce seul appareil a été complétée avec d'autres instruments, la jauge radiométrique SHARP 5030 de Thermo Fisher Scientific (dont l'autorisation à être commercialisé a été délivrée en 2008) et le Compteur Optique de Particules G365 de GRIMM, les méthodes optiques suscitant un intérêt croissant dans les AASQA.

Sur le site de Douai, une comparaison a été effectuée avec ces différents appareils et le TEOM-FDMS  $PM_{2.5}$  qui est le seul appareil automatique à être utilisé à l'heure actuelle en AASQA pour la mesure réglementaire.

Les tests suivants ont été entrepris sur la plate-forme de référence de l'Ecole de Mines de Douai :

- étude des caractéristiques métrologiques de la jauge radiométrique MP101M-RST  $PM_{2.5}$  de dernière génération (répétabilité, influence du pas de temps de mesure),
- comparaison en  $PM_{2.5}$  entre différents appareils automatiques (MP101M-RST, TEOM-FDMS, SHARP 5030, COP G365),
- comparaison des appareils automatiques avec le préleveur bas débit Partisol 2025  $PM_{2.5}$  pris comme référence gravimétrique.

Le contexte particulier des associations de surveillance de la qualité de l'air concernant les modalités de gestion de sources radioactives scellées de faible activité a amené le LCSQA à continuer les échanges initiés en 2007 avec l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) et à proposer en accord avec les AASQA concernées un système centralisé permettant de simplifier les modalités de gestion des sources radioactives scellées de faible activité, tout en conciliant les besoins des protagonistes.

Enfin, dans le cadre de la mise en œuvre des Directives européennes sur la Qualité de l'air demandant aux Etats Membres de prendre part aux Exercices d'Intercomparaison organisés par le Joint Research Center d'Ispra, le LCSQA-EMD, en tant que Laboratoire National de Référence, a participé à l'exercice QAP- $PM_{10}$  effectué en mars 2008 à Bobigny. Cet exercice a consisté en une intercomparaison entre les méthodes de référence (gravimétrie) et de mesure (radiométrie, variation de fréquence) nationales et la méthode de référence européenne mise en œuvre par le JRC



## 2. Principaux résultats obtenus

Les résultats obtenus par la jauge radiométrique MP101M-RST sur le site de Douai montrent l'aptitude de cette technique pour la mesure des  $PM_{2.5}$ . Sur la période de mesure, suffisamment longue pour tenir compte de l'influence climatique saisonnière et avec une étendue de concentration massique en particules d'une centaine de  $\mu g.m^{-3}$ , la jauge bêta d'Environnement SA, dans la configuration utilisée (mode cyclique journalier avec mesure périodique bi horaire), donne des résultats comparables à la méthode de référence gravimétrique (Pente de régression linéaire orthogonale de 1,01, ordonnée à l'origine de  $-0,18 \mu g.m^{-3}$ , coefficient de corrélation supérieur à 0,98). Des résultats similaires sont observés avec le TEOM-FDMS (Pente de régression linéaire orthogonale de 0,99, coefficient de corrélation supérieur à 0,98) qui est à ce jour la seule méthode de mesure des  $PM_{2.5}$  recommandée par les pouvoirs publics. La répétabilité intra-méthode, déterminée à partir de la mesure dupliquée, est inférieure à  $2 \mu g.m^{-3}$ . Le pas de temps de mesure ne remet pas en cause les performances métrologiques de l'appareil.

En comparaison, la jauge radiométrique SHARP 5030 de Thermo Fisher Scientific donne des résultats moins probants. Par rapport à la méthode gravimétrique, les 2 mesures délivrées par l'appareil (mesure radiométrique & optique) montrent une sous-estimation de la concentration allant de 8 à 10% (au niveau de la valeur cible européenne de  $25 \mu g.m^{-3}$ ), tout en montrant une corrélation satisfaisante (dans les 2 cas, coefficient de corrélation supérieur à 0,98). Cette sous estimation est confirmée par rapport à tous les appareils automatiques utilisés pendant l'étude.

Si les méthodes optiques semblent attractives pour les réseaux de surveillance de la qualité de l'air (notamment en raison de leur facilité de mise en œuvre et leur dynamique de mesure), la question de leur justesse est toujours le point faible et il est nécessaire d'appliquer une correction spécifique pour améliorer les résultats et permettre une utilisation de ce genre d'appareil dans un cadre réglementaire.

La participation à l'exercice d'intercomparaison européen des méthodes de mesure des  $PM_{10}$  s'est révélée satisfaisante pour les techniques mises en œuvre par les intervenants. La jauge radiométrique du LCSQA-EMD, dans la configuration usuelle en AASQA (mode cyclique journalier avec mesure périodique bi horaire) a montré une bonne concordance avec les résultats gravimétriques du JRC pris comme référence : sur la période de test le rapport moyen entre la jauge radiométrique et la référence gravimétrique du JRC sur 14 valeurs journalières a été de  $0,934 \pm 0,084$ . Ce résultat est similaire à ceux constatés sur les autres appareils mis en œuvre tels que le TEOM-FDMS ou le préleveur séquentiel sur filtres Partisol 2025). Les résultats de cet exercice confirment donc la validité des mesures de  $PM_{10}$  effectuées par la France dans le cadre de la surveillance réglementaire.

Les échanges entre l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) et le dispositif national de surveillance de la qualité de l'air continuent. Lors de la réunion du 27 mars 2008, une proposition de gestion centralisée des sources radioactives scellées de faible activité (avec le LCSQA-EMD comme responsable national) a été faite. Cette configuration devrait permettre de simplifier les modalités de gestion des sources radioactives, sous réserve de l'adhésion à ce système de l'ensemble des AASQA détentrices de jauges radiométriques et de l'accord final de l'ASN.

## 1. INTRODUCTION

Dans le cadre des activités du Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air, l'Ecole des Mines de Douai mène depuis plus de 15 ans des études sur la thématique de la mesure des particules en suspension dans l'air ambiant, basées sur des tests sur terrain effectués pour la plupart sur une plate-forme de mesure de la phase particulaire implantée sur le site même de l'Ecole des Mines de Douai.

A l'heure actuelle, si les AASQA utilisent la technique par radiométrie pour le polluant  $PM_{10}$ , le paramètre  $PM_{2.5}$  est exclusivement mesuré en station de mesure de la qualité de l'air avec la microbalance à variation de fréquence TEOM équipé du module FDMS. Face à cet appareil issu d'un seul fabricant étranger (Thermo R&P) et donc dans une situation de quasi monopole, il apparaît important d'étudier les performances métrologiques des analyseurs par absorption de rayonnement bêta (dont il existe un nombre important de fabricants dans le monde et qui sont utilisés à l'étranger pour mesurer les  $PM_{2.5}$ ). Une réponse positive à la question « peut on mesurer les  $PM_{2.5}$  avec une jauge radiométrique ? » associée à une simplification des modalités administratives de gestion des sources radioactives scellées peut permettre aux AASQA d'avoir une alternative technologique à la mesure du polluant récemment règlementé par la Directive européenne n° 2008/50/CE parue en mai 2008.

L'étude spécifique de la méthode par absorption de rayons bêta pour la mesure des  $PM_{2.5}$ , commencée en 2007, a été complétée par d'autres appareils susceptibles d'être utilisés en station de mesure de la qualité de l'air. Les essais effectués sur la plate-forme de référence de l'Ecole de Mines de Douai sont basés sur:

- la comparaison avec le préleveur à bas débit Partisol 2025  $PM_{2.5}$  pris comme référence,
- la comparaison entre les appareils automatiques (tel que le TEOM-FDMS  $PM_{2.5}$ , le SHERP 5030 et le Compteur Optique de Particules G365),

La duplication des appareils radiométriques permet de déterminer la répétabilité intraméthode et d'étudier l'influence du pas de temps de mesure de l'appareil.

## 2. MOYENS MIS EN OEUVRE

Depuis août 1999, une plate-forme de mesure de la phase particulaire a été mise en place sur un site urbain de Douai, rassemblant les différents types d'analyseurs ou de préleveurs équipant actuellement les réseaux français de surveillance de la qualité de l'air. Cette plate forme est opérationnelle depuis 1999 [1].

Ce site est de type urbain et possède les caractéristiques suivantes:

- l'influence du trafic routier est forte
- le faible éloignement du Département Chimie et Environnement de l'EMD permet de réduire la durée des déplacements qui sont fréquents
- les risques de vandalisme sont minimisés dans la mesure où le site est dans l'enceinte clôturée du Centre de Recherches

---

[1] Mesure des particules en suspension. F. MATHÉ avec la collaboration technique de S. SAUVAGE et B. HERBIN. Partie 4, rapport d'activités LCSQA-EMD 1999 n° 2.

Pour la présente étude, les appareillages disponibles sur le site sont les suivants:

- 1 microbalance à variation de fréquence Thermo R&P TEOM-FDMS version C à tête  $PM_{2.5}$
- 1 préleveur sur filtres à faible volume R&P Partisol Plus à tête  $PM_{2.5}$
- 2 jauges radiométriques Environnement SA MP101M-RST à tête  $PM_{2.5}$
- 1 jauge radiométrique Thermo R&P SHARP 5030 à tête  $PM_{2.5}$
- 1 Compteur Optique de Particules GRIMM modèle G365 délivrant la concentration massique en  $PM_{2.5}$ .

L'ensemble des appareils est logé dans un ensemble Portakabin climatisé transportable type Pacemaker référence PK 241 :



Figure 1: Vues (extérieur & intérieur) de l'abri autonome sur le site de mesure de l'EMD

## 2.1 LA JAUGE RADIOMETRIQUE MP101M-RST PM<sub>2.5</sub> D'ENVIRONNEMENT SA

Le principe de fonctionnement de la jauge  $\beta$  MP101M-RST est décrit dans le rapport d'activités 2004 de l'Ecole des Mines de Douai [2]. Dans le présent rapport, 2 jauges  $\beta$  de dernière génération (version LCD) prêtées par la société Environnement SA ont été utilisées. Ces appareils peuvent être muni d'une tête de prélèvement US PM<sub>10</sub> équipée d'un Sharp Cut Cyclone (SCC) pour assurer le prélèvement des PM<sub>2.5</sub> ou d'une tête de prélèvement dite « européenne » conforme à la norme EN 14907. Ces 2 têtes fonctionnent à un débit d'aspiration de 1 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>. En terme d'acquisition, la configuration utilisée a été celle employée en AASQA, c'est à dire en mode cumulé cyclique 24h avec mesure périodique toutes les 2h sur la même zone de prélèvement. La figure suivante présente la disposition des appareils sur la plate-forme d'étude :



Figure 2: Jauges MP101M-RST PM<sub>2.5</sub> sur le site de mesure de l'EMD (intérieur & extérieur)

## 2.2 LA MICROBALANCE TEOM-FDMS DE THERMO R&P

Le principe de fonctionnement de la microbalance TEOM-FDMS de Thermo R&P est décrit dans le rapport d'activités 2007 de l'Ecole des Mines de Douai [3]. Le modèle utilisé dans le cadre de cette étude est une version C alors que la démonstration d'équivalence effectuée par la France concernait la version B. La principale différence réside dans la géométrie de la membrane Nafion servant de déshumidificateur de l'échantillon. Selon le constructeur, cette nouvelle génération de sécheur est supposée avoir de meilleures performances [4].

L'appareil a été utilisé avec une tête de prélèvement US PM<sub>10</sub> équipée d'un Sharp Cut Cyclone (SCC) pour assurer le prélèvement des PM<sub>2.5</sub> à un débit d'aspiration de 1 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>. En terme d'acquisition, la configuration utilisée a été celle employée en AASQA, c'est à dire en mode de mesure horaire.

[2] Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air – Rapport d'activités 2004 « Etude n°5 – 2004 : Test du nouvel analyseur de particules en suspension PM<sub>10</sub> par radiométrie bêta MP101M d'Environnement SA » (décembre 2004 – Convention CV 04 000 088)

[3] Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air – Rapport d'activités 2007 « Mesure des particules en suspension par rayonnement bêta » (novembre 2007 – Convention 000 653)

[4] Thermo Fischer Scientific « Technical Bulletin: Comparison of the performance of the Thermo Scientific TEOM 1400a with 8500C FDMS and the TEOM 1400a with 8500B FDMS monitors for the measurement of PM<sub>2.5</sub> » (2008)



La figure suivante présente la disposition de l'appareil sur la plate-forme d'étude:



Figure 3: L'appareil Thermo R&P FDMS PM<sub>2,5</sub> sur le site de mesure de l'EMD (intérieur & extérieur)

### 2.3 LA JAUGE RADIOMETRIQUE SHARP 5030 DE THERMO FISHER SCIENTIFIC

Le principe de fonctionnement de l'appareil SHARP 5030 de Thermo Fisher Scientific est décrit dans le rapport d'activités 2007 de l'Ecole des Mines de Douai <sup>[3]</sup>. Cet appareil (dont la commercialisation est autorisée depuis cette année) offre 2 mesures de la concentration massique de particules en suspension dans l'air : une mesure par absorption de rayonnement bêta (faite sur la même zone d'accumulation de particules pendant 24h) et une mesure par méthode optique (néphélométrie) sur un pas de temps d'une minute. Le pas de temps d'acquisition pour les 2 mesures est par défaut de 30 minutes. La mesure optique est ajustée sur la mesure radiométrique.

La figure suivante présente la disposition de l'appareil sur la plate-forme d'étude:



Figure 4: L'appareil SHARP 5030 PM<sub>2,5</sub> sur le site de mesure de l'EMD (intérieur & extérieur)

## 2.4 LE COMPTEUR OPTIQUE DE PARTICULES G365 DE GRIMM

La mesure de concentration en nombre de particules par fractions granulométriques suscite un intérêt grandissant dans le domaine de la qualité de l'air ambiant. Actuellement ce paramètre obtenu par méthode optique est couplé à des techniques analytiques classiques comme la radiométrie bêta. La marque allemande GRIMM reste cependant sur une logique d'appareillage indépendant et ses appareils sont disponibles sur le marché depuis plusieurs années. Le LCSQA a ainsi déjà utilisé un Compteur Optique de Particules (COP) de ce fabricant dans une étude précédente [5]

Le principe du COP est basé sur l'usage d'un rayon lumineux (source conventionnelle ou laser) dont l'angle de diffraction est relié au diamètre des particules, et dont la diminution d'intensité est reliée au nombre des particules par tranche d'angle solide. Cela permet la détermination du spectre granulométrique en nombre de particules selon des tranches granulométriques spécifiques (31 tranches réparties entre  $0,25\mu\text{m}$  et  $31\mu\text{m}$ ). Une conversion basée sur un réglage spécifique du fournisseur permet d'avoir une concentration massique pour les  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$  et  $\text{PM}_1$  avec un pas de temps de mesure de 1 minute. L'appareil utilisé dans le cadre de cette étude est le modèle G365 qui est en coffret extérieur adapté pour l'air ambiant avec mesure de température, pression et humidité ambiantes. Les dimensions (en cm) sont  $H \times L \times P = 70 \times 45 \times 30$  pour un poids total de 30 kg. Lors de l'étude, la configuration disponible ne donnait accès qu'aux concentrations massiques. La figure suivante présente la disposition de l'appareil sur la plate-forme d'étude:



Figure 5: L'appareil GRIMM G365 sur le site de mesure de l'EMD (intérieur & extérieur)

L'appareil présente les avantages & inconvénients suivants :

- la mesure de la concentration massique ou de la granulométrie de l'aérosol est quasiment en temps réel. Malheureusement les 2 informations ne peuvent être obtenues en simultané.
- 1 seul appareil peut donner plusieurs paramètres (ex :  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$  et  $\text{PM}_1$ )
- le coût de maintenance est réduit en comparaison avec les autres appareils de réseau
- l'appareil est facile à installer ou à déplacer
- l'acquisition et le traitement de données se font avec un logiciel spécifique

[5] Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air « Comparaison d'analyseurs automatiques de particules en suspension dans l'air ambiant » - rapport d'activités LCSQA-EMD Partie 4 (1995)

- certains Etats Membres utilisent cet appareil dans le cadre de la surveillance de la qualité de l'air (ex : Belgique à l'ISSeP, Allemagne au LUBW), pour une information du public en temps réel,
- le faible encombrement, la facilité d'installation et le faible bruit permettent une utilisation en air intérieur
- il est nécessaire de vérifier la validité de la conversion en concentration massique si la typologie de site est très diversifiée. Même si cet appareil bénéficie de résultats positifs à des tests de comparaison avec la méthode gravimétrique manuelle de référence [6], l'étalonnage effectué en usine par le constructeur n'est pas forcément suffisant et la prise en compte d'une correction supplémentaire par l'utilisateur peut s'avérer nécessaire.
- sur le plan du suivi du fonctionnement, le constructeur ne propose pas d'office un paramètre à suivre permettant de s'assurer en permanence de la validité des mesures ou d'anticiper un dysfonctionnement
- le coût total de l'appareil est de l'ordre de 25 000 € HT avec une garantie de 2 ans.

## 2.5 LE PRELEVEUR SEQUENTIEL SUR FILTRES PARTISOL 2025 DE THERMO R&P

Le préleveur séquentiel sur filtres Partisol 2025 (dit « Partisol Plus ») de la marque Thermo R&P est utilisé depuis de nombreuses années en tant que référence gravimétrique dans les études du LCSQA [7]. Cet appareil est aussi utilisé en AASQA pour le prélèvement des métaux lourds dans les particules en suspension. La démonstration de son équivalence à la méthode de référence réglementaire est largement documentée [8]. La figure suivante présente la disposition de l'appareil sur la plate-forme d'étude:



[6] « Prüfung des Schwebstaubmessgerätes Environmental Dust Monitor Model 180 des Firma Grimm AerosolTechnik auf gleichwertige Ergebnisse wie mit des Referenzmethode des europäischen Norm DIN EN 12341 bei der Messung von Schwebstaub der Fraktion PM<sub>10</sub> » - LUBW (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg) - 2005

[7] « Equivalence d'analyseurs automatiques de particules en suspension dans l'air ambiant » - Etude LCSQA-EMD-INERIS (2006)

[8] « Test Report on the proof of the equivalence of the Partisol-Plus Model 2025 Air Sampler for the collection of airborne particulate matter from Rupprecht & Patashnick Co. Inc. using the reference method according to the European Standard EN 12341 » (P. Mückler – TUV – November 2000 – reference 1.6/205/90)

**Figure 6: L'appareil Partisol Plus sur le site de mesure de l'EMD (intérieur & extérieur)**

Dans le cadre de cette étude, l'appareil a été utilisé en mode de prélèvement journalier avec une tête US PM<sub>10</sub> fonctionnant à 1 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>, avec des filtres en fibres de verre téflonnées (référence EMFAB TX40HI20WW, Marque : Pall) d'un diamètre de 47 mm. L'appareil était installé à l'intérieur d'un abri autonome climatisé afin de limiter les pertes éventuelles des composés volatils sur le filtre de collecte lors de la phase d'échantillonnage et de stockage des filtres dans le préleveur (7 jours maximum).

Les analyses gravimétriques ont été effectuées au Département dans un local de pesée contrôlé en température (21 ± 2)°C et en humidité relative de (60 ± 5)%. Les filtres ont été pesés sur une microbalance METTLER Toledo, modèle UMT2 (précision d'affichage ± 1 µg).

### 3. RESULTATS

#### 3.1 ETUDE DES CARACTERISTIQUES METROLOGIQUES DE LA JAUGE MP101M-RST LCD

##### 3.1.1 Répétabilité intra-méthode

La dispersion des résultats entre 2 appareils identiques est un des critères de démonstration de l'équivalence d'une méthode de mesure. Les appareils étant dupliqués, les valeurs de répétabilité intra-méthode ont été calculées pour la méthode de référence et la méthode candidate à l'aide de l'équation suivante:

$$u_{bs} = \sqrt{\frac{\sum (y_{i,1} - y_{i,2})^2}{2n}}$$

Où  $y_{i,1}$  et  $y_{i,2}$  sont les résultats de deux valeurs simultanées et  $n$  est le nombre total des de mesures réalisées en parallèle. Sur une base de temps de 24h ce nombre doit être supérieur ou égal à 40.

Dans le cadre de ce rapport, la variabilité de la méthode a également été illustrée par le tracé de courbes de tendance linéaire selon les moindres carrés et passant par l'origine, chaque appareil étant pris alternativement comme référence.

Compte tenu de l'objectif de mesure (valeur cible annuelle et Indice d'Exposition Moyenne qui est une moyenne sur 3 moyennes annuelles consécutives), les comparaisons ont été effectuées sur les valeurs moyennes journalières des appareils.

Le tableau I et les figures 7 à 9 résument les résultats obtenus



Tableau I: récapitulatif des mesures en parallèle entre les jauge  $\beta$  MP101M-RST  $PM_{2,5}$ 

Appareil	Jauge $\beta$ n°1	Jauge $\beta$ n°2
Nombre de paires de données traitées	193	
Minimum ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	2,0	2,3
Maximum ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	96,6	94,4
Moyenne ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	15,2	14,7
Intervalle de Confiance (95%) sur la moyenne ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	1,8	1,9
Nbre de dépassements de la VC ( $25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	27	25
Droite de corrélation obtenue	Jauge $\beta$ n°2 = 1,03 Jauge $\beta$ n°1 - 0,92	
Coefficient de corrélation	0,993	
Rapport des moyennes $\frac{\text{Jauge } \beta \text{ n}^\circ 1}{\text{Jauge } \beta \text{ n}^\circ 2}$	1,031	
Rapport moyen $\frac{\text{Jauge } \beta \text{ n}^\circ 1 \pm \text{écart-type}}{\text{Jauge } \beta \text{ n}^\circ 2}$	1,076 $\pm$ 0,188	

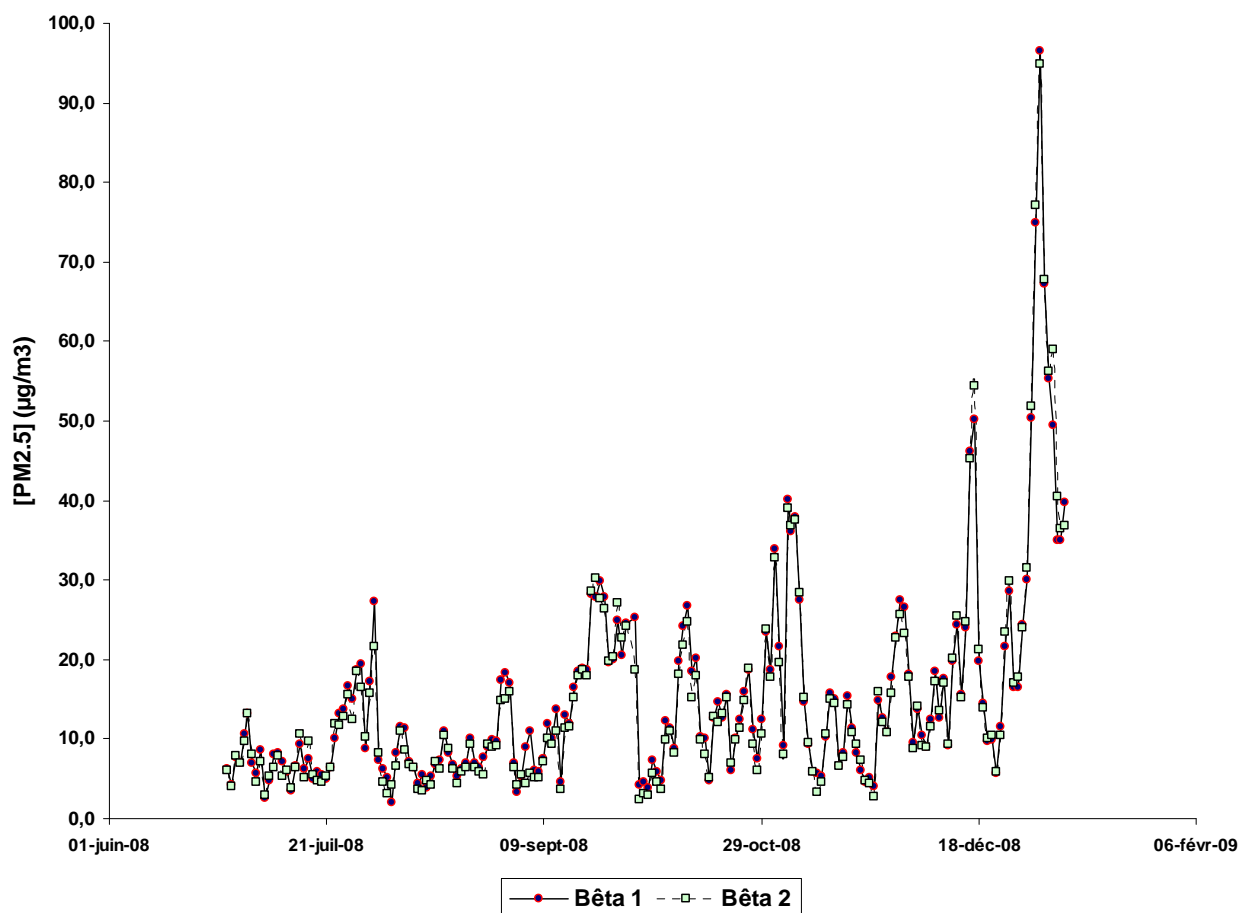


Figure 7 : Profils chronologiques des valeurs journalières des jauge bêta MP101M-RST (période du 28/06/08 au 07/01/09)

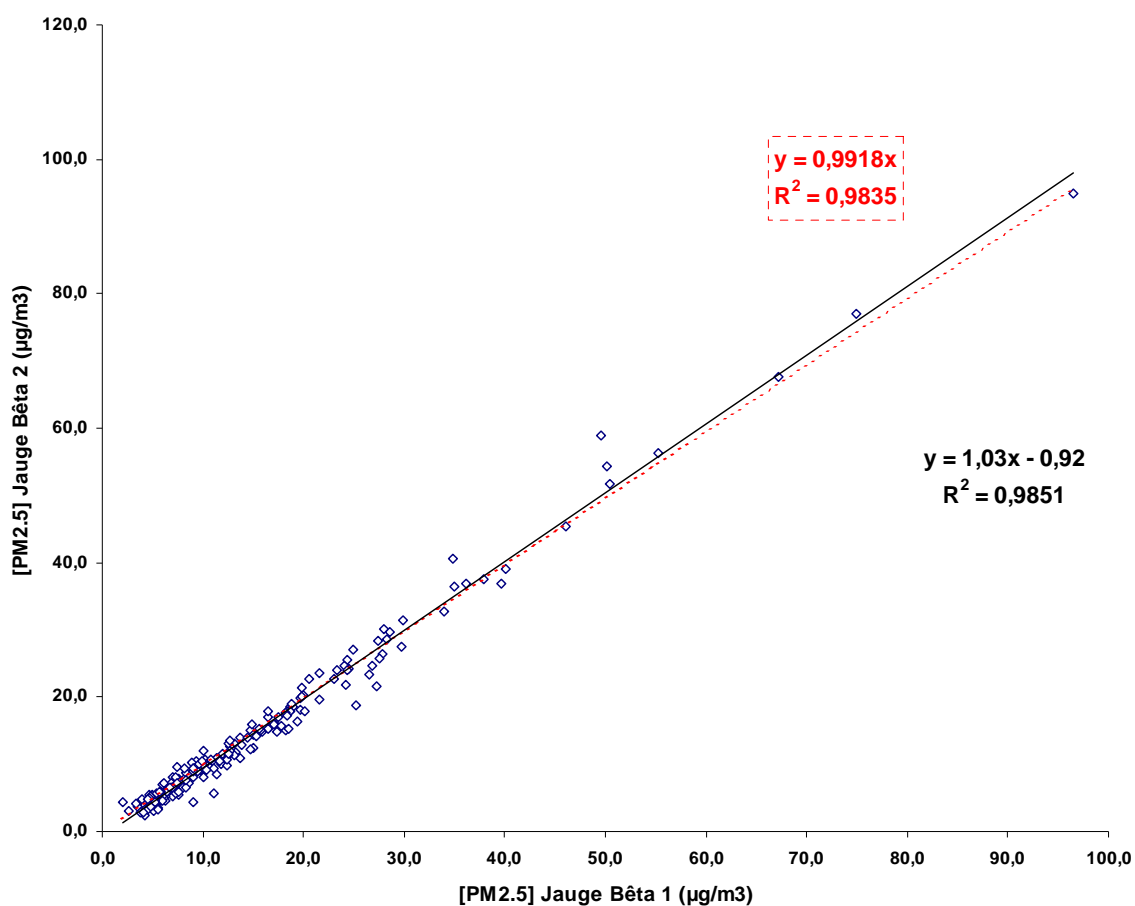


Figure 8: Corrélation entre les valeurs journalières MP101M (appareil n°1 pris comme référence)

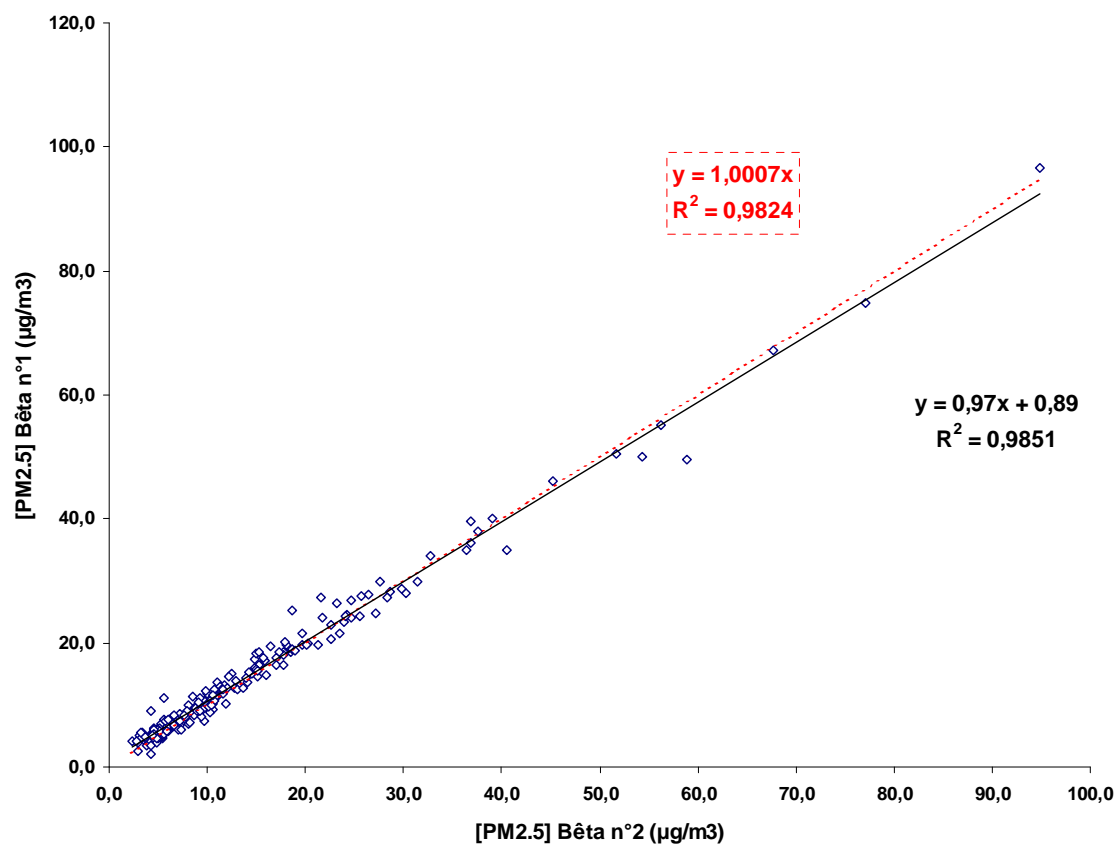


Figure 9: Corrélation entre les valeurs journalières MP101M (appareil n°2 pris comme référence)

En terme de répétabilité intra-méthode, la jauge bêta MP101M-RST PM<sub>2.5</sub> montre des performances satisfaisantes : le coefficient de corrélation est supérieur à 0,99 et l'écart moyen entre appareils dupliqués n'excède pas 2 µg.m<sup>-3</sup>. Le nombre de dépassements de la valeur annuelle cible de 25 µg.m<sup>-3</sup> est pratiquement identique entre les 2 appareils. La méthode par absorption de rayonnement β respecte le critère de répétabilité de démonstration d'équivalence pour la mesure des PM<sub>2.5</sub>. Ceci est un élément technique pouvant être pris en considération dans le cadre de l'élaboration de la future norme EN sur la méthode automatique de mesure des particules en suspension dans l'air ambiant.

### 3.1.2 Influence du pas de temps de mesure

Lors de la démonstration d'équivalence, le radiomètre bêta MP101M-RST avait été utilisé en mode cyclique 24h avec une mesure unique en fin de cycle, correspondant au mode de fonctionnement de la méthode de référence recommandée dans la Directive. Or, les besoins actuels des AASQA, liés notamment au calcul d'indice de qualité de l'air prévisionnel ou au déclenchement d'alerte, nécessitent une configuration différente, c'est à dire en mode cyclique 24h avec mesure périodique toutes les 2h. Compte tenu de la sensibilité de la méthode radiométrique, le pas de temps de 2h a été jugé comme le minimum acceptable pour avoir un suivi chronologique suffisamment fin de la concentration en particules avec une fréquence compatible avec les besoins des AASQA en terme de communication.

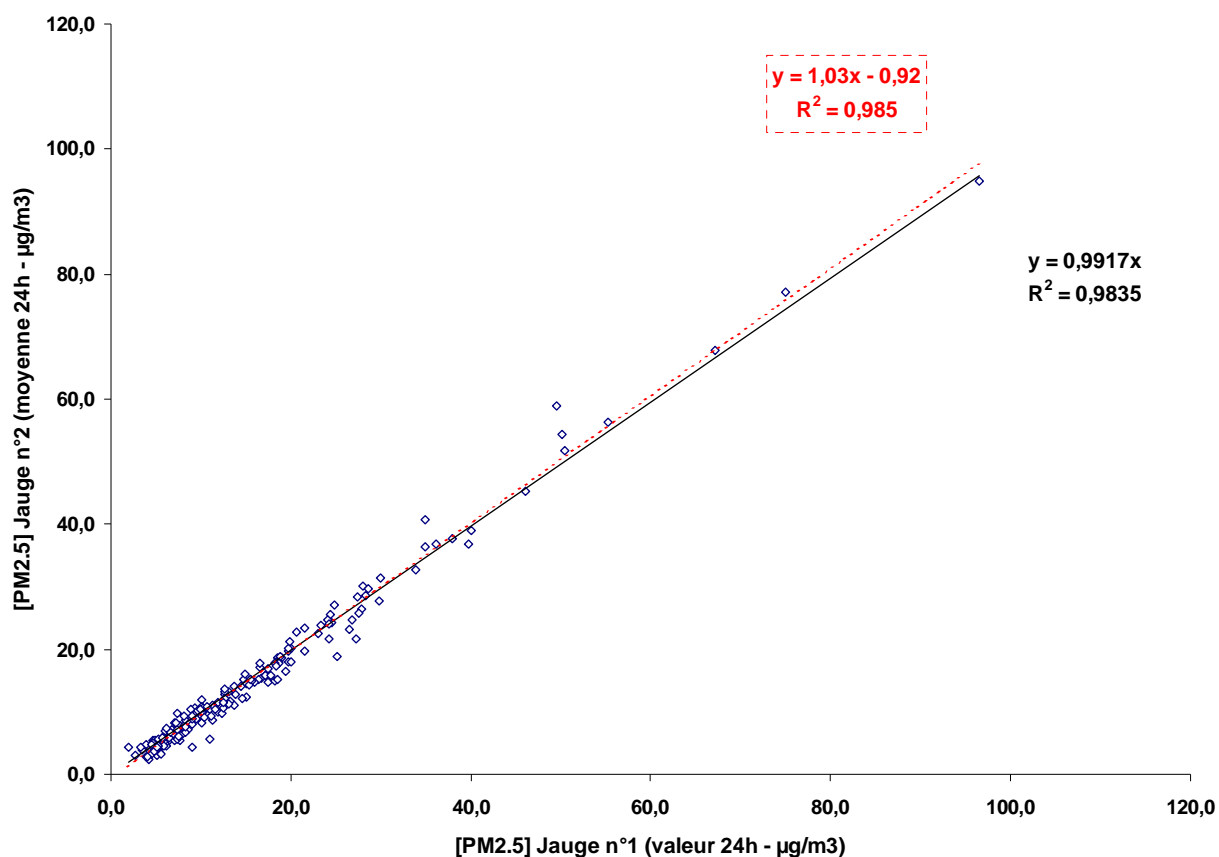
Une comparaison a donc été effectuée entre la valeur moyenne sur 24h (calculée sur la base de 12 valeurs périodiques sur 2h) pour la jauge β n°2 et la valeur directe en fin de cycle journalier obtenue sur la jauge β n°1.

Le tableau II résume les résultats obtenus et la corrélation entre les séries de mesure est décrite par la figure 10:

**Tableau II: récapitulatif des mesures entre les jauges β MP101M-RST PM<sub>2.5</sub> pour un pas de temps de mesure différent (jauge β n°1 : 24h, jauge β n°2 : 12 x 2h)**

Appareil	Jauge β n°1	Jauge β n°2
<b>Nombre de données traitées</b>	192	192 (2304)
<b>Minimum (µg.m<sup>-3</sup>)</b>	2,3	2,0 (0,1)
<b>Maximum (µg.m<sup>-3</sup>)</b>	96,6	94,8 (112,7)
<b>Moyenne (µg.m<sup>-3</sup>)</b>	15,2	14,7 (15,0)
<b>IC<sub>95</sub> sur la moyenne (µg.m<sup>-3</sup>)</b>	1,8	1,9 (0,6)
<b>Nbre de dépassements de la VC (25 µg.m<sup>-3</sup>)</b>	27	25 (372)
<b>Droite de corrélation obtenue</b>	Jauge β n°2 = 1,03 Jauge β n°1 - 0,92	
<b>Coefficient de corrélation</b>	0,992	
<b>Rapport des moyennes</b> $\frac{\text{Jauge } \beta \text{ n}^\circ 1}{\text{Jauge } \beta \text{ n}^\circ 2}$	1,031	
<b>Rapport moyen</b> $\frac{\text{Jauge } \beta \text{ n}^\circ 1 \pm \text{écart-type}}{\text{Jauge } \beta \text{ n}^\circ 2}$	1,076 ± 0,189	

En italique sont indiquées les résultats pour les valeurs périodiques sur 2 h.



**Figure 10 : Corrélation entre valeurs journalières de jauges  $\beta$  MP101M-RST  $PM_{2,5}$  pour un pas de temps de mesure différent**

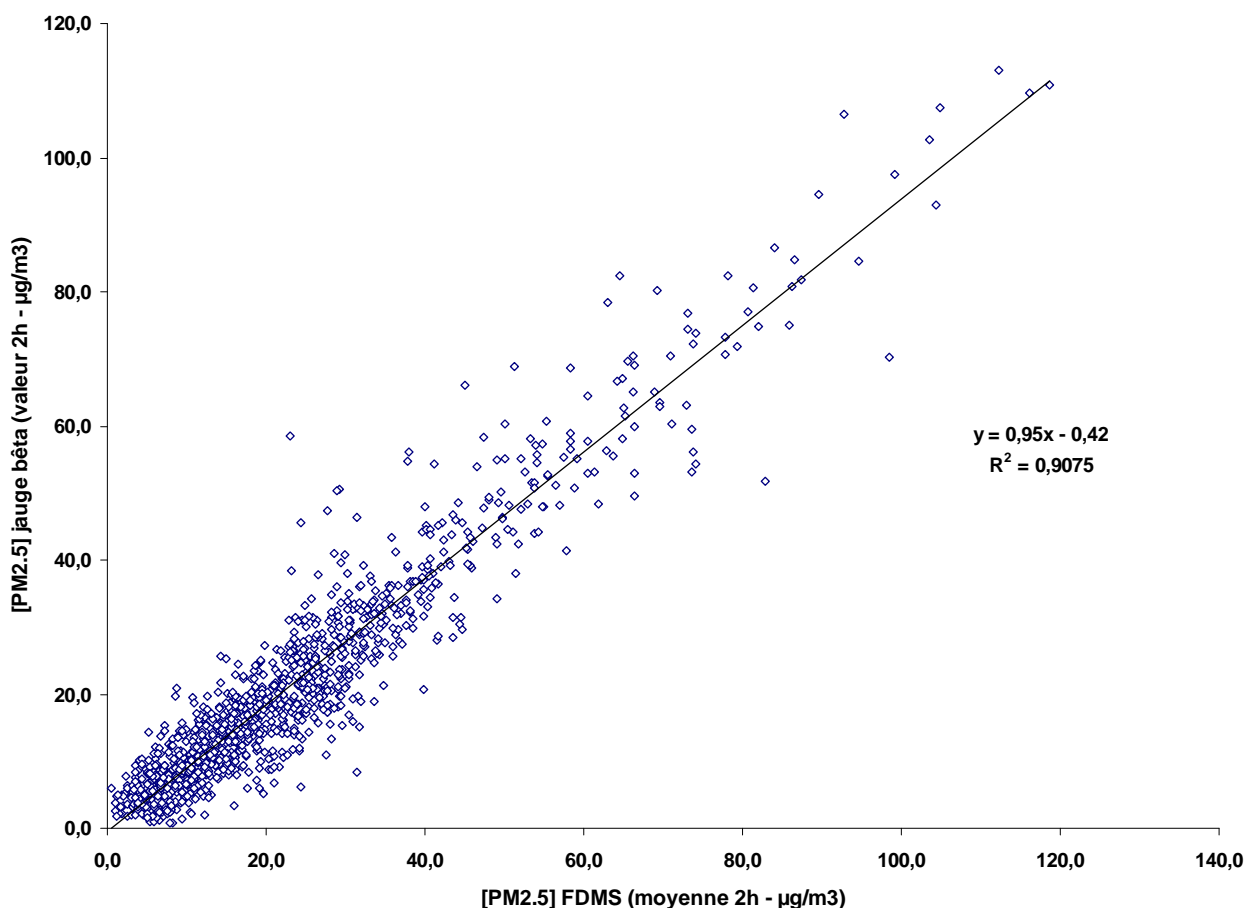
Les résultats satisfaisants obtenus montrent que le pas de temps de mesure de 2h pour une jauge MP101M-RST n'est pas pénalisant par rapport à une mesure unique sur 24h. Il est cependant important de noter que ce pas de temps de 2h est à utiliser dans le mode de configuration cyclique journalier, c'est à dire que l'appareil effectue une mesure intermédiaire toutes les 2h sur un même prélèvement journalier, l'appareil ne changeant son filtre qu'en fin de journée. L'inconvénient du décalage temporel d'obtention de la mesure demeure : la valeur 2h qui est communiquée par l'appareil à un instant donné correspond au prélèvement sur les 2 heures précédentes.

Pour confirmer ce résultat, une comparaison a été effectuée avec l'autre appareil automatique utilisé en AASQA. La valeur périodique 2h de la jauge radiométrique a été comparée avec la moyenne sur 2 heures des mesures horaires du TEOM-FDMS.

Le tableau III résume les résultats obtenus et la corrélation entre les séries de mesure est décrite par la figure 11:

Tableau III: récapitulatif des mesures PM<sub>2,5</sub> sur 2h de la jauge β MP101M-RST et du FDMS

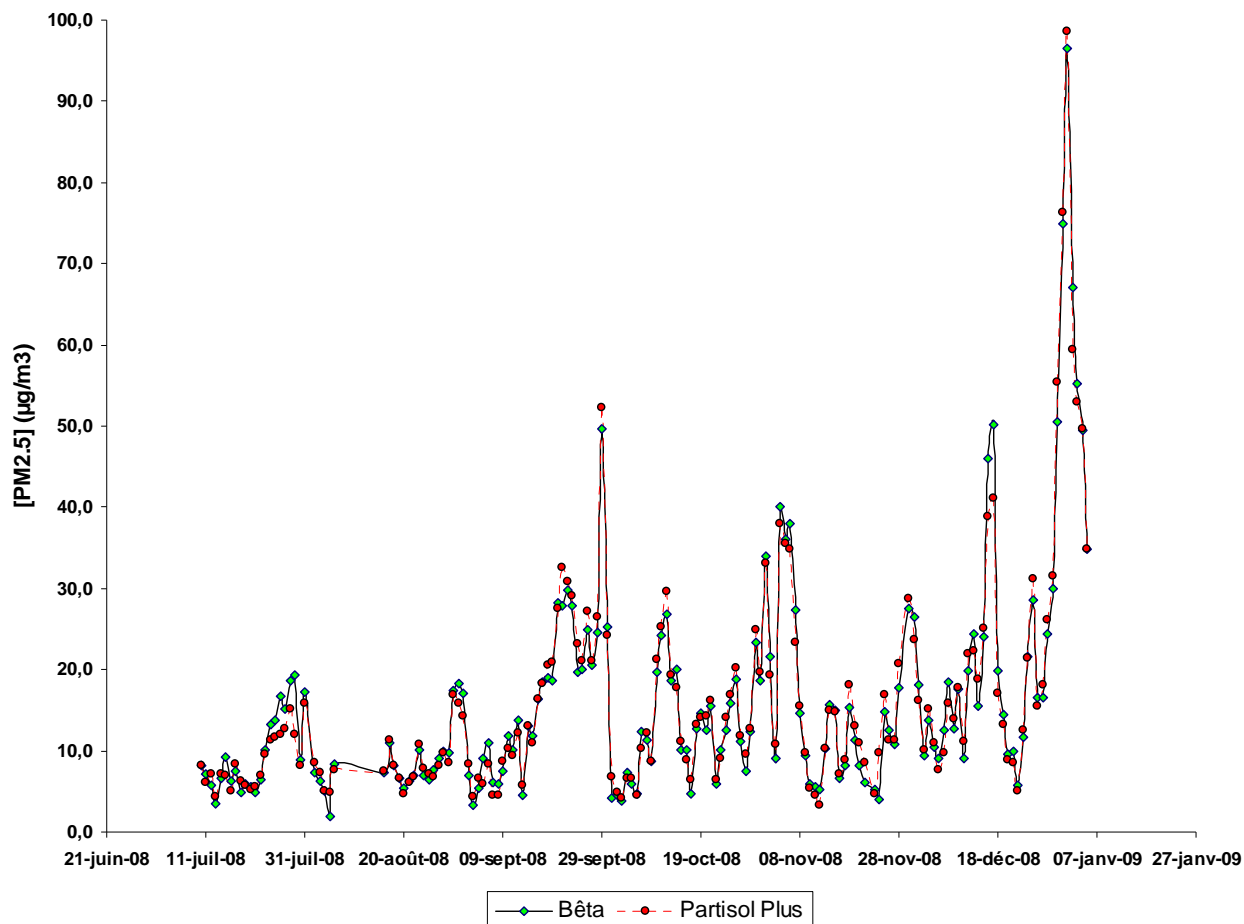
Appareil	TEOM-FDMS	Jauge β
Nombre de données traitées	1149	
Minimum (µg.m <sup>-3</sup> )	0,5	0,7
Maximum (µg.m <sup>-3</sup> )	98,6	82,3
Moyenne (µg.m <sup>-3</sup> )	19,5	17,7
IC <sub>95</sub> sur la moyenne (µg.m <sup>-3</sup> )	0,8	0,7
Nbre de dépassements de la VC (25 µg.m <sup>-3</sup> )	418	360
Droite de corrélation obtenue	Jauge β = 0,95 TEOM-FDMS - 0,42	
Coefficient de corrélation	0,953	
Rapport des moyennes $\frac{\text{Jauge } \beta}{\text{TEOM - FDMS}}$	0,905	
Rapport moyen $\frac{\text{Jauge } \beta}{\text{TEOM - FDMS}} \pm \text{écart-type}$	0,951 ± 0,537	

Figure 11 : Corrélation entre les mesures PM<sub>2,5</sub> sur 2h de la jauge β MP101M-RST et du FDMS

Une sous estimation des mesures de la jauge par rapport au FDMS est observée. La corrélation obtenue reste correcte ( $R > 0,95$ ), en dépit d'une certaine dispersion. Le pas de temps de 2h en mode cumulé ne semble pas pénaliser excessivement l'appareil.

### 3.1.3 Comparaison avec la méthode gravimétrique manuelle

Une comparaison a été effectuée entre la référence gravimétrique Partisol Plus  $PM_{2.5}$  et la jauge radiométrique MP101M-RST. Les valeurs journalières prises en compte correspondent à une durée de fonctionnement validé de 168 jours, entre le 10 juillet 2008 et le 5 janvier 2009. Les profils chronologiques sont décrits dans la figure suivante:



**Figure 12: profil chronologique des valeurs journalières  $PM_{2.5}$  de la jauge MP101M-RST et du Partisol Plus**

La corrélation entre les séries de mesure est décrite par la figure 13 et le tableau IV résume les résultats obtenus.

En comparaison avec la méthode gravimétrique, la méthode radiométrique montre une très bonne correspondance. La corrélation s'avère satisfaisante avec un coefficient de corrélation supérieur à 0,98. Le nombre de dépassements de la valeur cible de  $25 \mu g \cdot m^{-3}$  est sensiblement identique à celui obtenu avec la référence gravimétrique. Sur cette campagne de mesure, il est possible d'annoncer que pour la mesure des  $PM_{2.5}$ , la jauge radiométrique MP101M-RST donne des résultats équivalents à ceux obtenus avec la méthode de référence gravimétrique manuelle.

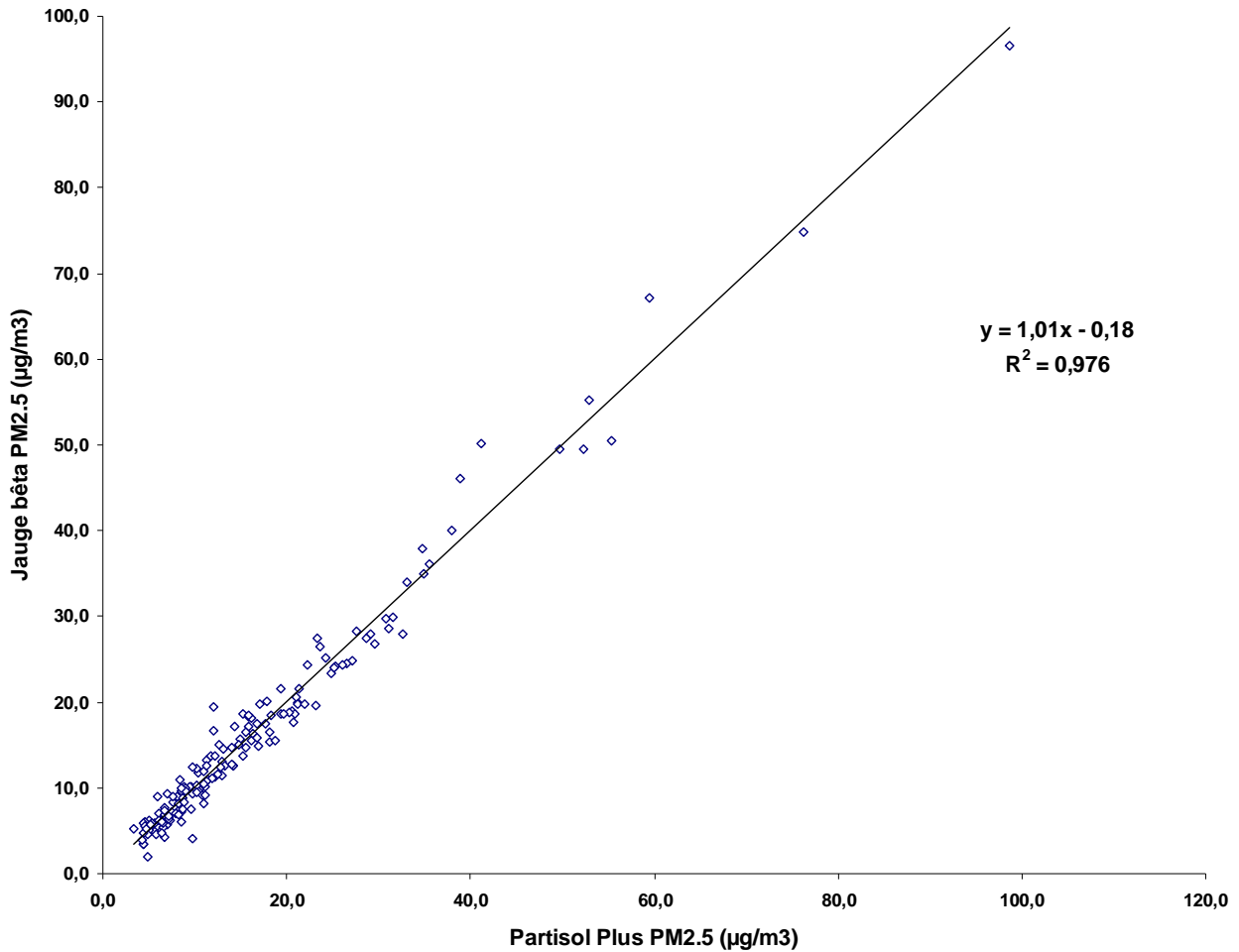


Figure 13 : Corrélation entre les valeurs journalières PM<sub>2,5</sub> MP101M-RST et Partisol Plus

Tableau IV : récapitulatif des mesures en parallèle (Jauge β, Partisol Plus)

Appareil	MP101M-RST	Partisol Plus
Nombre de paires de données traitées	168	
Minimum (µg.m <sup>-3</sup> )	2,0	3,4
Maximum (µg.m <sup>-3</sup> )	96,6	98,7
Moyenne (µg.m <sup>-3</sup> )	16,1	16,0
IC <sub>95</sub> sur la moyenne (µg.m <sup>-3</sup> )	2,0	2,0
Nbre de dépassements de la VC (25 µg.m <sup>-3</sup> )	25	27
Droite de corrélation obtenue	MP101M = 1,01 Partisol - 0,18	
Coefficient de corrélation	0,988	
Rapport des moyennes $\frac{\text{MP101M - RST}}{\text{Partisol}}$	1,002	
Rapport moyen $\frac{\text{MP101M-RST}}{\text{Partisol}} \pm \text{écart-type}$	1,005 ± 0,165	

### 3.1.4 Comparaison avec la microbalance TEOM-FDMS

La comparaison entre les 2 méthodes automatiques utilisées actuellement en France a été effectuée. La configuration de la jauge bêta est en accumulation 24h. Le TEOM-FDMS a été pris comme référence car c'est le seul appareil automatique à avoir donné des résultats équivalents avec la méthode de référence manuelle  $PM_{2,5}$ . [5]. La comparaison est basée sur la moyenne journalière (moyenne des mesures périodiques sur 2 h pour la MP101M-RST, moyenne des valeurs horaires pour le FDMS). Les valeurs journalières prises en compte correspondent à une durée de fonctionnement validé de 102 jours, du 20 octobre 2008 au 7 janvier 2009 :

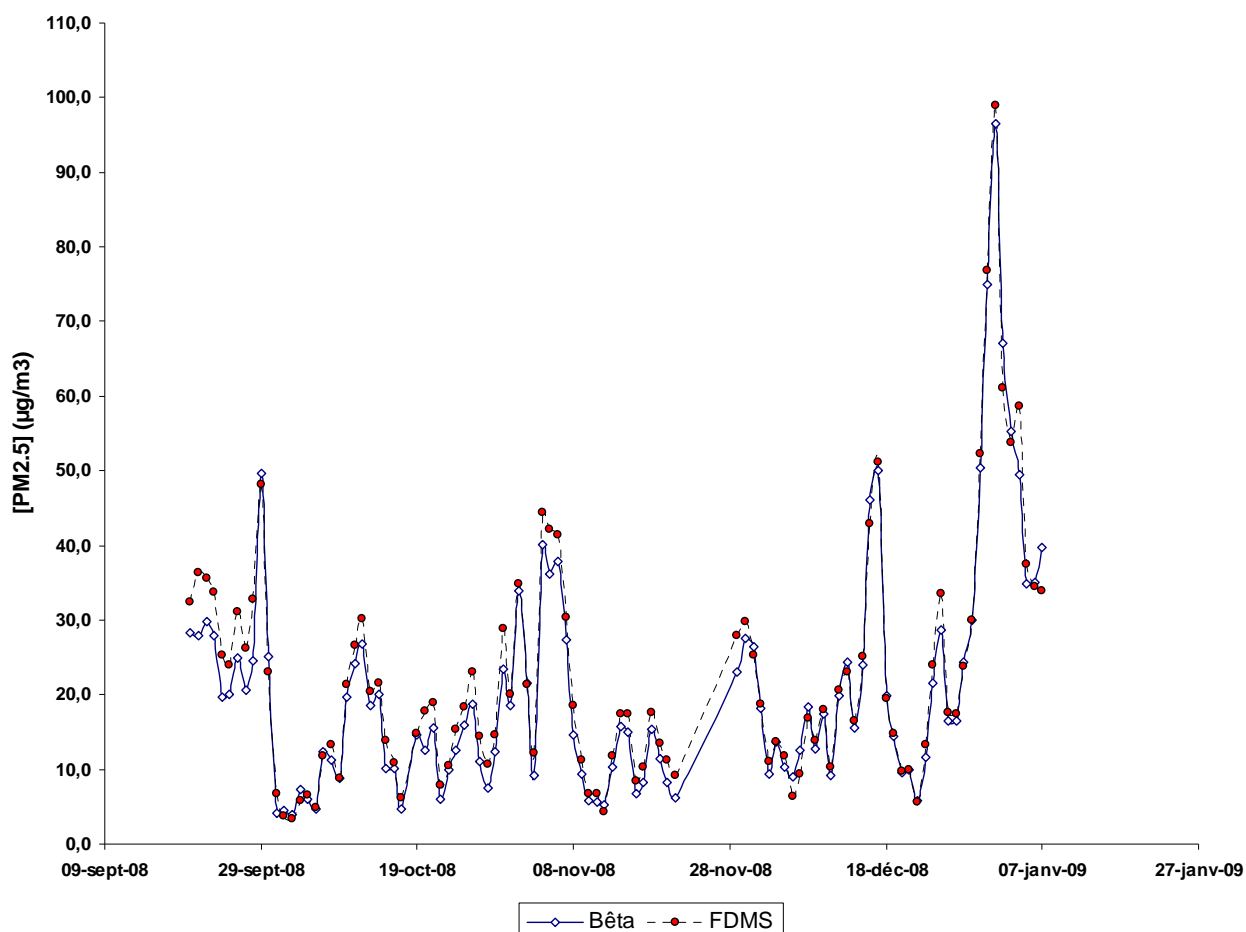


Figure 14: profil chronologique des valeurs journalières de la jauge bêta MP101M-RST et du TEOM-FDMS  $PM_{2,5}$  - Période du 20/10/08 au 07/01/09

La jauge bêta donne des résultats comparables à ceux du TEOM-FDMS (Pente de régression linéaire orthogonale de 0,99, coefficient de corrélation supérieur à 0,98). Cependant, un petit décalage systématique est observé entre les 2 méthodes (ordonnée à l'origine de l'ordre de  $-1,4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ). Une tendance à la sous-estimation de la part de la jauge bêta est décelable, au travers du rapport des moyennes sur la période d'étude et le nombre de dépassements d'un seuil journalier fixé arbitrairement à  $25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  : la sous-estimation est de l'ordre de  $2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  sur la valeur moyenne et de 20% en nombre de dépassements du seuil (en considérant le TEOM-FDMS comme référence). Le manque de sensibilité de la jauge (pour les faibles valeurs en  $PM_{2,5}$ , inférieures à  $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , soit 20% des valeurs observées sur la période d'étude) est une raison possible.

[5] Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air – Rapport d'activités 2006 « Procédure d'équivalence : TEOM/FDMS  $PM_{10}$  et  $PM_{2,5}$  - Campagne de Marseille » INERIS

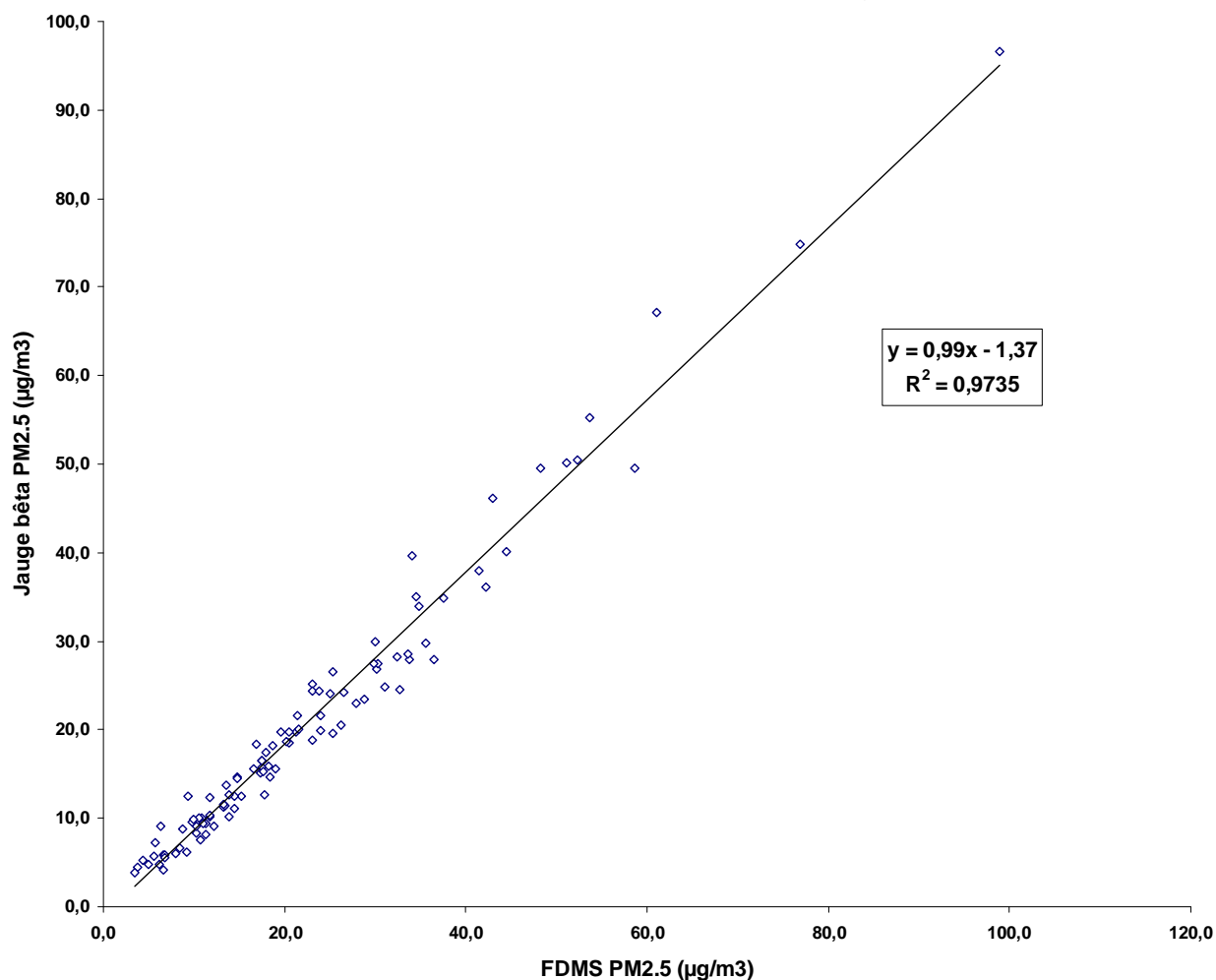


Le tableau V résume les résultats obtenus :

**Tableau V: récapitulatif des mesures en parallèle (Jauge  $\beta$ , TEOM-FDMS)**

Appareil	MP101M-RST	TEOM-FDMS
<b>Nombre de paires de données traitées</b>	102	
<b>Minimum (<math>\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}</math>)</b>	3,9	3,4
<b>Maximum (<math>\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}</math>)</b>	96,6	98,9
<b>Moyenne (<math>\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}</math>)</b>	20,8	22,5
<b>IC<sub>95</sub> sur la moyenne (<math>\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}</math>)</b>	3,1	3,1
<b>Nbre de dépassements de la VC (<math>25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}</math>)</b>	27	34
<b>Droite de corrélation obtenue</b>	<b>MP101M-RST = 0,99 FDMS - 1,37</b>	
<b>Coefficient de corrélation</b>	0,987	
<b>Rapport des moyennes <math>\frac{\text{MP101M - RST}}{\text{TEOM - FDMS}}</math></b>	0,925	
<b>Rapport moyen <math>\frac{\text{MP101M-RST} \pm \text{écart-type}}{\text{TEOM-FDMS}}</math></b>	0,921 $\pm$ 0,135	

La corrélation entre les séries de mesures est décrite dans la figure suivante :



**Figure 15 : Corrélation entre les valeurs journalières MP101M et TEOM**

### 3.1.5 Comparaison avec la jauge SHARP 5030 de Thermo R&P

A l'heure actuelle, la méthode de mesure des particules en suspension par absorption de rayonnement bêta est représentée en AASQA par un seul appareil, la jauge MP101M-RST d'Environnement SA. Un autre fabricant a obtenu en 2008 l'autorisation à commercialiser sur le sol français ce type de matériel, la société Thermo Fisher Scientific avec l'appareil SHARP 5030. Il est donc intéressant de comparer ces 2 appareillages qui utilisent la même technique de mesure.

La comparaison effectuée entre la jauge MP101M-RST et l'appareil SHARP 5030 correspond à une durée de fonctionnement validé de 184 jours, entre le 29/06/08 et le 07/01/09. Les profils chronologiques sont décrits dans la figure suivante:

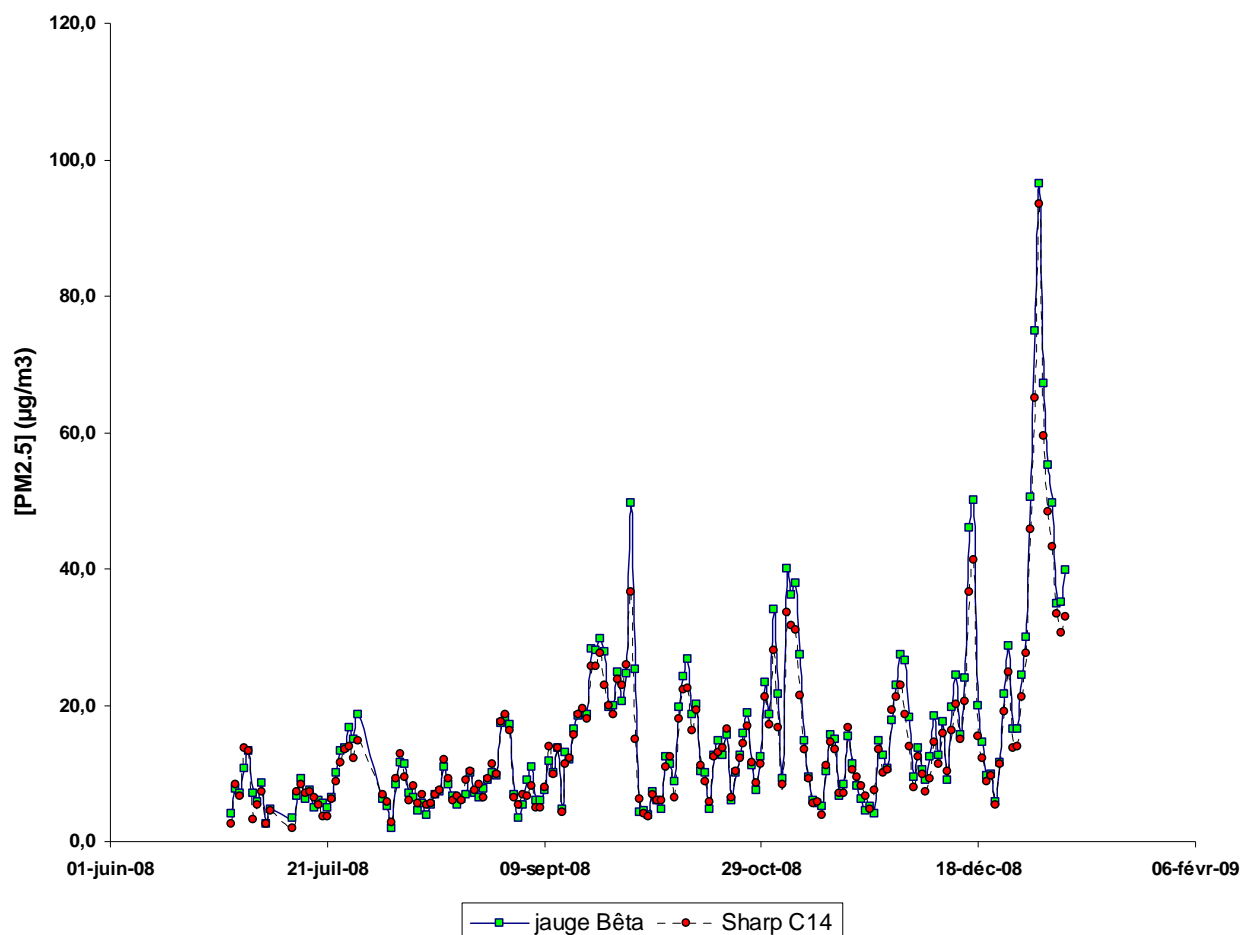


Figure 16 : profil chronologique des valeurs journalières  $PM_{2.5}$  MP101M-RST et Sharp 5030

Si une bonne synchronicité des appareils est observée, une sous estimation des mesures de la part de l'appareil SHARP 5030 est notée dès que les teneurs en particules augmentent au delà d'un seuil se situant vers  $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ .

En comparaison avec la jauge MP101M-RST, l'appareil montre une sous-estimation de la concentration de l'ordre de 10%. Ainsi, une concentration de  $25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  obtenue avec la jauge MP101M-RST correspondrait à  $22,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  sur l'appareil SHARP. Cependant, la corrélation s'avère satisfaisante (coefficient de corrélation supérieur à 0,98). La différence entre les pas de temps de mesure est une cause probable (2h sur la jauge MP101M-RST, 30 minutes – non modifiable - sur l'appareil SHARP).

La corrélation entre les séries de mesure est décrite par la figure 17 et le tableau VI résume les résultats obtenus:

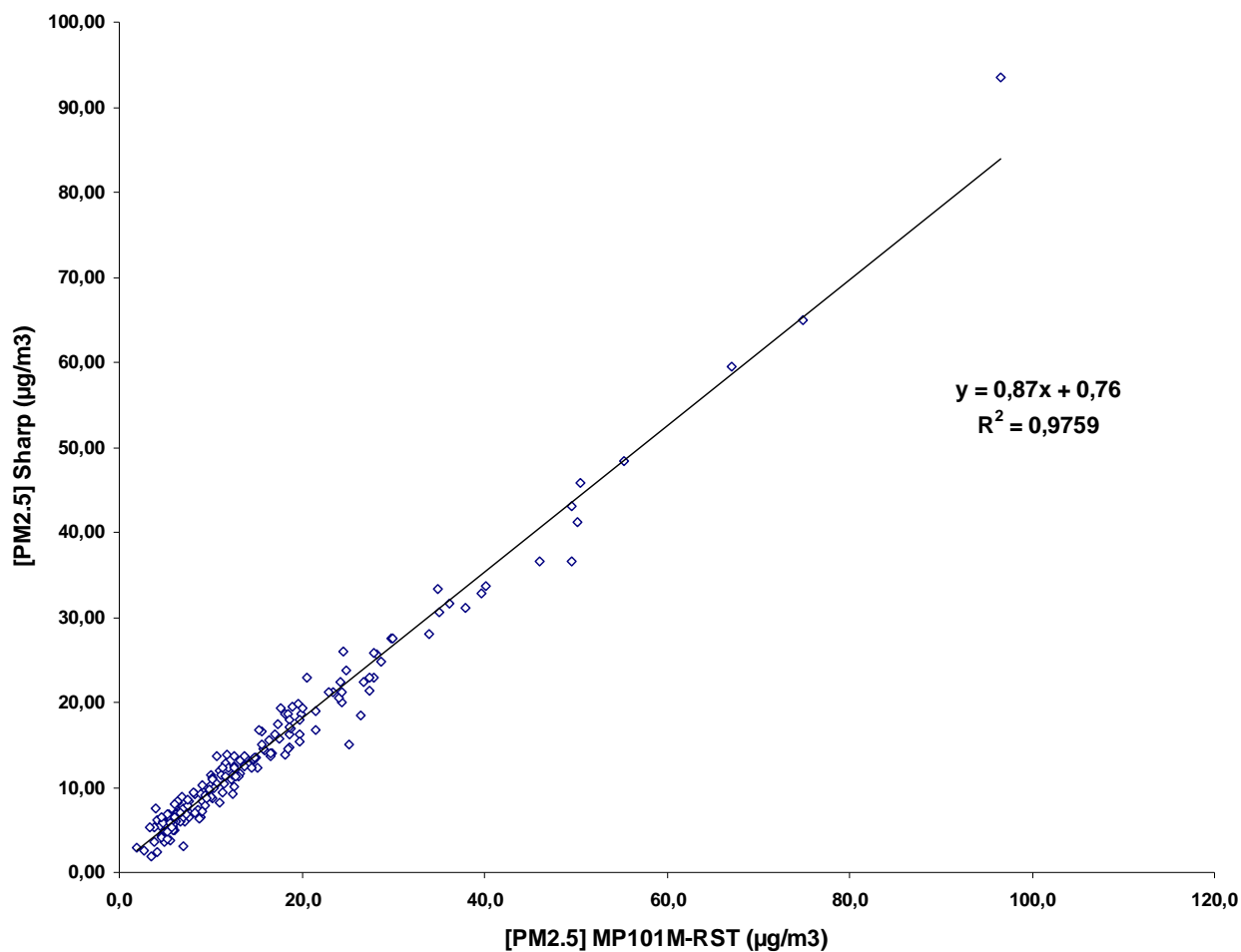


Figure 17: Corrélation entre les valeurs journalières MP101M-RST et Sharp 5030

Tableau VI: récapitulatif des mesures en parallèle (MP101M-RST, Sharp 5030)

Appareil	MP101M-RST	SHARP 5030
Nombre de paires de données traitées	184	
Minimum ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	2,0	1,9
Maximum ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	96,6	93,6
Moyenne ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	15,6	14,3
IC <sub>95</sub> sur la moyenne ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	1,9	1,7
Nbre de dépassements de la VC ( $25 \mu\text{g.m}^{-3}$ )	27	21
Droite de corrélation obtenue	<b>SHARP = 0,87 MP101M + 0,76</b>	
Coefficient de corrélation	0,988	
Rapport des moyennes $\frac{\text{SHARP}}{\text{MP101M - RST}}$	0,917	
Rapport moyen $\frac{\text{SHARP}}{\text{MP101M - RST}} \pm \text{écart-type}$	0,963 $\pm$ 0,179	

### 3.2 ETUDE DE LA JAUGE SHARP 5030 DE THERMO R&P

Comme indiqué précédemment au § 2.3, l'appareil SHARP 5030 présente l'intérêt de donner une mesure quasiment en temps réel (pas de temps de mesure de 1 minute) de la concentration massique en particules, sur la base d'une valeur par méthode optique ajustée par rapport à la méthode par radiométrie bêta dont les qualités sont reconnues. Dans cette configuration, cet analyseur bénéficie d'une démonstration d'équivalence effectuée en Allemagne par le TÜV en PM<sub>10</sub> [10] et PM<sub>2.5</sub> [11]. Cet appareil est désormais accessible en France et est susceptible d'être utilisé en AASQA. Différentes comparaisons ont donc été faites sur le site de Douai pour vérifier les performances métrologiques en PM<sub>2.5</sub>.

#### 3.2.1 Comparaison entre la mesure radiométrique et la mesure optique

La correspondance entre la mesure optique en temps réel et la mesure gravimétrique par absorption bêta a été étudiée. La comparaison est basée sur la moyenne journalière. Les valeurs journalières prises en compte correspondent à une durée de fonctionnement validé de 184 jours, du 29/06/08 au 07/01/2009:

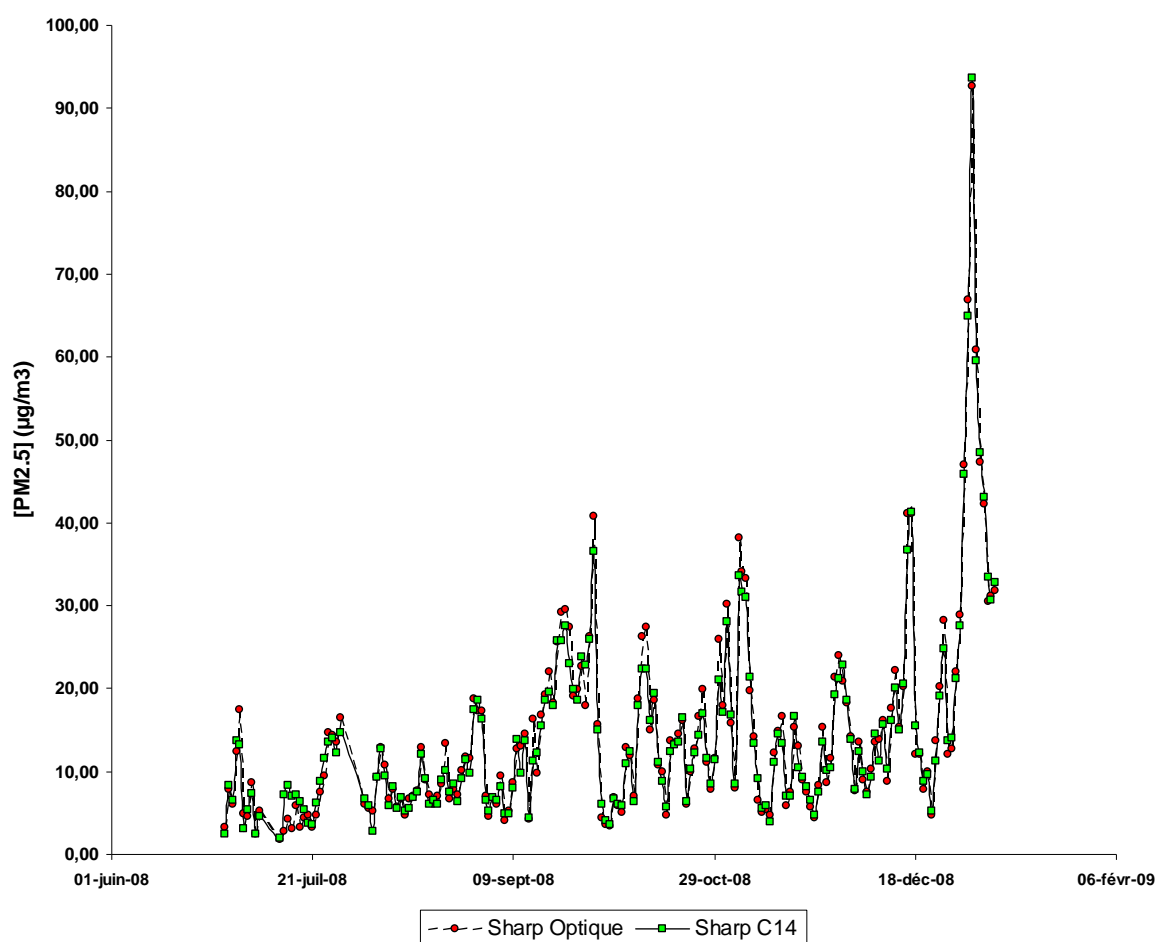


Figure 18 : profil chronologique des valeurs journalières PM<sub>2.5</sub> du Sharp 5030

[10] Report on the suitability test of the ambient air quality measuring system Model 5030 SHARP monitor with PM<sub>10</sub> pre-separator of the company Thermo Fisher Scientific for the measured component suspended particulate matter PM<sub>10</sub> (TÜV report n° 936/21203481/A - Cologne, December 06, 2006)

[11] Report on the suitability test of the ambient air quality measuring system Model 5030 SHARP Monitor (Thermo Fisher Scientific) with PM<sub>2.5</sub> preseparator for the measured component suspended particulate matter PM<sub>2.5</sub> - (TÜV report n° 936/21203481/B - Cologne, December 06, 2006)

Le tableau VII résume les résultats obtenus :

Tableau VII: récapitulatif des mesures optique & radiométrique du SHARP 5030

Type de mesure	SHARP optique	SHARP C14
Nombre de paires de données traitées	184	
Minimum ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	1,7	1,9
Maximum ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	92,6	93,6
Moyenne ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	14,6	14,3
IC <sub>95</sub> sur la moyenne ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	1,7	1,7
Nbre de dépassements de la VC ( $25 \mu\text{g.m}^{-3}$ )	26	21
Droite de corrélation obtenue	SHARP optique = 1,04 SHARP C14 - 0,19	
Coefficient de corrélation	0,990	
Rapport des moyennes $\frac{\text{SHARP optique}}{\text{SHARP C14}}$	1,024	
Rapport moyen $\frac{\text{SHARP optique}}{\text{SHARP C14}} \pm \text{écart-type}$	1,016 $\pm$ 0,167	

La corrélation entre les séries de mesures est décrite dans la figure suivante :

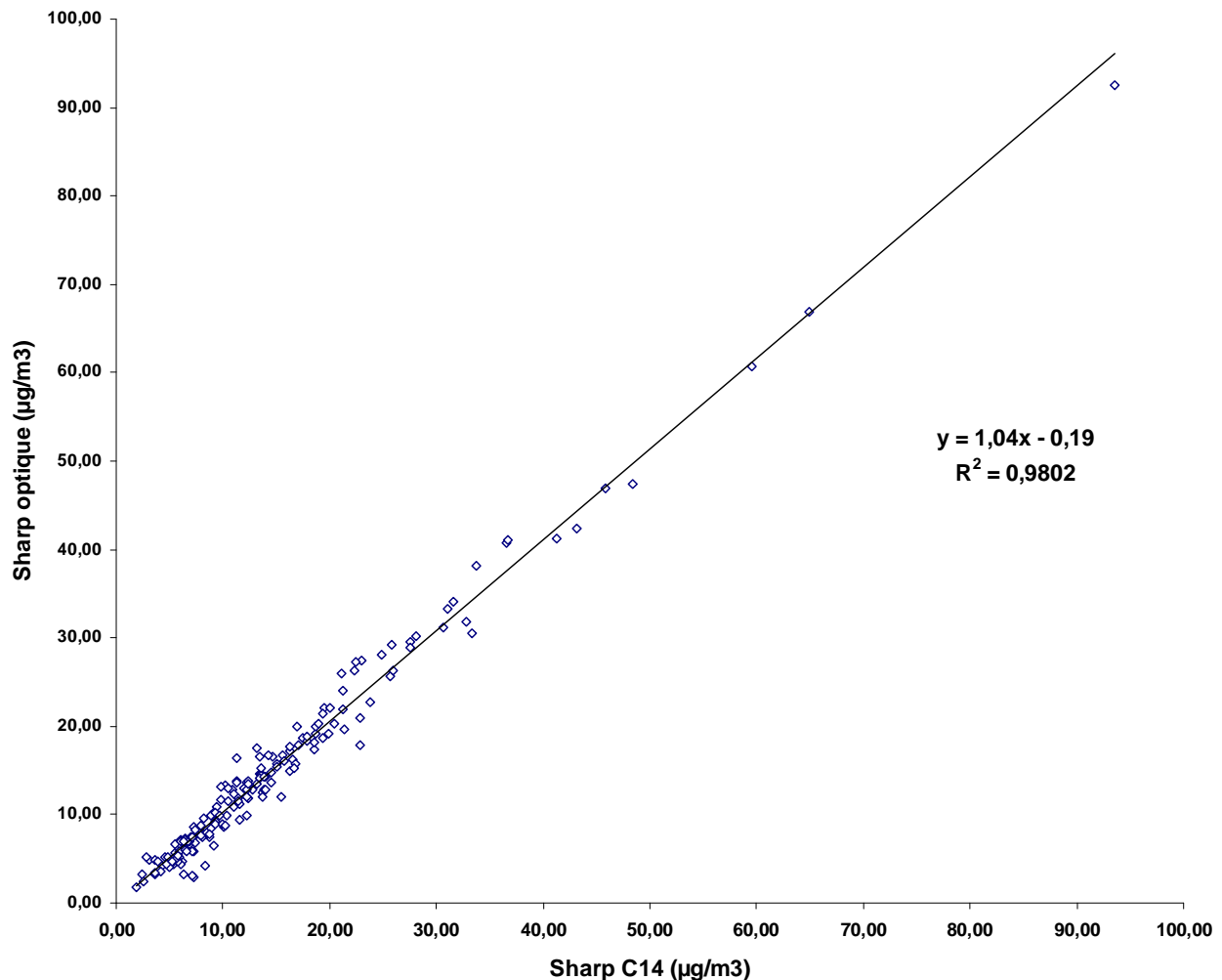


Figure 19: Corrélation entre les valeurs journalières optique et radiométrique du SHARP 5030

La mesure optique en temps réel de l'appareil SHARP 5030 donne des résultats tout à fait comparables à ceux de la mesure radiométrique considérée comme référence (Pente de régression linéaire orthogonale de 1,04, coefficient de corrélation égal à 0,99). Cependant, une légère tendance à la surestimation est observée, au travers du rapport des moyennes sur la période d'étude et le nombre de dépassements d'un seuil journalier fixé arbitrairement à  $25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  : la sous estimation est de l'ordre de 2% sur la valeur moyenne et de 24% en nombre de dépassements du seuil (en considérant la mesure radiométrique comme référence). La sensibilité de la mesure optique associée au recalage par rapport à la mesure radiométrique à pas de temps plus important est une raison possible.

### 3.2.2 Comparaison avec la méthode gravimétrique manuelle

Les 2 mesures issues du SHARP 5030 ont été comparées avec la référence gravimétrique Partisol Plus  $\text{PM}_{2.5}$ . Les valeurs journalières prises en compte correspondent à une durée de fonctionnement validé de 163 jours, entre le 13 juillet 2008 et le 5 janvier 2009. Les profils chronologiques sont décrits dans la figure suivante:

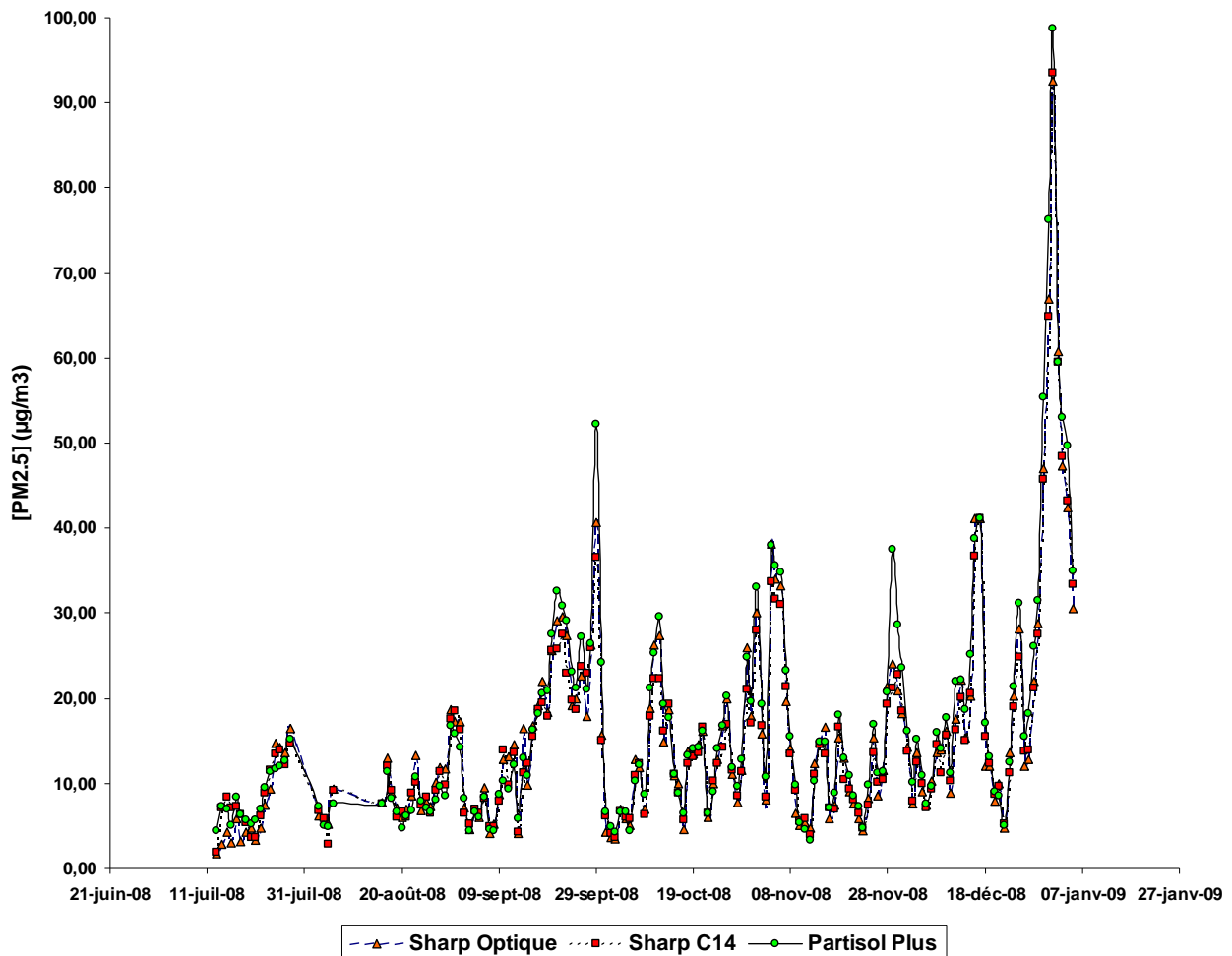


Figure 20: profil chronologique des valeurs journalières  $\text{PM}_{2.5}$  du SHARP 5030 et du Partisol Plus

La corrélation entre les séries de mesure est décrite par les figures 21 et 22 et les tableaux VIII et IX rassemblent les résultats obtenus.

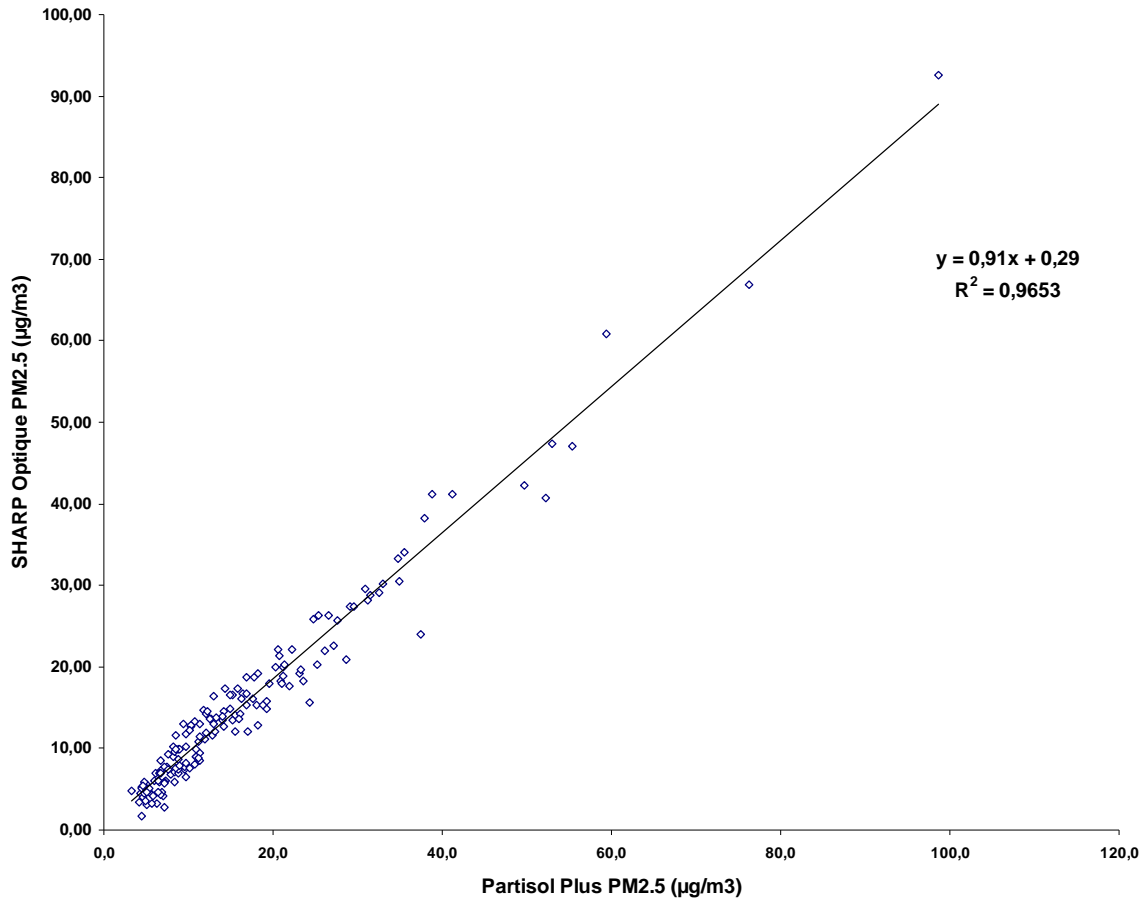


Figure 21: Corrélation entre les valeurs journalières Sharp 5030 (optique) et Partisol Plus

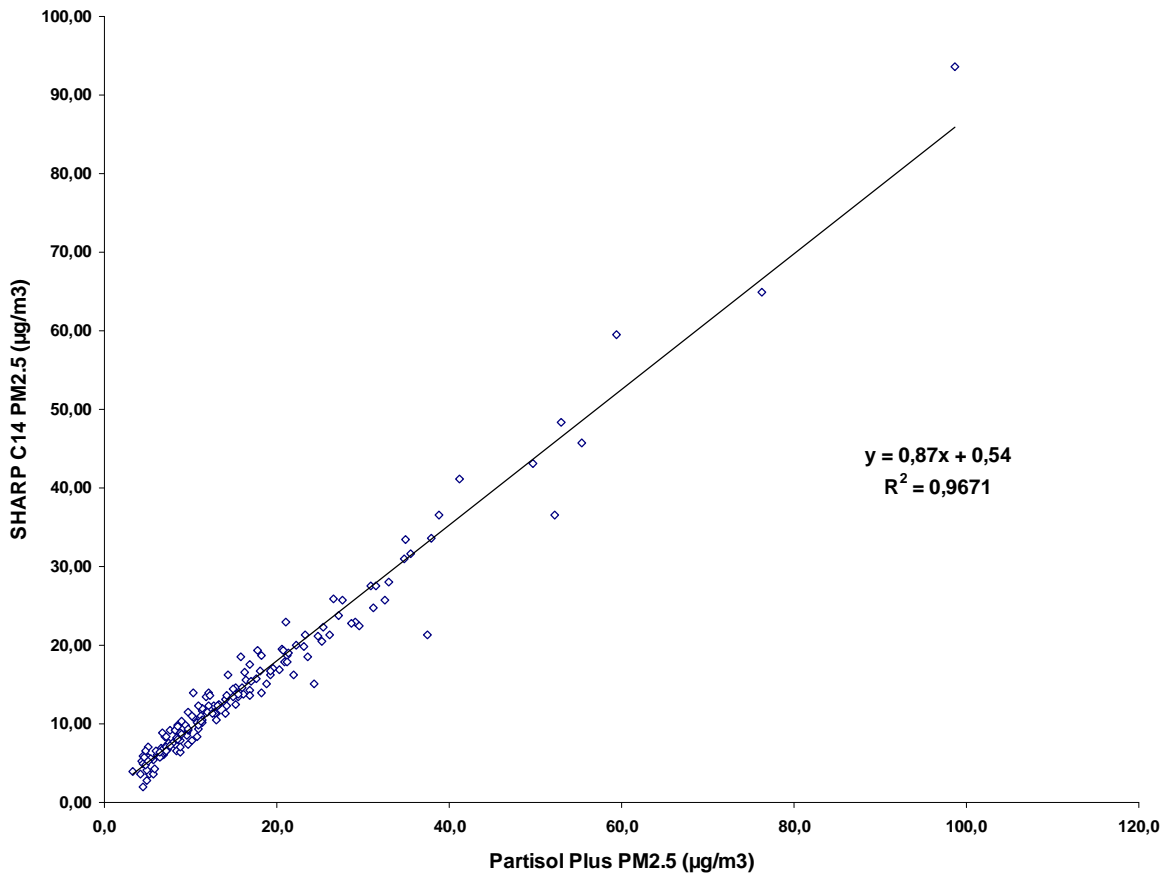


Figure 22: Corrélation entre les valeurs journalières Sharp 5030 (C<sup>14</sup>) et Partisol Plus

Tableau VIII : récapitulatif des mesures en parallèle (SHARP optique, Partisol Plus)

Appareil	SHARP optique	Partisol Plus
<b>Nombre de paires de données traitées</b>	163	
<b>Minimum (<math>\mu\text{g.m}^{-3}</math>)</b>	1,7	3,4
<b>Maximum (<math>\mu\text{g.m}^{-3}</math>)</b>	92,6	98,7
<b>Moyenne (<math>\mu\text{g.m}^{-3}</math>)</b>	15,2	16,4
<b>IC<sub>95</sub> sur la moyenne (<math>\mu\text{g.m}^{-3}</math>)</b>	1,9	2,1
<b>Nbre de dépassements de la VC (<math>25 \mu\text{g.m}^{-3}</math>)</b>	24	28
<b>Droite de corrélation obtenue</b>	<b>SHARP optique = 0,91 Partisol + 0,29</b>	
<b>Coefficient de corrélation</b>	0,982	
<b>Rapport des moyennes</b> $\frac{\text{SHARP - optique}}{\text{Partisol}}$	0,929	
<b>Rapport moyen</b> $\frac{\text{SHARP - optique}}{\text{Partisol}} \pm \text{écart-type}$	0,943 $\pm$ 0,180	

Tableau IX : récapitulatif des mesures en parallèle (SHARP C<sup>14</sup>, Partisol Plus)

Appareil	SHARP C <sup>14</sup>	Partisol Plus
<b>Nombre de paires de données traitées</b>	163	
<b>Minimum (<math>\mu\text{g.m}^{-3}</math>)</b>	1,9	3,4
<b>Maximum (<math>\mu\text{g.m}^{-3}</math>)</b>	93,6	98,7
<b>Moyenne (<math>\mu\text{g.m}^{-3}</math>)</b>	14,9	16,4
<b>IC<sub>95</sub> sur la moyenne (<math>\mu\text{g.m}^{-3}</math>)</b>	1,8	2,1
<b>Nbre de dépassements de la VC (<math>25 \mu\text{g.m}^{-3}</math>)</b>	19	28
<b>Droite de corrélation obtenue</b>	<b>SHARP C14 = 0,87 Partisol + 0,54</b>	
<b>Coefficient de corrélation</b>	0,983	
<b>Rapport des moyennes</b> $\frac{\text{SHARP - C14}}{\text{Partisol}}$	0,908	
<b>Rapport moyen</b> $\frac{\text{SHARP - C14}}{\text{Partisol}} \pm \text{écart-type}$	0,942 $\pm$ 0,152	

En comparaison avec la méthode gravimétrique, les 2 mesures issues du SHARP 5030 montrent une correspondance correcte. La corrélation s'avère satisfaisante avec un coefficient de corrélation supérieur à 0,98 dans les 2 cas. Cependant une tendance à la sous-estimation est décelée, de l'ordre de 6% pour la mesure optique et d'environ 9% pour la mesure radiométrique par rapport à la valeur moyenne. En considérant la notion de dépassement de seuil, par rapport à la méthode gravimétrique de référence, 15 à 30% de dépassements ne seraient pas détectés selon la mesure utilisée. Cependant, par rapport à un objectif de mesure du type « moyenne annuelle », cette sous estimation n'est pas réhabilitaire. C'est son impact sur l'objectif de qualité des données qui est primordial.



### 3.2.3 Comparaison avec la microbalance TEOM-FDMS

Dans la mesure où le SHARP 5030 est susceptible d'être utilisé en AASQA, il était intéressant de le comparer avec l'appareil majoritairement implanté sur le terrain en France, le TEOM-FDMS (actuellement seul appareil recommandé par les pouvoirs publics pour la mesure des  $PM_{2.5}$ )

La comparaison entre ces 2 méthodes automatiques a été faite sur la base de la moyenne sur 24h des valeurs horaires, en considérant le TEOM-FDMS comme référence. Les valeurs journalières prises en compte correspondent à une durée de fonctionnement validé de 109 jours, du 20/09/08 au 07/01/09 :

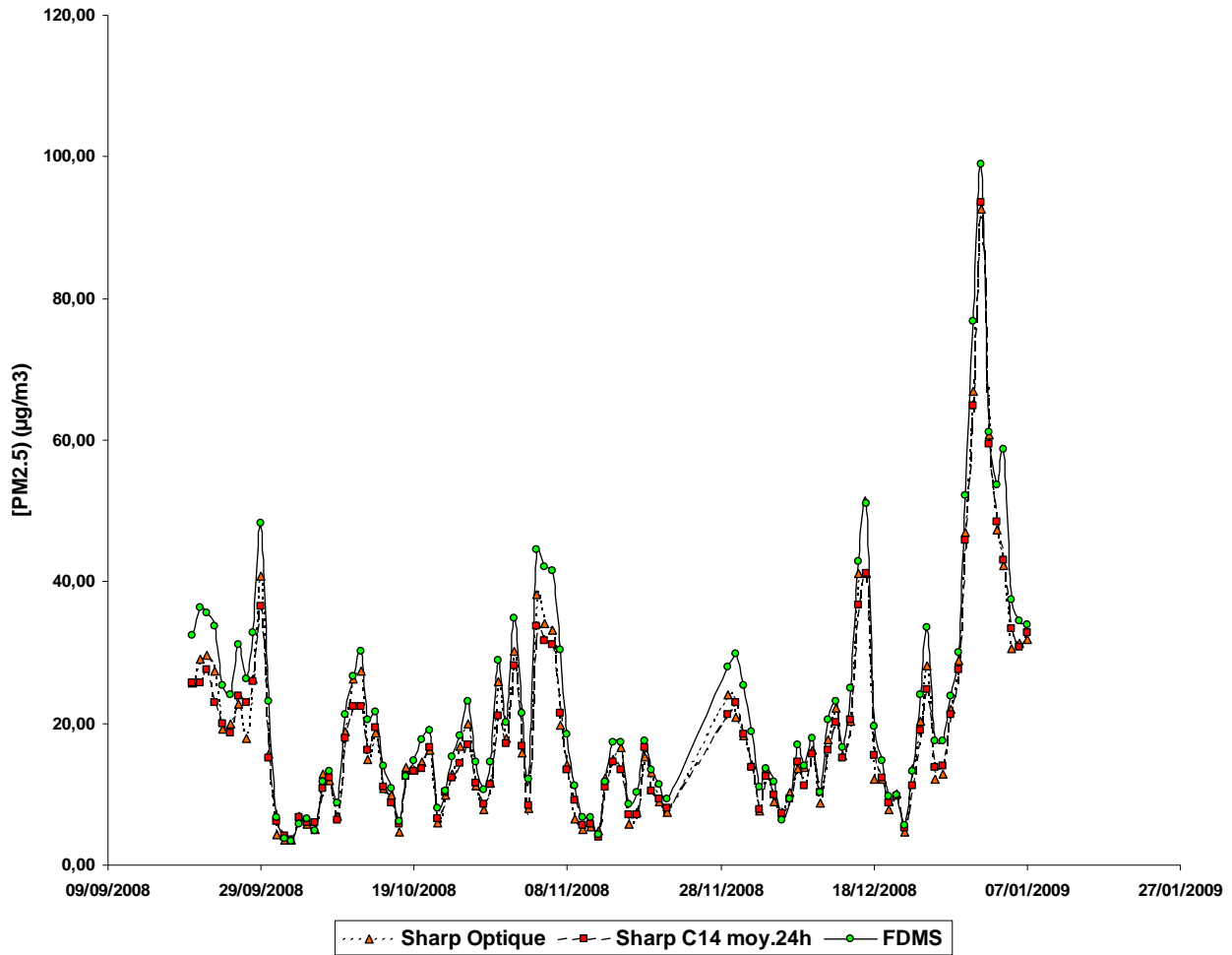


Figure 23: profil chronologique des valeurs journalières  $PM_{2.5}$  du SHARP 5030 et du TEOM-FDMS

La mesure en temps réel étant le principal avantage de l'appareil SHARP, 2 profils chronologiques types sont donnés, correspondant à des journées faiblement et fortement polluées, illustrant l'influence du niveau de particules sur l'écart entre la mesure optique et le TEOM-FDMS (cf. figures 24 & 25). Les corrélations entre les séries de mesure pour l'ensemble de la période d'étude sont décrites par les figures 26 et 27 et les tableaux X et XI rassemblent les résultats obtenus.

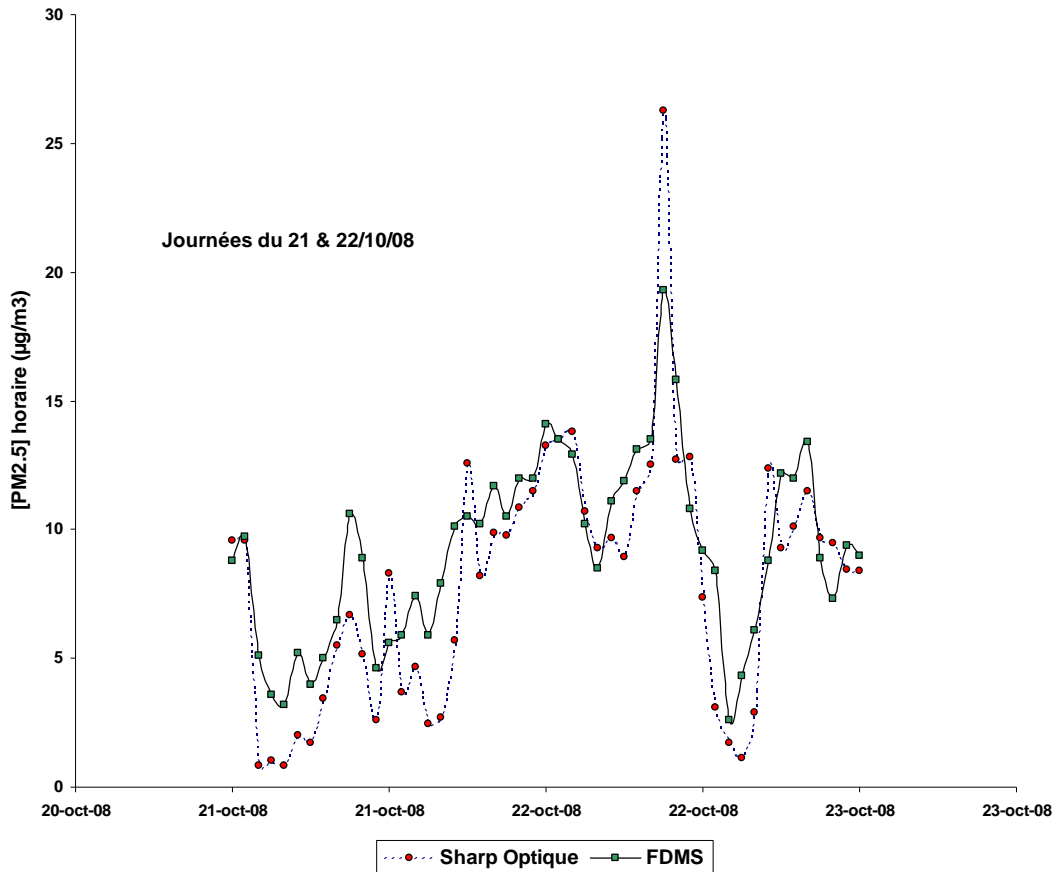


Figure 24: profil chronologique des valeurs horaires  $PM_{2.5}$  du SHARP 5030 et du TEOM-FDMS

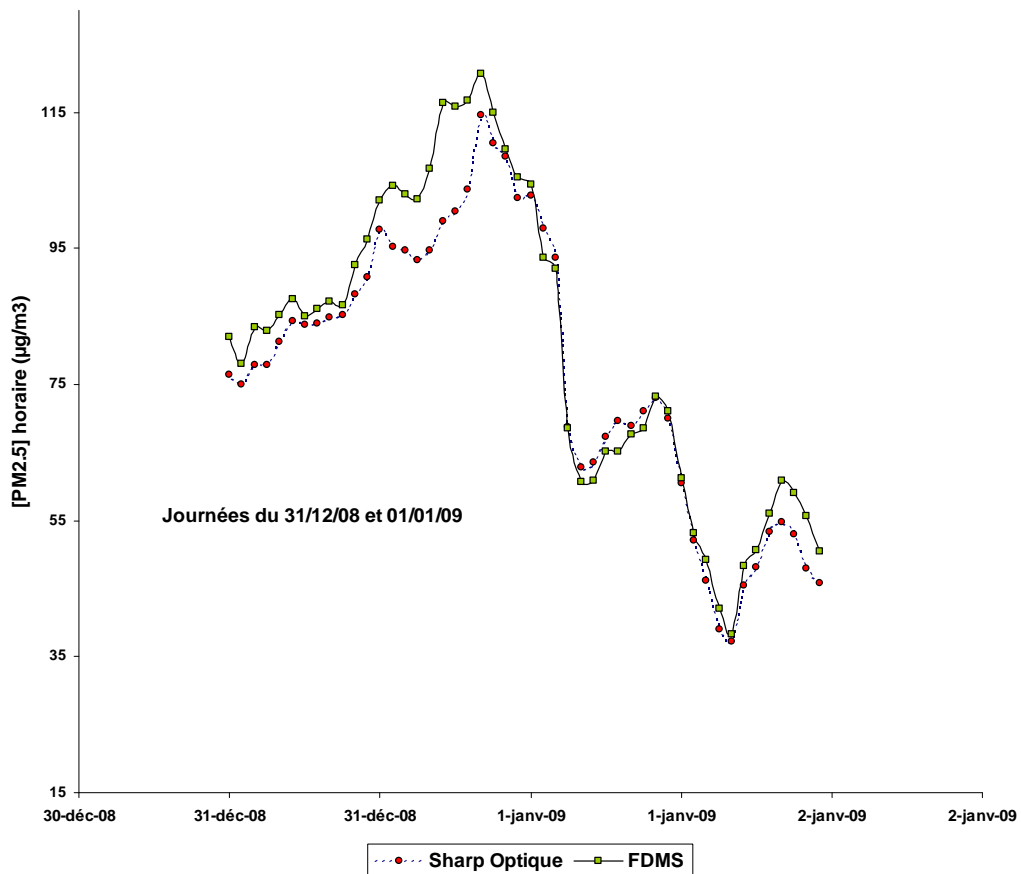


Figure 25: profil chronologique des valeurs horaires  $PM_{2.5}$  du SHARP 5030 et du TEOM-FDMS

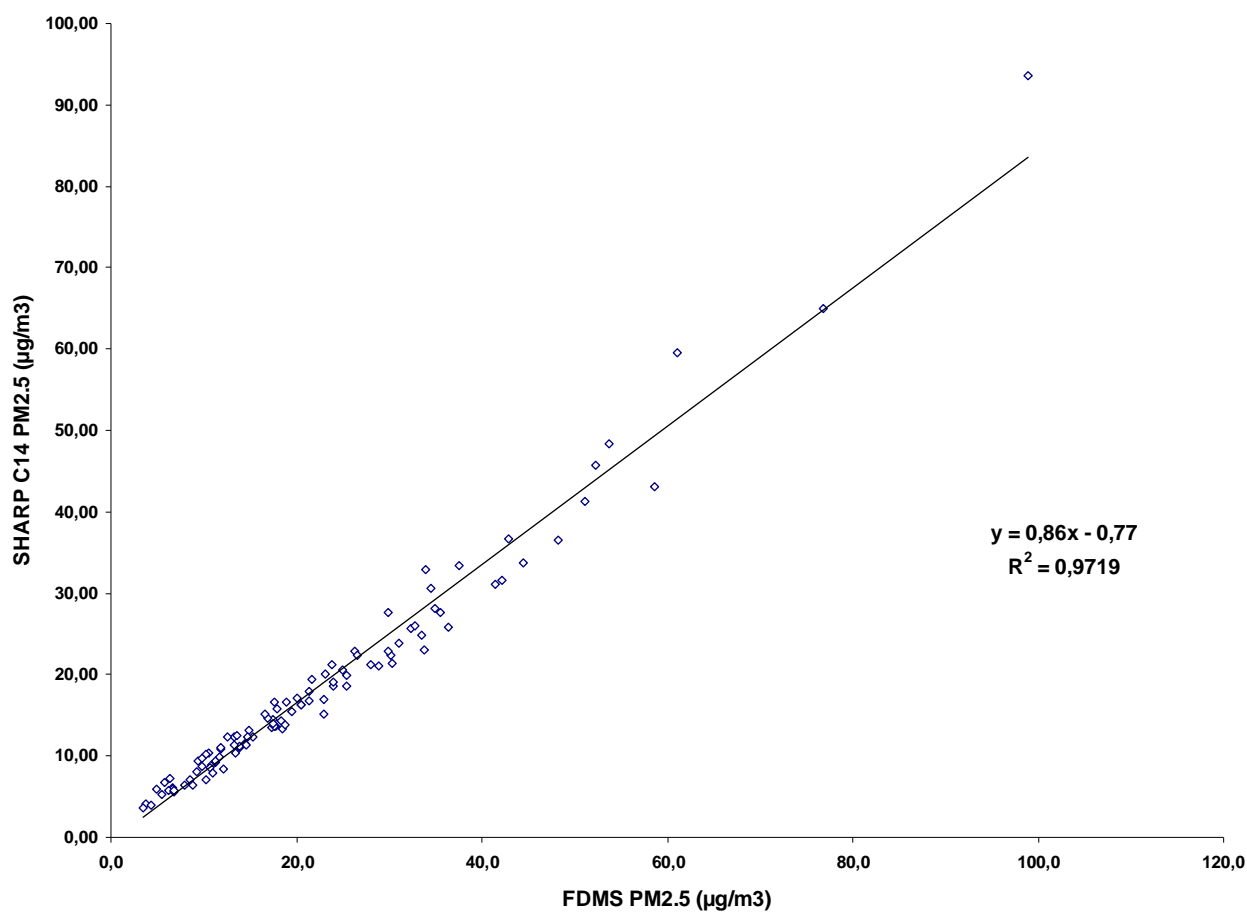


Figure 26: Corrélation entre les valeurs journalières Sharp 5030 (C14) et TEOM-FDMS

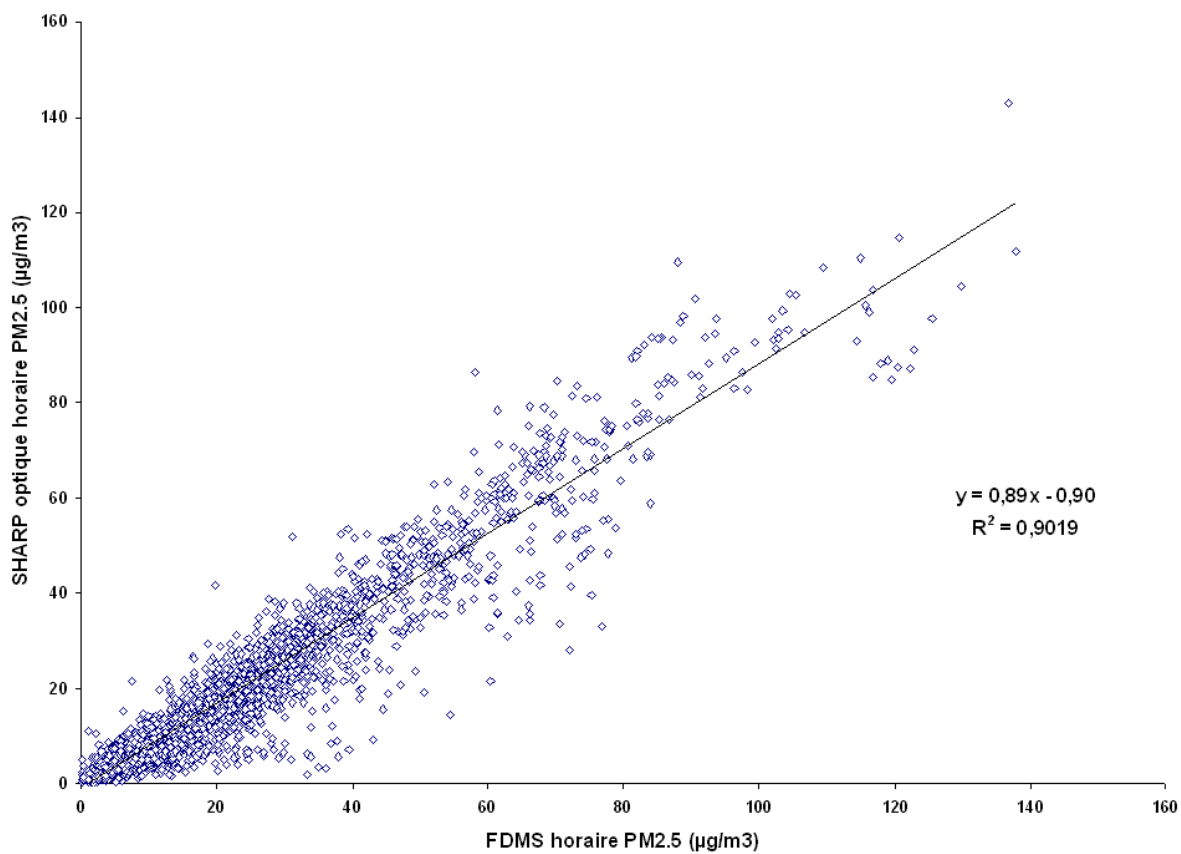


Figure 27: Corrélation entre les valeurs horaires Sharp 5030 (optique) et TEOM-FDMS

Tableau X : récapitulatif des mesures journalières en parallèle (SHARP C<sup>14</sup>, TEOM-FDMS)

Appareil	SHARP C <sup>14</sup>	TEOM-FDMS
<b>Nombre de paires de données traitées</b>	103	
<b>Minimum (<math>\mu\text{g.m}^{-3}</math>)</b>	3,6	3,4
<b>Maximum (<math>\mu\text{g.m}^{-3}</math>)</b>	93,6	98,9
<b>Moyenne (<math>\mu\text{g.m}^{-3}</math>)</b>	18,5	22,4
<b>IC<sub>95</sub> sur la moyenne (<math>\mu\text{g.m}^{-3}</math>)</b>	2,7	3,1
<b>Nbre de dépassements de la VC (<math>25 \mu\text{g.m}^{-3}</math>)</b>	21	34
<b>Droite de corrélation obtenue</b>	<b>SHARP C14 = 0,86 FDMS - 0,77</b>	
<b>Coefficient de corrélation</b>	0,986	
<b>Rapport des moyennes</b> $\frac{\text{SHARP} - \text{C14}}{\text{TEOM} - \text{FDMS}}$	0,826	
<b>Rapport moyen</b> $\frac{\text{SHARP} - \text{C14}}{\text{TEOM} - \text{FDMS}} \pm \text{écart-type}$	0,843 $\pm$ 0,103	

Tableau XI : récapitulatif des mesures horaires en parallèle (SHARP optique, TEOM-FDMS)

Appareil	SHARP optique	TEOM-FDMS
<b>Nombre de paires de données traitées</b>	2200	
<b>Minimum (<math>\mu\text{g.m}^{-3}</math>)</b>	0,05	0,1
<b>Maximum (<math>\mu\text{g.m}^{-3}</math>)</b>	142,7	138,0
<b>Moyenne (<math>\mu\text{g.m}^{-3}</math>)</b>	19,8	23,3
<b>IC<sub>95</sub> sur la moyenne (<math>\mu\text{g.m}^{-3}</math>)</b>	0,74	0,79
<b>Nbre de dépassements de la VC (<math>25 \mu\text{g.m}^{-3}</math>)</b>	806	1032
<b>Droite de corrélation obtenue</b>	<b>SHARP optique = 0,91 FDMS + 0,29</b>	
<b>Coefficient de corrélation</b>	0,950	
<b>Rapport des moyennes</b> $\frac{\text{SHARP} - \text{optique}}{\text{Partisol}}$	0,848	
<b>Rapport moyen</b> $\frac{\text{SHARP} - \text{optique}}{\text{Partisol}} \pm \text{écart-type}$	0,861 $\pm$ 0,706	

Comme avec la jauge radiométrique MP101M-RST (cf. § 3.1.5), malgré une bonne synchronicité entre les appareils, une sous estimation des mesures de la part de l'appareil SHARP 5030 est notée, que ce soit en mesure radiométrique sur le pas de temps journalier ou en mesure optique sur le pas de temps horaire. La corrélation reste correcte (coefficient de corrélation supérieur à 0,95) mais en comparaison avec le TEOM-FDMS, le SHARP montre une sous-estimation de la concentration en PM<sub>2.5</sub> de l'ordre de 10 à 15%. Ainsi, une concentration de 25  $\mu\text{g.m}^{-3}$  mesurée avec le TEOM-RST donnerait une valeur allant de 21 à 23  $\mu\text{g.m}^{-3}$  sur l'appareil SHARP. Comme précédemment, la différence entre les pas de temps de mesure peut être à l'origine de ce constat.

### 3.2.4 Comparaison entre la mesure optique du SHARP et le COP G365 de GRIMM

A ce jour, parmi les méthodes optiques utilisables dans le domaine de la qualité de l'air, l'appareil GRIMM peut être considéré comme une référence. Une comparaison a donc été faite entre les mesures optiques du COP G365 de GRIMM et du SHARP 5030.

La comparaison entre ces 2 méthodes automatiques a été faite sur la base des valeurs horaires, en considérant le COP G365 comme référence. Les valeurs prises en compte correspondent à une durée de fonctionnement validé de 179 jour, représentant 4296 valeurs horaires, du 12/07/08 au 07/01/09. Le profil chronologique (en moyennes journalières) est donné dans la figure 28. La figure 29 et le tableau XII présentent les résultats pour les valeurs horaires :

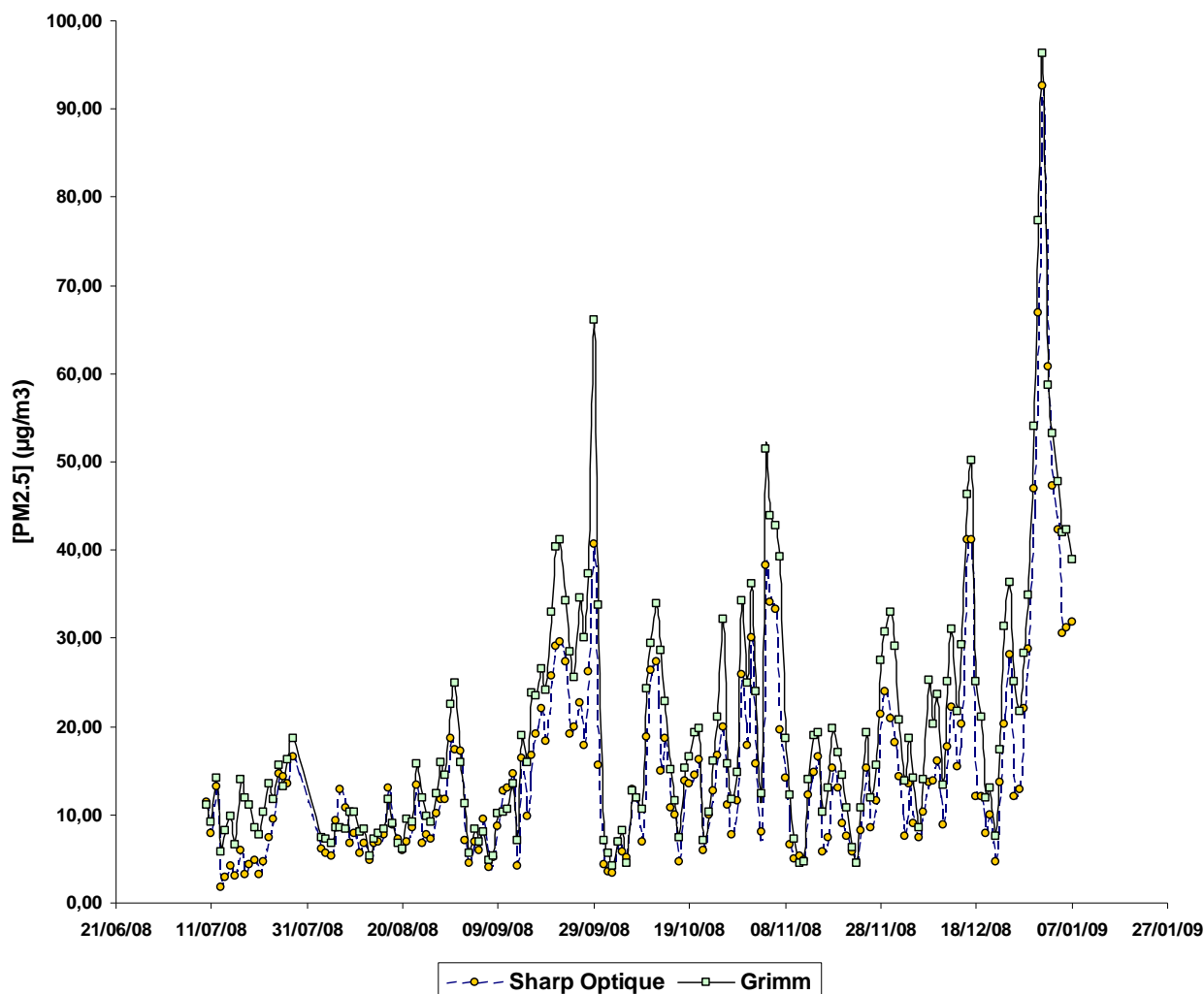


Figure 28: profil chronologique des valeurs journalières  $PM_{2.5}$  du SHARP 5030 et du COP G365

La tendance à la sous-estimation sur le SHARP constatée précédemment se confirme. Si les 2 méthodes optiques se corrèlent correctement (coefficient de corrélation de l'ordre de 0,94), en comparaison avec le COP GRIMM 365, la sous estimation de l'appareil SHARP atteint les 20%. Ainsi, une concentration de  $25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  obtenue avec le COP GRIMM G365 correspondrait à  $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  sur l'appareil SHARP. Cette sous estimation est encore plus flagrante en considérant la différence de nombre de dépassements d'un seuil de  $25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ : près de 40% des dépassements ne seraient pas détectés par le SHARP 5030 en comparaison avec le G365. Ce constat est cependant vraisemblablement amplifiée par la surestimation probable par le COP G365.

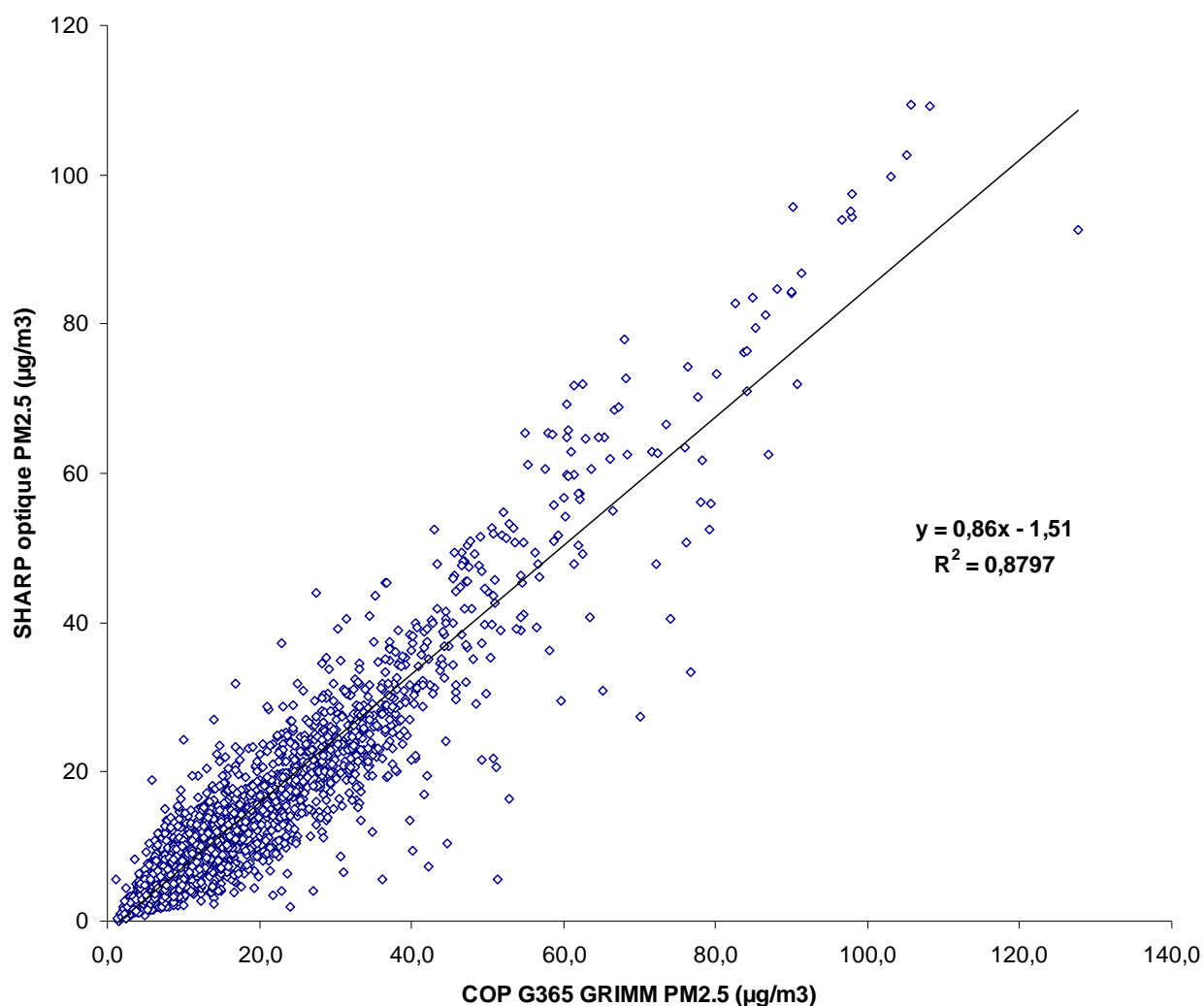


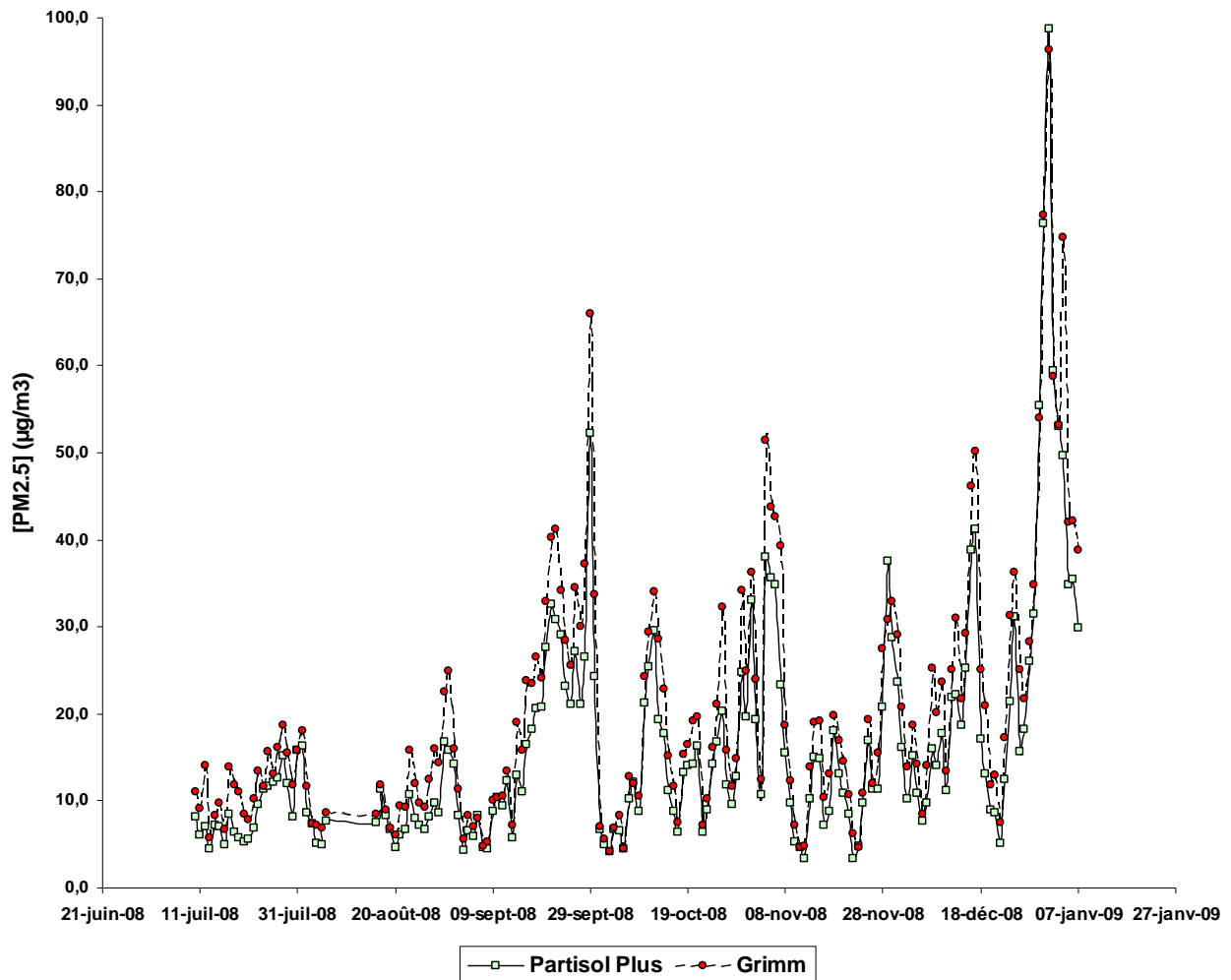
Figure 29: Corrélation entre les valeurs horaires Sharp 5030 (optique) et COP G365

Tableau XII : récapitulatif des mesures horaires en parallèle (SHARP optique, G365)

Appareil	SHARP optique	G365
<b>Nombre de paires de données traitées</b>	4296	
<b>Minimum (µg.m<sup>-3</sup>)</b>	0,1	1,2
<b>Maximum (µg.m<sup>-3</sup>)</b>	109,5	127,7
<b>Moyenne (µg.m<sup>-3</sup>)</b>	15,31	19,52
<b>IC<sub>95</sub> sur la moyenne (µg.m<sup>-3</sup>)</b>	0,63	0,69
<b>Nbre de dépassements de la VC (25 µg.m<sup>-3</sup>)</b>	516	846
<b>Droite de corrélation obtenue</b>	<b>SHARP optique = 0,86 G365 - 1,51</b>	
<b>Coefficient de corrélation</b>	0,938	
<b>Rapport des moyennes</b> $\frac{\text{SHARP - optique}}{\text{Partisol}}$	0,784	
<b>Rapport moyen</b> $\frac{\text{SHARP - optique}}{\text{Partisol}} \pm \text{écart-type}$	0,767 ± 0,292	

La question de l'étalonnage en masse du COP GRIMM G365 est à évoquer. L'étalonnage en masse de ce type d'appareil est basé sur une comparaison de l'appareil à étalonner avec un COP de référence. Les 2 appareils sont alimentés avec un générateur d'aérosol et sont comparés sur 3 niveaux de concentration massique ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  et  $PM_1$ ). Les matériaux de référence sont des billes de latex (donnant un aérosol modispersé sur  $1\ \mu m$ ) et sur de la poudre de Dolomite (donnant un aérosol polydispersé entre  $0,20$  et  $80\ \mu m$ ), donc pour une densité de particules ne correspondant pas à celle (très variable) de l'aérosol ambiant extérieur.

Une comparaison a donc été faite entre le COP GRIMM G365 et la méthode de référence gravimétrique Partisol Plus. Les valeurs journalières prises en compte correspondent à une durée de fonctionnement validé de 173 jours, entre le 10 juillet 2008 et le 7 janvier 2009. Les profils chronologiques sont décrits dans la figure suivante:



La corrélation entre les séries de mesure est décrite par la figure 31 et le tableau XIII rassemble les résultats obtenus.

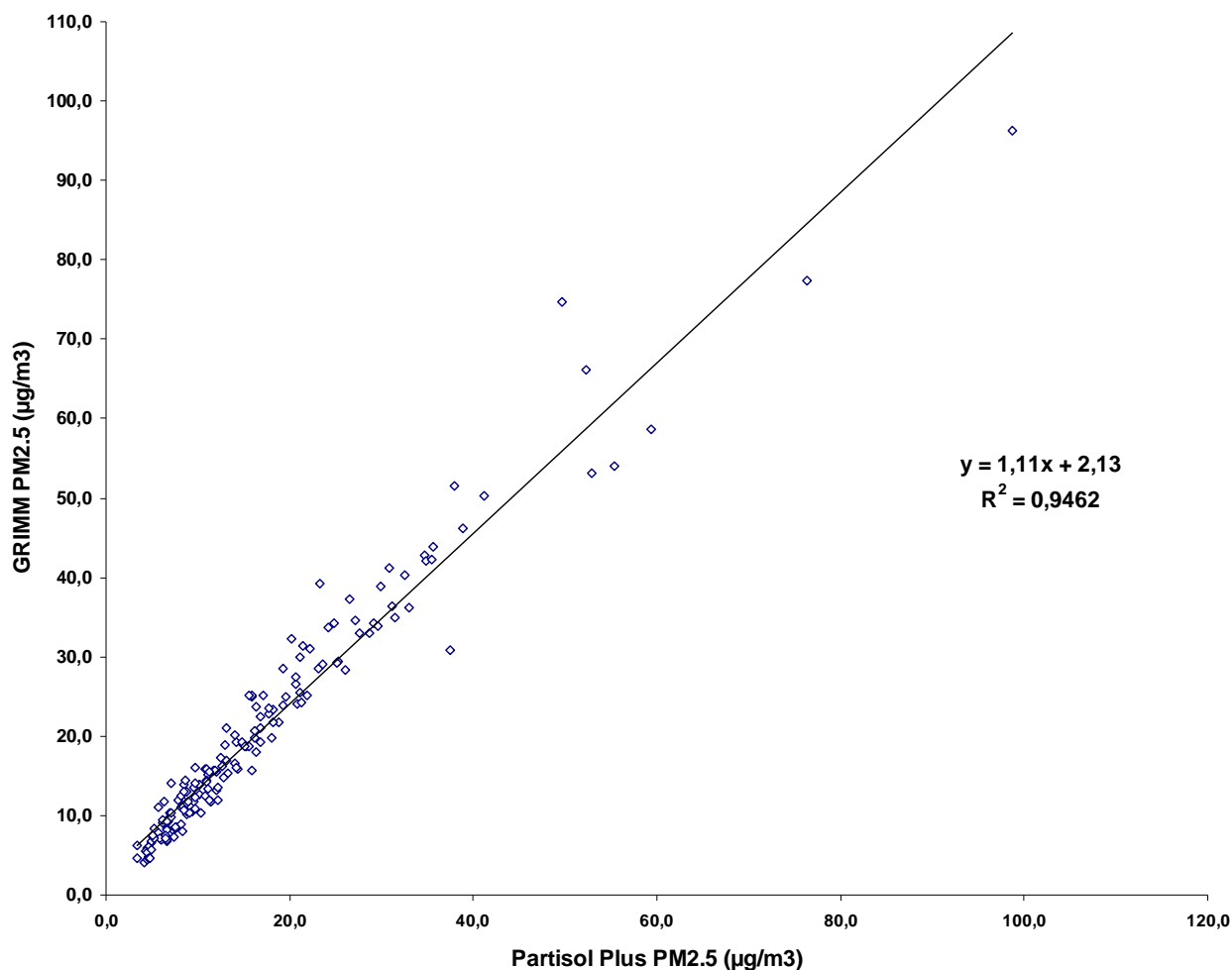


Figure 31: Corrélation entre les valeurs journalières COP Grimm G365 (optique) et Partisol Plus

Tableau XIII : récapitulatif des mesures en parallèle (COP G365, Partisol Plus)

Appareil	COP G365	Partisol Plus
<b>Nombre de paires de données traitées</b>	173	
<b>Minimum (<math>\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}</math>)</b>	4,2	3,4
<b>Maximum (<math>\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}</math>)</b>	96,3	98,7
<b>Moyenne (<math>\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}</math>)</b>	20,2	16,3
<b>IC<sub>95</sub> sur la moyenne (<math>\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}</math>)</b>	2,2	2,0
<b>Nbre de dépassements de la VC (<math>25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}</math>)</b>	47	30
<b>Droite de corrélation obtenue</b>	<b>COP G365 = 1,11 Partisol + 2,13</b>	
<b>Coefficient de corrélation</b>	0,973	
<b>Rapport des moyennes <math>\frac{\text{COP G365}}{\text{Partisol}}</math></b>	1,238	
<b>Rapport moyen <math>\frac{\text{COP G365}}{\text{Partisol}} \pm \text{écart-type}</math></b>	1,279 $\pm$ 0,197	



La corrélation entre la méthode gravimétrique et le COP G365 GRIMM est très correcte (avec un coefficient de corrélation supérieur à 0,97). Cependant une tendance à la sur-estimation est observée, supérieure à 20% par rapport à la valeur moyenne. En considérant la notion de dépassement de seuil, par rapport à la méthode gravimétrique de référence, leur nombre serait multiplié par un facteur 1,5. Une correction des données permettrait d'améliorer les résultats. Ainsi, en appliquant un facteur correctif correspondant au rapport des moyennes (soit 1,238), les résultats s'améliorent sensiblement (cf. tableau XIV) :

**Tableau XIV : Impact d'une correction des données sur les mesures du COP G365**

Appareil	COP G365 corrigé	Partisol Plus
<b>Nombre de paires de données traitées</b>	173	
<b>Minimum (<math>\mu\text{g.m}^{-3}</math>)</b>	3,4	4,2
<b>Maximum (<math>\mu\text{g.m}^{-3}</math>)</b>	77,8	98,7
<b>Moyenne (<math>\mu\text{g.m}^{-3}</math>)</b>	16,3	16,3
<b>IC<sub>95</sub> sur la moyenne (<math>\mu\text{g.m}^{-3}</math>)</b>	1,8	2,0
<b>Nbre de dépassements de la VC (25 <math>\mu\text{g.m}^{-3}</math>)</b>	32	30

Il est intéressant de noter que ce facteur de correction (1,238) est du même ordre de grandeur que celui appliqué en Allemagne (1,223) lors des tests de comparaison avec la méthode gravimétrique manuelle de référence PM<sub>10</sub> <sup>[6]</sup>.

En suivant la même logique pour l'appareil SHARP 5030, l'application d'un facteur correctif correspondant au rapport des moyennes (0,929 cf. § 3.2.2. tableau ) améliore sensiblement les résultats:

**Tableau xx : Impact d'une correction des données sur les mesures optiques du SHARP 5030**

Appareil	SHARP 5030 optique corrigé	Partisol Plus
<b>Nombre de paires de données traitées</b>		
<b>Minimum (<math>\mu\text{g.m}^{-3}</math>)</b>	1,9	3,4
<b>Maximum (<math>\mu\text{g.m}^{-3}</math>)</b>	99,7	98,7
<b>Moyenne (<math>\mu\text{g.m}^{-3}</math>)</b>	16,4	16,4
<b>IC<sub>95</sub> sur la moyenne (<math>\mu\text{g.m}^{-3}</math>)</b>	2,1	2,1
<b>Nbre de dépassements de la VC (25 <math>\mu\text{g.m}^{-3}</math>)</b>	25	28

La question principale est la spécificité d'un tel facteur, compte tenu de la variabilité spatio-temporelle de l'aérosol (avec entre autres l'influence de la typologie de site, des conditions climatiques saisonnières et des apports longue distance potentiels)

En conclusion, la mesure optique semble se limiter au rôle d'indicateur de l'évolution des teneurs en particules. Seule une correction spécifique peut améliorer les résultats et permettre une utilisation de ce genre d'appareil dans un cadre réglementaire. La question de la spécificité de la correction nécessitera d'être approfondie. La mesure conjointe des PM<sub>10</sub> et des PM<sub>2.5</sub> peut apporter des éléments de réponse.

### 3.3 SYNTHÈSE DES RESULTATS

Les 2 tableaux suivants synthétisent l'ensemble des résultats des différentes comparaisons effectuées sur le site de Douai.

**Tableau XV : Equation des droites de régression linéaire orthogonale  $y = f(x)$  et coefficient de corrélation associé**

		Appareil de référence (x)			
		Partisol Plus	TEOM-FDMS	MP101M-RST	GRIMM G365
Appareil testé (y)	MP101M-RST	$y = 1,01 x - 0,18$ R = 0,988	$y = 0,95 x - 0,42$ <sup>(a)</sup> R = 0,953 $y = 0,99 x - 1,37$ <sup>(b)</sup> R = 0,987	$y = 1,03 x - 0,92$ $x = 0,97 y + 0,89$ R = 0,993	
	SHARP 5030 C14	$y = 0,87 x + 0,56$ R = 0,983	$y = 0,86 x - 0,77$ <sup>(b)</sup> R = 0,986	$y = 0,87 x + 0,76$ R = 0,988	
	SHARP 5030 optique	$y = 0,91 x + 0,29$ R = 0,982	$y = 0,89 x - 0,90$ <sup>(c)</sup> R = 0,950		$y = 0,86 x - 1,51$ <sup>(c)</sup> R = 0,938
	GRIMM G365	$y = 1,11 x + 2,13$ <sup>(b)</sup> R = 0,973			

**Tableau XVI : rapport moyen des valeurs (appareil testé x / appareil de référence y) lors des campagnes d'essai**

		Appareil de référence (x)			
		Partisol Plus	TEOM-FDMS	MP101M-RST	GRIMM G365
Appareil testé (y)	MP101M-RST	1,002	0,905 <sup>(a)</sup> 0,925 <sup>(b)</sup>	1,031 0,970	
	SHARP 5030 C14	0,908	0,826 <sup>(b)</sup>	0,917	
	SHARP 5030 optique	0,929	0,848 <sup>(c)</sup>		0,784 <sup>(c)</sup>
	GRIMM G365	1,238 <sup>(b)</sup>			

(a): sur la base de valeurs moyennes sur 2h

(b): sur la base de valeurs moyennes journalières

(c): sur la base de valeurs moyennes horaires

En conclusion, la jauge radiométrique MP101M-RST donne des résultats probants pour la mesure des PM<sub>2,5</sub>, dans une configuration cyclique sur 24h avec mesure intermédiaire toutes les 2h, que ce soit en comparaison avec la méthode de référence gravimétrique ou avec le TEOM-FDMS. La répétabilité inter-appareils est satisfaisante (moins de 2 µg.m<sup>-3</sup>). En comparaison, l'appareil SHARP 5030 s'avère moins performant, étant pénalisé par son pas de temps de mesure horaire fixe sur son cycle journalier, que ce soit pour la mesure optique ou la mesure radiométrique. L'intérêt principal des méthodes optiques réside dans la bonne représentativité de la dynamique de variation des teneurs en particules mais le problème de justesse reste le défaut majeur, astreignant l'utilisateur à vérifier régulièrement la conversion de la mesure optique en valeur de concentration massique. La connaissance simultanée de la granulométrie de l'aérosol et de sa concentration massique, sur un pas de temps de mesure court, devrait apporter des éléments de réponse.

### 3.4 PARTICIPATION A L'EXERCICE QAP-PM10 DU JRC-ISPRA

#### 3.4.1 Contexte

La Directive Européenne 1999/30/EC concernant la qualité de l'air ambiant (désormais reprise dans la directive 2008/50/CE du 21 mai 2008) fixe le cadre dans lequel les mesures concernant l'évaluation du respect des valeurs limites pour les concentrations de PM<sub>10</sub> dans l'air ambiant doivent être réalisées. Dans ce cadre est prévu l'organisation d'exercices d'intercomparaison afin de fournir des informations sur la comparabilité des mesures de PM<sub>10</sub> (et le cas échéant l'état de mise en œuvre de facteurs de correction).

Le Joint Research Center a donc proposé en 2008 à la France une campagne d'intercomparaison visant à fournir des informations sur :

- la comparaison des techniques de mesures des PM<sub>10</sub> mises en œuvre par le laboratoire national de référence (en l'occurrence le LCSQA) et le JRC;
- la comparaison des mesures des PM<sub>10</sub> effectuées en routine en station de réseau de surveillance de la qualité de l'air;
- le cas échéant l'état de mise en œuvre et l'utilisation de facteurs de correction pour les mesures automatiques dans les réseaux, contrôlant ainsi la qualité des résultats destinés à être transmis aux instances européennes conformément à la Directive; la France n'est pas concernée par ceci, dans la mesure où elle utilise des méthodes équivalentes ne nécessitant pas de correction.

Le principe de l'exercice est de comparer les méthodes mises en œuvre par les états membres (au niveau local et au niveau du laboratoire national de référence) avec la méthode de référence européenne EN12341 mise en œuvre par le JRC. Il ne s'agit donc ni d'une évaluation des pratiques par pays, ni d'une vérification des démonstrations d'équivalence, mais d'un état des lieux des méthodes utilisées pour la mesure des PM<sub>10</sub>, et d'une évaluation de ces méthodes.

#### 3.4.2 Moyens mis en œuvre

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

La station AIRPARIF où s'est déroulée cette campagne de mesure, est une station urbaine de fond, située au nord-est de Paris.

Le choix de cette station a été fait en fonction de la capacité d'accueil des différents matériels requis pour cet exercice. La proximité de la salle de pesée du LCSQA-INNERIS répondant aux critères environnementaux de la norme EN12341 (température et hygrométrie contrôlées) a également joué. Enfin, ce même site avait accueilli la campagne d'équivalence pour le TEOM-FDMS et la jauge radiométrique MP101M-RST.

L'ensemble des techniques de mesures mises en œuvre est répertorié dans le tableau XVII.

Tableau XVII : techniques mis en œuvre pour l'exercice QAP-PM<sub>10</sub> de mars 2008

Intervenant	Désignation	Polluant mesuré	Technique
JRC	JRC PM <sub>10</sub> Gravi1	PM <sub>10</sub>	Préleveur séquentiel type Leckel – filtre PTFE 47mm – 2,3 m <sup>3</sup> /h
	JRC PM <sub>10</sub> Gravi2	PM <sub>10</sub>	Préleveur séquentiel type Leckel – filtre PTFE 47mm – 2,3 m <sup>3</sup> /h
	JRC PM <sub>2,5</sub> Gravi	PM <sub>2,5</sub>	Préleveur séquentiel type Leckel – filtre PTFE 47mm – 2,3 m <sup>3</sup> /h
AIRPARIF	AIRPARIF PM <sub>10</sub> FDMS	PM <sub>10</sub>	TEOM-FDMS version C – 1 m <sup>3</sup> /h
	AIRPARIF PM <sub>2,5</sub> FDMS	PM <sub>2,5</sub>	TEOM-FDMS version C – 1 m <sup>3</sup> /h
LCSQA	LCSQA PM <sub>10</sub> Gravi	PM <sub>10</sub>	Préleveur séquentiel type Partisol Plus – filtre PTFE 47mm – 1m <sup>3</sup> /h
	LCSQA PM <sub>10</sub> FDMS 1	PM <sub>10</sub>	TEOM-FDMS version C – 1 m <sup>3</sup> /h
	LCSQA PM <sub>10</sub> FDMS 2	PM <sub>10</sub>	TEOM-FDMS version C – 1 m <sup>3</sup> /h
	LCSQA PM <sub>10</sub> MP101M-RST	PM <sub>10</sub>	Jauge Bêta MP101M RST – 1 m <sup>3</sup> /h

Il convient de noter que :

- les têtes de prélèvement différent selon les appareillages. Ainsi les appareils utilisés par le JRC étaient équipés de la tête européenne décrite dans la norme EN 12341;
- les TEOM-FDMS utilisés par le LCSQA-INERIS et l'AASQA AIRPARIF sont des versions C alors que la démonstration d'équivalence effectuée par la France concerne la version B ;
- le radiomètre bêta MP101M-RST a été utilisé dans la configuration usuelle en AASQA, c'est à dire en mode cyclique 24h avec mesure périodique toutes les 2h. Lors de la démonstration d'équivalence, la configuration avait été le mode cyclique 24h avec une mesure unique en fin de cycle.

Les figures 32 et 33 donnent une vue d'ensemble du site au moment de l'exercice :



Figures 32 & 33: Le site de Bobigny lors de l'exercice d'intercomparaison européen PM<sub>10</sub>

### 3.4.3 Résultats

Les profils chronologiques des appareils PM<sub>10</sub> sont présentés dans la figure suivante:

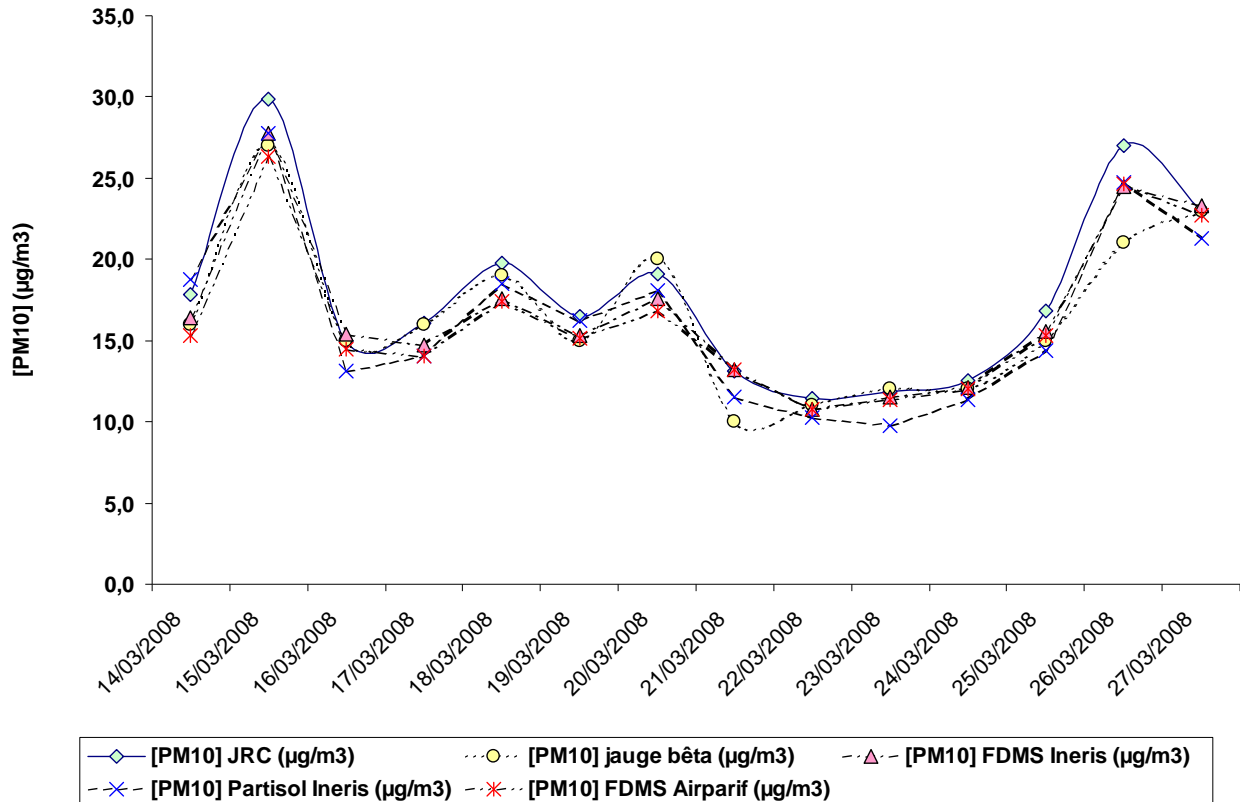


Figure 34 : profils chronologiques des valeurs journalières des appareils PM<sub>10</sub>

L'ensemble des appareils est en phase. Lorsque les appareils étaient dupliqués, la moyenne des résultats a été calculée. Il est à noter que les concentrations varient entre 10 et 30  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , c'est à dire une étendue de concentration relativement faible, dû principalement aux conditions météorologiques médiocres lors de la campagne. Le tableau suivant résume les résultats obtenus sur les 14 jours de campagne:

Tableau XVIII : récapitulatif des mesures des appareils PM<sub>10</sub>

Appareil	<JRC Gravi>	LCSQA Gravi	LCSQA MP101M-RST	<LCSQA FDMS>	AIRPARIF FDMS
Moyenne ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	17,9	16,4	16,6	16,8	16,4
Ecart-type ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	5,6	5,5	4,9	5,1	4,9
Maximum ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	29,9	27,8	27,0	27,7	26,3
Minimum ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	11,4	9,7	10,0	10,7	10,8
IC <sub>95</sub> sur la moyenne ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	2,9	2,9	2,6	2,6	2,5

La bonne homogénéité des résultats pour l'ensemble des appareils utilisés est constatée. En considérant comme référence la valeur moyenne des préleveurs du JRC, l'écart reste inférieur à 2  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Toutes les valeurs moyennes avec leur intervalle de confiance à 95% se recouvrent.

La corrélation entre les mesures du radiomètre MP101M-RST et la valeur moyenne de référence donnée par le JRC est décrite par la figure 35. La régression linéaire orthogonale a été utilisée:

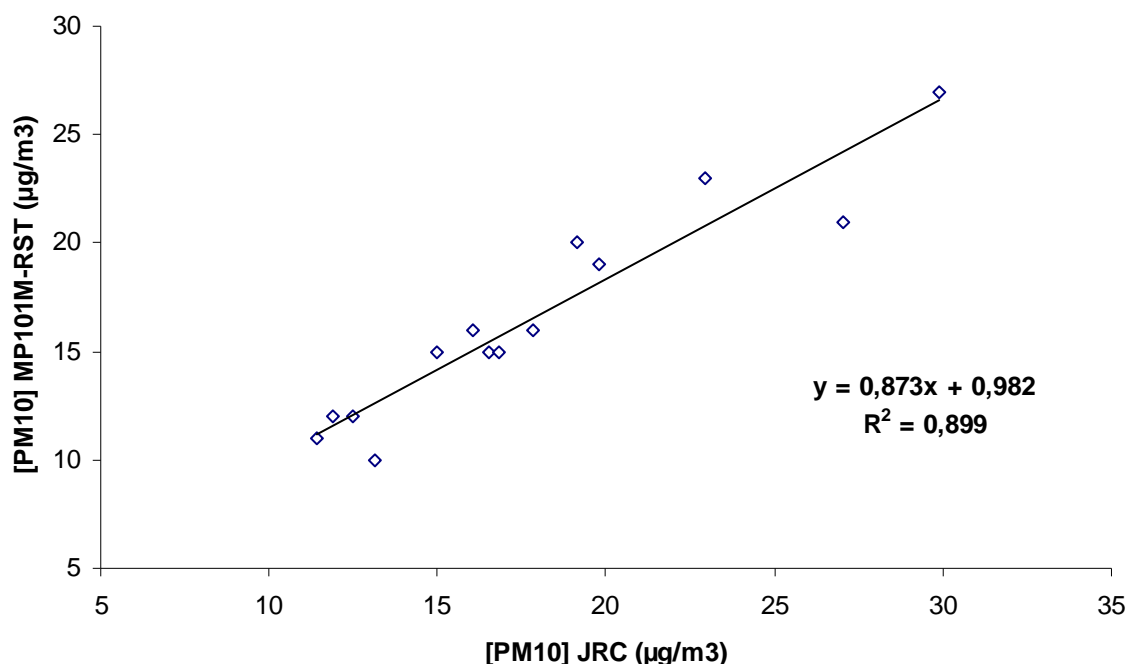


Figure 35 : Corrélation entre les valeurs journalières MP101M-RST et Gravimétrie JRC

Le tableau suivant résume l'ensemble des valeurs de corrélation entre les appareils PM<sub>10</sub> et la valeur moyenne donnée par le JRC prise comme référence :

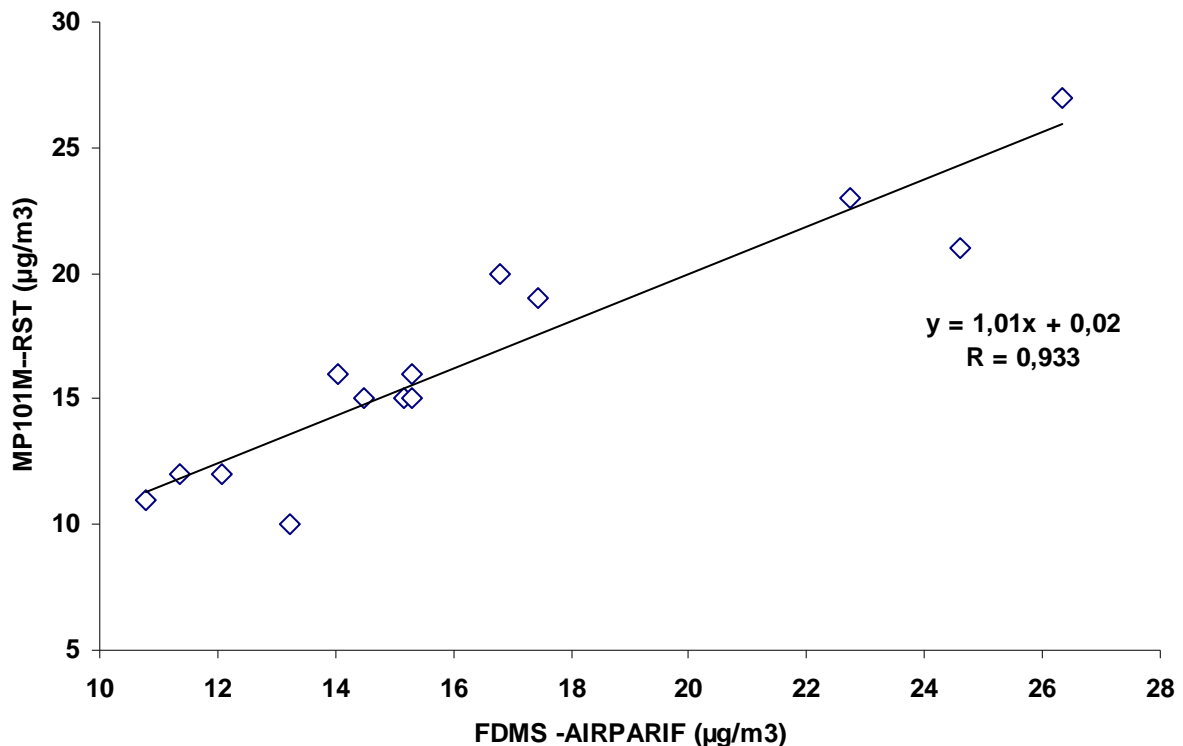
Tableau XIX : traitement des données l'exercice QAP-PM<sub>10</sub> de mars 2008

Appareil	MP101M-RST	<LCSQA-FDMS>	LCSQA-Gravi	AIRPARIF-FDMS
<b>Droite de corrélation obtenue</b>	$Y = 0,873 X + 0,982$	$Y = 0,910 X + 0,670$	$Y = 0,98 X - 1,112$	$Y = 0,870 X + 0,860$
<b>Coefficient de corrélation</b>	0,948	0,989	0,986	0,987
<b>Rapport des moyennes</b> $\frac{\text{Appareil}}{\text{JRC - Gravi}}$	0,928	0,943	0,919	0,919
<b>Rapport moyen</b> $\frac{\text{Appareil}}{\text{JRC - Gravi}} \pm \text{écart-type}$	$0,934 \pm 0,084$	$0,948 \pm 0,044$	$0,914 \pm 0,058$	$0,924 \pm 0,047$

Compte tenu du faible nombre de valeurs, les résultats peuvent être considérés comme satisfaisants. La jauge radiométrique MP101M-RST montre une corrélation avec les résultats gravimétriques du JRC pris comme référence tout à fait comparable avec celles des autres appareils de mesure des PM<sub>10</sub>: pente de régression linéaire orthogonale de 0,873 ; ordonnée à l'origine de 0,982 ; coefficient de corrélation de 0,948.

Les légères différences peuvent s'expliquer par la non-duplication de l'appareil par rapport à la référence gravimétrique du JRC ou au TEOM-FDMS du LCSQA-INERIS.

A titre indicatif, la corrélation entre appareils non dupliqués et correspondant au mode d'utilisation usuel en AASQA a été tracée, à savoir entre le radiomètre MP101M-RST et le FDMS d'AIRPARIF pris comme référence (cf. figure 36) :



**Figure 36: Corrélation entre les valeurs journalières MP101M-RST et FDMS - AIRPARIF**

Les résultats satisfaisants obtenus en  $PM_{2.5}$  sur le site de Douai (cf. § 3.1) sont confirmés, c'est à dire le caractère comparable entre les 2 méthodes utilisés en AASQA pour la mesure des particules en suspension dans l'air ambiant.

En conclusion, les résultats de cet exercice confirment la validité des mesures de  $PM_{10}$  des appareils automatiques en site urbain comparativement à la méthode gravimétrique normalisée, correspondant aux mesures réalisées en routine par les AASQA dans le cadre de la surveillance de l'air ambiant.

#### 4. SUIVI DES CONTRAINTES REGLEMENTAIRES LIEES A LA MESURE DES PARTICULES EN SUSPENSION PAR RADIOMETRIE BETA

Le contexte particulier des associations de surveillance de la qualité de l'air concernant les modalités de gestion de sources radioactives scellées de faible activité avait amené les autorités compétentes du dispositif national de surveillance de la qualité de l'air (le Ministère en charge de l'Environnement, l'ADEME et le LCSQA-EMD) à rencontrer mi 2007 l'Autorité de Sûreté Nucléaire afin d'entamer des échanges et d'étudier des pistes de simplification, tant pour l'utilisateur que pour l'ASN en tant qu'administration responsable. Dans l'attente des décisions ASN et des arrêtés applicatifs qui se répercuteront dans les Codes du Travail et de la Santé Publique, une nouvelle réunion a été organisée le 27 mars 2008 entre les différents protagonistes, en y incluant cette fois les AASQA, afin d'étudier avec l'ASN la faisabilité d'organisation d'un système centralisé pour un suivi des sources radioactives  $^{14}\text{C}$  utilisées en AASQA, en accord avec la réglementation en vigueur. Cela a été également une opportunité pour les AASQA d'échanger avec l'ASN sur divers points réglementaires liées à l'utilisation spécifique des analyseurs par radiométrie bêta (une seule marque et type au jour de la réunion). Les échanges ont été fructueux (cf. compte rendu en Annexe 2).

La proposition suivante a été présentée lors de la réunion, basée sur le pragmatisme tout en conciliant les besoins & moyens de chacun: Le LCSQA - Mines de Douai, en tant qu'organisme indépendant, se propose d'assurer le rôle de Personne Compétente en Radioprotection pour les AASQA Atmo Lorraine Nord et Airaq dans le cadre de l'utilisation de leurs jauges bêta  $^{14}\text{C}$ . Cela implique bien entendu un engagement du LCSQA à:

- assurer la traçabilité des sources (entrée, mouvement, sortie)
- vérifier la correcte évaluation des risques (étude de poste, conformité des locaux)
- assurer un suivi des contrôles périodiques d'ambiance (internes, externes)
- informer les personnes exposées (consignes afférentes)

Si l'ASN juge acceptable cette proposition qui va dans le sens des évolutions réglementaires envisagées à court terme, elle l'estime trop limitée et conditionne son acceptation à l'adhésion de l'ensemble des AASQA détentrices de jauges radiométriques, de façon à éviter une configuration d'utilisateurs trop diversifiée et surtout afin de limiter le nombre d'interlocuteurs.

L'objectif est donc dans un 1<sup>er</sup> temps de proposer ce dispositif à l'ensemble des AASQA concernées. Cette consultation devra vraisemblablement se faire dans le cadre de la Commission de Suivi « Particules ». Une fois obtenu l'accord de l'ensemble des AASQA, la mise en place du dispositif centralisé pourra être initiée, en suivant les démarches administratives usuelles : le titulaire de « l'autorisation fusionnée » (en l'occurrence le LCSQA-EMD) devra faire la demande par courrier auprès de l'ASN, en précisant sous quelle autorisation il souhaite que ce regroupement s'effectue (ex : autorisation n° T590404 S2 des Mines de Douai) et accompagné du dossier administratif d'usage (dossier de demande IND/RN/01). Ce regroupement devra être décrit dans un document (note d'organisation chapeau, convention, lettre de mission...) couvrant l'ensemble des activités. Ce document doit notamment préciser le mode de gestion des sources, tant au niveau local (affectation à un site, reprise des sources par le constructeur) que national (traçabilité centralisée) ainsi que les procédures techniques afférentes. Ce travail est prévu pour début 2009.



## 5. CONCLUSION

Les résultats obtenus par la jauge radiométrique MP101M-RST sur le site de Douai montrent l'aptitude de cette technique pour la mesure des  $PM_{2.5}$ . Sur la période de mesure, suffisamment longue pour tenir compte de l'influence climatique saisonnière et avec une étendue de concentration massique en particules d'une centaine de  $\mu g.m^{-3}$ , la jauge bêta d'Environnement SA, dans la configuration utilisée (mode cyclique journalier avec mesure périodique bi horaire), donne des résultats comparables à la méthode de référence gravimétrique (Pente de régression linéaire orthogonale de 1,01, ordonnée à l'origine de  $-0,18 \mu g.m^{-3}$ , coefficient de corrélation supérieur à 0,98). Des résultats similaires sont observés avec le TEOM-FDMS (Pente de régression linéaire orthogonale de 0,99, coefficient de corrélation supérieur à 0,98) qui est à ce jour la seule méthode de mesure des  $PM_{2.5}$  recommandée par les pouvoirs publics. La répétabilité intra-méthode, déterminée à partir de la mesure dupliquée, est inférieure à  $2 \mu g.m^{-3}$ . Le pas de temps de mesure ne remet pas en cause les performances métrologiques de l'appareil.

En comparaison, la jauge radiométrique SHARP 5030 de Thermo Fisher Scientific donne des résultats moins probants. Par rapport à la méthode gravimétrique, les 2 mesures délivrées par l'appareil (mesure radiométrique & optique) montrent une sous-estimation de la concentration allant de 8 à 10% (au niveau de la valeur cible européenne de  $25 \mu g.m^{-3}$ ), tout en montrant une corrélation satisfaisante (dans les 2 cas, coefficient de corrélation supérieur à 0,98). Cette sous estimation est confirmée par rapport à tous les appareils automatiques utilisés pendant l'étude.

Si les méthodes optiques semblent attractives pour les réseaux de surveillance de la qualité de l'air (notamment en raison de leur facilité de mise en œuvre et leur dynamique de mesure), la question de leur justesse est toujours le point faible et il est nécessaire d'appliquer une correction spécifique pour améliorer les résultats et permettre une utilisation de ce genre d'appareil dans un cadre réglementaire.

La participation à l'exercice d'intercomparaison européen des méthodes de mesure des  $PM_{10}$  s'est révélée satisfaisante pour les techniques mises en œuvre par les intervenants. La jauge radiométrique du LCSQA-EMD, dans la configuration usuelle en AASQA (mode cyclique journalier avec mesure périodique bi horaire) a montré une bonne concordance avec les résultats gravimétriques du JRC pris comme référence : sur la période de test le rapport moyen entre la jauge radiométrique et la référence gravimétrique du JRC sur 14 valeurs journalières a été de  $0,934 \pm 0,084$ . Ce résultat est similaire à ceux constatés sur les autres appareils mis en œuvre tels que le TEOM-FDMS ou le préleveur séquentiel sur filtres Partisol 2025). Les résultats de cet exercice confirment donc la validité des mesures de  $PM_{10}$  effectuées par la France dans le cadre de la surveillance réglementaire.

Les échanges entre l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) et le dispositif national de surveillance de la qualité de l'air continuent. Lors de la réunion du 27 mars 2008, une proposition de gestion centralisée des sources radioactives scellées de faible activité (avec le LCSQA-EMD comme responsable national) a été faite. Cette configuration devrait permettre de simplifier les modalités de gestion des sources radioactives, sous réserve de l'adhésion à ce système de l'ensemble des AASQA détentrices de jauges radiométriques et de l'accord final de l'ASN.

## **6. ANNEXES**

### **ANNEXE n°1**

### **DOCUMENT DE REFERENCE DE L'ETUDE**

## THEME 3 : METROLOGIE DES PARTICULES PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>

### Etude n° 13 : Utilisation de la méthode par absorption de rayonnement bêta pour la mesure des particules en suspension

*Responsable de l'étude : EMD*

#### Objectif

L'objectif de cette étude est de montrer les potentialités de la méthode par absorption de rayonnement bêta pour la mesure des particules en suspension dans l'air ambiant qui, contrairement à la microbalance à variation de fréquence, concerne plusieurs constructeurs. Un accompagnement dans la mise en œuvre au sein du dispositif français de surveillance de la qualité de l'air, des modules RST sur les jauges bêta de marque Environnement SA est également assuré.

#### Contexte et travaux antérieurs

Les AASQA utilisent majoritairement pour les polluants PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> la microbalance à variation de fréquence TEOM dans leurs stations de mesure de la qualité de l'air. Face à cet appareil issu d'un seul fabricant étranger (Thermo R&P), l'autre méthode de mesure, à savoir l'absorption de rayonnement bêta est faiblement utilisée (malgré un nombre important de fabricants).

Cette faible utilisation s'explique d'une part par des caractéristiques métrologiques inadaptées pour les besoins des AASQA (faible limite de détection, pas de temps d'acquisition trop grand), par une réglementation sur la détention des sources radioactives scellées trop contraignante d'autre part (gestion administrative délicate, coûts induits a priori importants). Une telle configuration a ainsi amené les AASQA à ne pas envisager l'utilisation de ce type de méthode pour mesurer les PM<sub>2.5</sub>, alors qu'à l'étranger (ex :USA), ce genre d'appareil est employé dans cette configuration.

Le LCSQA - EMD, compte tenu de son expérience sur ce type de métrologie, propose donc de continuer son étude spécifique débutée en 2007 sur la méthode par absorption de rayons bêta qui est à ce jour la seule méthode normalisée pour la mesure des particules dans l'air ambiant (norme NF ISO 10473), ceci pouvant avoir son importance dans le cadre des travaux actuels du CEN WG15 sur l'établissement d'une méthode de référence automatique pour la mesure des particules.

#### Travaux proposés pour 2008

Ces travaux comportent deux volets :

##### ❶ La continuation des travaux de 2007 concernant

- **la faisabilité de la mesure des PM<sub>2.5</sub> sur les appareils commerciaux disponibles sur le marché français**
- **le pas de temps de mesure** le plus adapté aux besoins actuels des AASQA (calcul d'indice de qualité de l'air prévisionnel, déclenchement d'alerte)
- **le suivi des contraintes réglementaires**, en collaboration avec l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN), en vue de trouver les meilleures solutions en terme de gestion et de coût. C'est d'ailleurs à cause de ces contraintes réglementaires que les 2 premiers points n'ont pu être intégralement traités en 2007 (dossier d'autorisation à détention de sources scellées à refaire intégralement, compte tenu de l'augmentation d'activité et de la non-autorisation des constructeurs étrangers à commercialiser leurs appareils sur le sol français, nécessitant une justification fortement documentée)

- l'assistance au déploiement et au fonctionnement en AASQA des appareils MP101M-RST (Assurance-Qualité)
- la veille technologique sur les autres appareils radiométriques disponibles sur le marché français.

② des nouveaux travaux portant sur :

- **la faisabilité de la mesure sur site de proximité automobile** \*. En liaison avec l'étude du LCSQA-INERIS sur les performances métrologiques du TEOM-FDMS en site de proximité automobile, la jauge bêta sera également testée dans le cadre de cette étude, les conditions de ce type de site étant a priori favorables à la technologie bêta (niveau de concentrations plus élevé)
- **le couplage entre la mesure radiométrique et la mesure optique**. Plusieurs constructeurs (Met One, Thermo, FAI) associent désormais la mesure par radiométrie de la concentration massique des particules avec une méthode optique telle que le comptage granulométrique ou la néphélométrie, jouant ainsi sur la complémentarité de ces 2 principes de mesure : d'un côté une mesure fiable de la concentration massique mais pénalisée par un pas de temps de mesure jugé trop long par les AASQA, de l'autre une mesure rapide d'une caractéristique de l'aérosol mais qualifiée de douteuse lorsqu'elle est convertie en concentration massique. L'objectif est de voir la fiabilité d'un tel couplage sur les appareils disponibles sur le marché français par des tests de comparaison sur le site de Douai. La méthode optique intégrée sur la jauge sera comparée à la mesure d'un COP Grimm modèle 365, appareil développé spécifiquement pour l'air ambiant et utilisé en réseau étranger en tant qu'analyseur de particules en suspension (ex : Allemagne au Bade-Würtemberg)
- **la participation à l'exercice QAP-PM<sub>10</sub> du JRC Ispra** \* (Intercomparaison "méthodes de référence et de mesure nationales" / méthode de référence européenne dans les différents Etats Membres)

### Renseignements synthétiques

Titre de l'étude	Mesure des particules en suspension par rayonnement bêta		
Personne responsable de l'étude	F. MATHE		
Travaux	Annuels		
Durée des travaux pluriannuels			
Collaboration AASQA			
Heures d'ingénieur	EMD : 500	INERIS :	LNE :
Heures de technicien	EMD : 800	INERIS :	LNE :
Document de sortie attendu	Rapport d'étude		
Lien avec le tableau de suivi CPT	Thème 2 : Métrologie / Particules		
Lien avec un groupe de travail	Commission de Suivi "Particules"		
Matériel à acquérir pour l'étude	Jauge radiométrique Met One BAM 1020 Mesureur GRIMM modèle 365		

\* Travaux liés avec l'étude du LCSQA-INERIS concernant le TEOM-FDMS en situation de proximité automobile et la participation à l'intercomparaison du JRC

**ANNEXE n°2**

**Compte rendu de la réunion avec l’Autorité de Sûreté Nucléaire du  
Jeudi 27 mars 2008 à PARIS (locaux du LCSQA – INERIS)**

## Compte Rendu de la réunion avec l'Autorité de Sûreté Nucléaire du jeudi 27 mars 2008 à l'INERIS (Bureau de Paris)

Principal objectif:

- présentation d'une proposition d'organisation pour un suivi centralisé de sources radioactives  $^{14}\text{C}$  utilisées en associations de surveillance de la qualité de l'air, en accord avec la réglementation en vigueur
- échanges sur divers points réglementaires liées à l'utilisation d'analyseurs par radiométrie bêta.

### 1- PARTICIPANTS

MEEDDAT : Nadia Herbelot

Représentants de l'ASN: Sylvie Rodde, Claude De Galassus, Volker Holubetz (observateur administration autrichienne)

Représentant LCSQA (Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air) EMD: François Mathé

Représentants AASQA :

- Atmo Lorraine Nord : Denis Dolisy, Damien Durant
- Atmo Nord Pas de Calais : Jean-Yves Saison
- Airaq : Alexandre Laurent, Patrick Bourquin

### 2- DOCUMENTS

Exposé du LCSQA-EMD (annexe 1)

Exposé de l'ASN

### 3- Introduction

La présente réunion fait suite à la rencontre entre l'ASN, le MEDAD, l'ADEME et le LCSQA qui s'était tenue fin mai 2007. Ces premiers échanges avaient déjà permis d'alléger certaines obligations réglementaires sur la gestion des sources radioactives scellées de faible intensité utilisées dans les analyseurs de particules dans l'air ambiant par radiométrie bêta :

- Compte tenu de l'absence de risques d'exposition interne ou externe à proximité immédiate de l'appareil en condition normale d'utilisation, le contrôle technique d'ambiance à périodicité mensuelle n'est pas obligatoire. Le contrôle annuel par un organisme agréé reste bien sûr obligatoire. Il est rappelé qu'un contrôle par l'utilisateur de contamination de l'appareil (donc de fuite) est possible via une procédure développée par le constructeur et approuvée par l'ASN (cette procédure existe "en mode manuel" sur les appareils actuels et sera automatisée dans la nouvelle version de l'appareil).

- Compte tenu des caractéristiques de la source  $^{14}\text{C}$ , son changement systématique au bout de 10 ans n'est plus de mise. Une prolongation de la durée de vie administrative des sources est autorisée (au maximum 5 ans et renouvelable une fois) par simple lettre de demande complétée des documents afférents (Identification de la source, dernier rapport de contrôle par un organisme agréé datant de moins de 6 mois, rapport de contrôle de conformité de source, engagement au respect des conditions normales d'utilisation de l'appareil, "caution" du fabricant). La centralisation des demandes est faite à l'ASN.

- A la date de la réunion, l'externalisation de la PCR ne pouvait être admise que dans le cadre d'activités soumises à déclaration au titre du Code de la santé publique (la décision issue de l'ASN était à venir à cette période). Il a cependant été convenu que, pour une AASQA appartenant à un groupement d'associations, une seule PCR au niveau du groupement pouvait être admise, s'il était

démontré que cette PCR avait les moyens de remplir ses missions. Concernant la notion de « groupement », plusieurs options avaient été discutées (« niveau 2 » de la chaîne nationale d'étalonnage, AASQA dans la zone de couverture de l'unité territoriale de l'ASN) mais pour l'ASN, ce pouvait également être le LCSQA ou toute autre entité en montrant sa capacité.

L'ASN avait donc jugé valide une centralisation (au niveau national ou inter régional) de la gestion des sources du dispositif de surveillance et avait invité les acteurs du dispositif de surveillance à faire une proposition en ce sens. Une proposition est donc soumise pour avis à l'ASN, dans le souci de ne pas faire « cas de jurisprudence » pouvant être utilisé dans d'autres domaines et donner lieu à des dérives.

En marge de ce point, cette rencontre avec l'ASN a été jugée opportune de la part des AASQA pour avoir un débat sur certains points spécifiques de la réglementation, toujours en lien avec l'utilisation de sources radioactives dans le secteur de la surveillance de la qualité de l'air (cf. §4).

#### 4- POINTS ABORDES

##### 3-1 : Présentation d'une proposition d'organisation pour un suivi centralisé de sources radioactives <sup>14</sup>C utilisées en associations de surveillance de la qualité de l'air, en accord avec la réglementation en vigueur (cf. exposés du LCSQA-EMD et de l'ASN joints en annexes)

F. MATHÉ du LCSQA-EMD présente les spécificités de l'équipement en jauges bêta du dispositif français de surveillance de la qualité de l'air. La 1<sup>ère</sup> particularité est son homogénéité en terme de type d'appareil (un seul constructeur – Environnement SA – et un seul modèle – la MP101M), gage d'une bonne connaissance de l'outil. A ce jour, 71 appareils sont sur le sol français pour la mesure réglementaire des PM10 dans l'air ambiant, impliquant 8 structures AASQA. Le nombre d'appareils dans chacune de ces AASQA est variable : ainsi 2 AASQA ne possèdent que 2 appareils (cas le plus simple sur le plan administratif car n'induisant aucune démarche à faire auprès de l'ASN). Les 6 autres AASQA possédant plus de 2 appareils (de 5 à 22 selon les cas) étaient tenues de déposer un dossier de demande d'autorisation auprès de l'ASN.

Plusieurs facteurs ont amené à une situation diversifiée des AASQA vis à vis de la gestion des sources :

- Evolution technique sur le matériel Environnement SA (passage du Prométhéum 147 au Carbone 14)
- Achat groupé de matériel dans le cadre de la mise en œuvre de la Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie de 1997. Il n'est pas sûr que cet achat groupé effectué par l'ADEME couvrait à l'époque tous les points liés à l'utilisation de matériel contenant une source radioactive (notamment sur les conditions de reprise en fin d'utilisation d'appareil)
- Evolution de la réglementation et des structures de gestion afférentes (nouveaux textes en 2002 amenant à la disparition de la Commission Interministérielle des Radioéléments Artificiels (CIREA) et à la création de la Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection (DGSNR) et de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), création de l'ASN en 2006)
- Prise en charge par le constructeur des démarches administratives. Cette prise en charge, utilisée par le constructeur comme argument commercial, nécessite d'être clarifiée et a abouti pour certaines AASQA à « une mise en porte à faux » actuelle vis à vis du respect des exigences réglementaires (ex : existence d'une PCR dans l'AASQA)
- Extension pour les AASQA de leurs missions d'intérêt public (due à une pression réglementaire internationale, nationale et locale de plus en plus forte) accompagnée d'une rationalisation des moyens financiers octroyés par l'Etat. Pour les « petites » structures, une telle situation a amené une optimisation des moyens humains notamment sur le plan technique, surtout lorsque la zone administrative de surveillance de l'AASQA couvre un large territoire (ex : AIRAQ est agréée par le MEEDDAT pour la région Aquitaine soit plus de 40.000 km<sup>2</sup>)

Vis à vis de la réglementation en vigueur, la situation des AASQA est donc la suivante :

- 2 AASQA sont en dessous du seuil de 3 appareils, donc ne sont soumis à aucune exigence de la part de l'ASN
- 1 AASQA possédant plus de 2 appareils a à ce jour pris la décision de revenir en dessous du seuil de 3 appareils pour être conforme à la réglementation (Lig'air). Cette décision peut éventuellement être revue en fonction des solutions trouvées à l'issue de la présente réunion.
- 3 AASQA possédant plus de 2 appareils ont à ce jour choisi le mode de gestion usuel (dossier d'autorisation auprès de l'ASN, présence d'une PCR en interne). Il s'agit de Atmo Nord Pas de Calais (PCR valide jusqu'en 2011), AIRCOM – basse normandie (PCR valide jusqu'en 2012) et Atmosf'Air – bourgogne (PCR valide jusqu'en 2012)
- Suite aux raisons évoquées plus haut, 2 AASQA restent en attente des suites de la réunion de ce jour. Il s'agit d'Atmo Lorraine Nord et d'AIRAQ - Aquitaine

La proposition suivante est donc faite à l'ASN, basée sur le pragmatisme tout en conciliant les besoins & moyens de chacun:

Le LCSQA - Mines de Douai se propose d'assurer le rôle de Personne Compétente en Radioprotection pour les AASQA Atmo Lorraine Nord et Airaq dans le cadre de l'utilisation de leurs jauges bêta <sup>14</sup>C. signifiant un engagement de cet organisme indépendant à:

- assurer la traçabilité des sources (entrée, mouvement, sortie)
- vérifier la correcte évaluation des risques (étude de poste, conformité des locaux)
- assurer un suivi des contrôles périodiques d'ambiance (internes, externes)
- informer les personnes exposées (consignes afférentes)

Ce choix se justifie pour les raisons suivantes :

- Pour ses activités, le LCSQA-EMD est titulaire d'une autorisation à détention de sources de rayonnements ionisants. F. MATHE a suivi avec succès la formation de PCR délivrée par l'APAVE-Nord.

- En tant que Laboratoire National de Référence notifié par le Ministère en charge de l'Environnement tel que le demande les Directives Européenne, le LCSQA-EMD est impliqué dans le dispositif national (connaissance du contexte de la surveillance de la qualité de l'air et de ses différents protagonistes, maîtrise technique des appareils utilisés) et il est chargé :

- d'appuyer le Ministère chargé de l'Environnement et plus généralement le dispositif de surveillance sur les aspects stratégiques, méthodologiques, techniques et scientifiques des politiques de surveillance de la qualité de l'air
- de contribuer, en tant qu'organisme de référence notifié par le Ministère chargé de l'Environnement en application des directives européennes, à assurer la qualité métrologique des mesures et des données relatives à la qualité de l'air en provenance des AASQA,
- de mettre à la disposition des AASQA des moyens techniques ou méthodologiques destinés à faciliter l'exercice de leurs missions.

En complément de cette proposition, un certain nombre de questions est évoqué. L'objectif n'est pas d'avoir une position formelle de l'ASN sur ces différents points mais de montrer un besoin d'échanges pérennes avec l'ASN :

- Evolution à court terme des exigences réglementaires « ASN » compte tenu de l'appareil concerné (caractéristiques, arrivée de nouveaux fournisseurs sur le territoire français) et de l'application prochaine de la révision des Directives EU « Qualité de l'air (réglementant notamment les PM<sub>2,5</sub>)



- Caractéristiques des contrôles internes / externes (obligation, périodicité) compte tenu de l'appareil concerné (évolution technique permettant une automatisation, possibilité de centraliser ces contrôles)
- l'utilisation en moyen mobile (camion-labo) induit elle des contraintes spécifiques?
- le domaine de la qualité de l'air peut il faire l'objet d'une formation spécifique adaptée?
- Clarification des modalités de reprise de sources (point pouvant être source de litige avec le constructeur)

### 3-2 : - Débats

La proposition amène un besoin de complément d'information pour l'ASN, dans la mesure où elle concerne 2 structures possédant un nombre important d'appareils et relativement éloignées sur le plan géographique. Un rappel de la situation actuelle de chaque AASQA est effectué par les différents protagonistes.

Concernant AIRAQ, en raison des arguments évoqués au § 3.1, le rôle de PCR était par le passé assuré par une structure externe à l'AASQA, sur la base d'une prestation de service. Puis c'est le fournisseur Environnement SA qui a « pris le relais ».

S'agissant de Atmo Lorraine Nord, compte tenu du contexte local, le rôle de PCR est assuré par une structure externe à l'AASQA, sur la base d'une collaboration avec un partenaire industriel.

Après ces clarifications, l'ASN émet l'avis suivant : la proposition faite va tout à fait dans le sens des évolutions réglementaires envisagées à court terme par l'ASN. Elle a cependant le défaut d'être trop anticipative (dans la mesure où les décisions correspondantes de l'ASN sont encore en phase finale de rédaction) et se trouve en décalage par rapport à la législation actuelle en vigueur. Par exemple, selon la législation actuelle, il est nécessaire que la PCR appartienne à l'entreprise utilisatrice des appareils. Sur ce point, la "mise à disponibilité de personnel à titre gracieux" est évoquée.

Enfin, la proposition est estimée encore trop limitée car elle n'intègre pas toutes les structures, notamment les AASQA ne possédant que deux jauges radiométriques (2 AASQA). Le souhait de l'ASN est d'avoir un système centralisé couvrant l'intégralité des utilisateurs d'appareils. Un nouveau système de déclaration est en cours d'élaboration dans le milieu industriel et devrait faire l'objet d'une prochaine décision. Pour les détenteurs de plus de 2 appareils et jusqu'à X appareils (le « X » restant à définir), ce système fera l'objet d'un dépôt de dossier avec pièces constitutives (a priori plus simple que le dossier d'autorisation actuel).

Or, la proposition de ce jour donnerait un système « à 3 dimensions » : les AASQA « à 2 jauges », les AASQA avec PCR en interne et les AASQA avec PCR « externalisée ».

L'ASN émet donc la suggestion suivante: proposer le LCSQA-EMD comme PCR unique pour l'ensemble des AASQA détentrices de jauges radiométriques. Cela ne remettrait pas en cause la situation des AASQA disposant d'une PCR en local puisque il est tout à fait possible pour la PCR externe de s'appuyer sur le personnel sur place dûment mandaté car mentionné dans l'autorisation actuelle. La principale évolution concerne les AASQA ne possédant actuellement que 2 jauges. Si elles ne sont soumises à aucune contrainte, le fait d'intégrer un système centralisé les amèneraient à devoir se conformer a minima au "cahier des charges" du dispositif envisagé, notamment à appliquer les procédures qui leur seront données et ainsi devoir assurer les contrôles annuels par 1 organisme externe agréé (contrôle payant même si le coût d'environ 200 € TTC par jauge peut paraître peu élevé). Il convient cependant de noter que l'intégration au regroupement permettraient à ces AASQA d'avoir sans difficulté plus de sources/appareils si un besoin en équipement se faisait ressentir.

Sur le plan pratique, le titulaire de cette « future autorisation fusionnée » doit en faire la demande par courrier auprès de l'ASN, en précisant sous quelle autorisation il souhaite que ce regroupement s'effectuerait (ex : autorisation n° T590404 S2 des Mines de Douai). Ce regroupement serait décrit par un document (note d'organisation chapeau, convention, lettre de mission...) couvrant l'ensemble des

activités. Ce document doit notamment préciser le mode de gestion des sources, tant au niveau local (affectation à un site, reprise des sources par le constructeur) que national (traçabilité centralisée) ainsi que les procédures techniques afférentes. Il est tout à fait envisageable de demander un regroupement pour un nombre de sources supérieur au nombre actuel, permettant ainsi de donner une marge de manœuvre pour une évolution à la hausse de l'équipement.

L'ASN propose à Atmo Lorraine nord et Airaq de finir de constituer leur dossier de demande d'autorisation afin de ne pas bloquer leurs demandes de prolongation d'utilisation de sources, sachant le système évoluera à court terme (parution des décisions ASN, mise en place du système déclaratif simplifié). En ce qui concerne les prolongations des sources à ce jour gérées par Environnement SA, l'ASN est prête à recevoir les demandes de prolongation et à les autoriser dans ce cadre dans l'attente de la régularisation administrative ultérieure.

Concernant les points en marge de la proposition, l'ASN rappelle l'obligation des contrôles annuels par un organisme agréé, cette prestation pouvant être financièrement négociée dans le cadre d'un système centralisé.

L'utilisation en moyen mobile (camion-labo) n'induit pas de contrainte spécifique, dans la mesure où ce cas de figure existe déjà dans le milieu industriel (dénomination « source en chantier »). Le poste mobile nécessite principalement une indication claire de la zone de mouvement de la source (afin de savoir à tout instant où se trouve la source), ainsi que les mesures usuelles de protection contre le vol et l'incendie (déjà nécessaires dans le cas d'un site fixe, à décrire particulièrement dans si le retour quotidien au lieu de stockage habituel est envisagé).

La notion de « formation spécifique adaptée domaine de la qualité de l'air » peut être couverte par le biais des formations assurées par la PCR principale du système regroupé.

Par ailleurs un référent dans chaque association « personne compétente relais » (réelle PCR ou formée par la PCR en titre de l'autorisation regroupée) pourra être désignée.

La question de la notion de « propriété de la source » est abordée: une source fabriquée à la demande d'un constructeur reste-t-elle sa propriété ou fait-elle partie intégrante de l'appareil acheté par un client ? Il est évoqué le fait que le constructeur d'appareil garde une certaine responsabilité vis à vis de la source de par son engagement formel de sa reprise en fin d'utilisation. Cependant l'ASN précise que la notion de propriété de source en elle-même n'a pas d'importance. Ce sont les conditions d'utilisation et de détention qui priment sur le plan réglementaire. De plus, en toute logique, la source appartient au propriétaire de l'appareil.

Enfin, s'agissant des modalités de reprise de sources (de toute façon à préciser dans le document cadre mentionné plus haut), il est rappelé qu'un prix indicatif unique doit être mentionné dans le contrat d'achat des appareils. Ce dernier point peut également être négocié dans le cadre d'un système centralisé.

En clôture de cette réunion, il est convenu de procéder de la façon suivante :

- validation du compte rendu de la réunion
- transmission à l'ensemble des AASQA concernées et consultation individuelle par le LCSQA-EMD
- communication aux participants de la décision des suites à donner à la proposition d'un système regroupé

L'ensemble des participants est remercié pour leur participation aux échanges

# Annexes

au compte-rendu de la réunion avec l'ASN

du 27 mars 2008 à l'INERIS

**LISTE DES ANNEXES :**

**ANNEXE 1 : Présentation LCSQA-EMD**

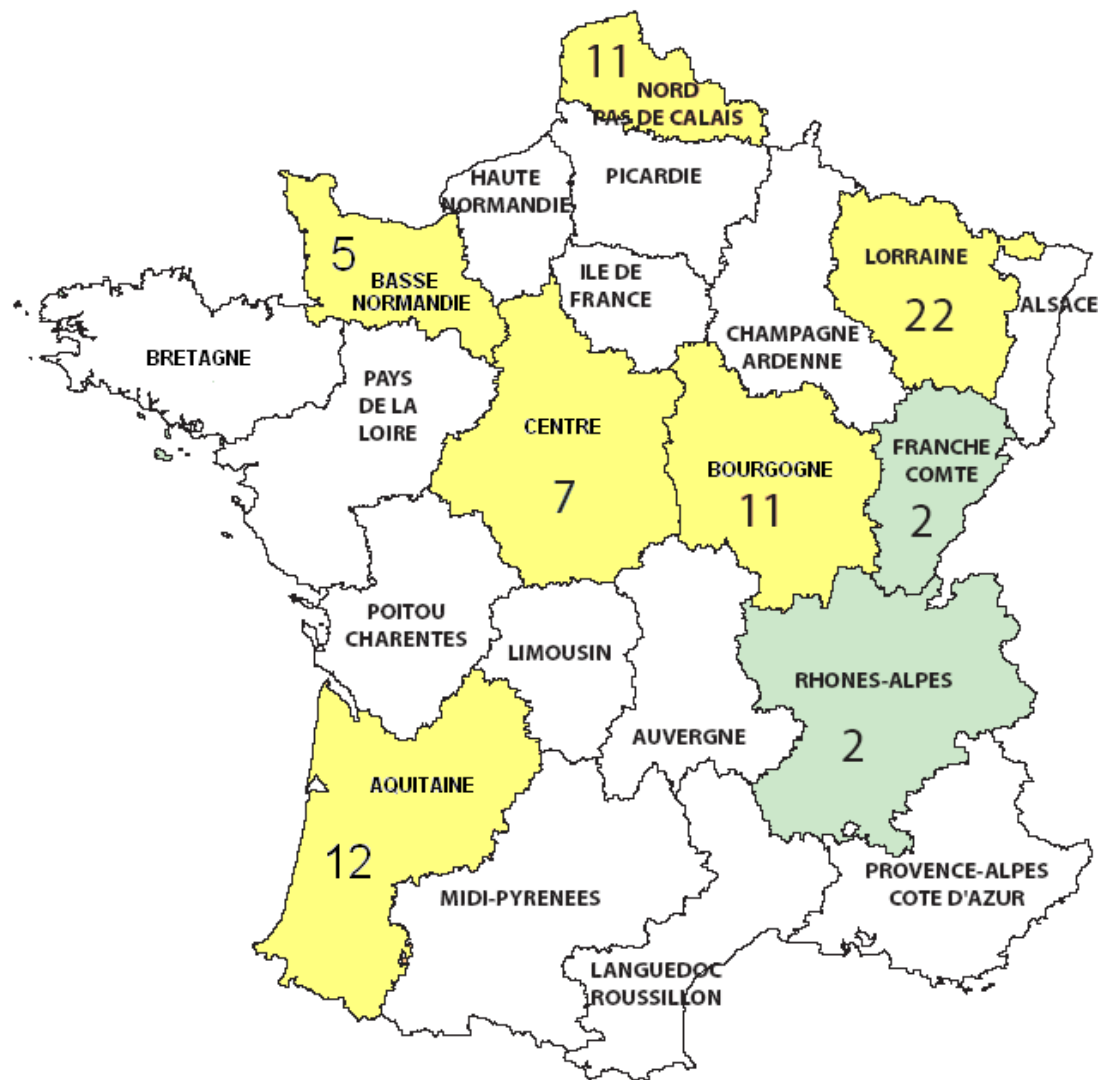
**ANNEXE 2 : Présentation ASN**

## **réunion MEDAD – LCSQA – AASQA avec l'Autorité de Sûreté Nucléaire (27-03-08)**

### Objectifs:

- 1) Etat des lieux des jauges radiométriques en réseau de surveillance de la Qualité de l'Air (bilan & évolutions envisagées)
- 2) Recueil de souhaits & questions d'utilisateurs de jauges
- 3) Echanges avec l'ASN pour officialiser des propositions de mode de gestion de sources

## Etat des lieux en jauges radiométriques "bêta" (au 27/03/08)



71 appareils:

- 1 seul marque & type:  
Environnement SA MP101M ,  
source scellée  $^{14}\text{C}$ , 3.3 MBq  $\pm$  10%

- 8 réseaux concernés

- ↪ Atmo NPdC
- ↪ AIRCOM
- ↪ Atmo Lorraine Nord
- ↪ Lig'air
- ↪ Atmosf'Air
- ↪ Atmo Franche Comté
- ↪ AIRAQ
- ↪ Atmo Rhône-Alpes

## Une situation diversifiée vis à vis de la gestion des sources

### 4 cas de figure:

- **2 réseaux soumis à la seule déclaration**
- **1 réseau souhaitant revenir au régime actuel de la déclaration**
  - ↳ Lig'air (à court terme, passage à 2 jauges)
- **3 réseaux soumis à l'autorisation et ayant choisi le mode de gestion usuel (autorisation + PCR en interne)**
  - ↳ Atmo Nord Pas de Calais (PCR valide jusqu'en 2011)
  - ↳ AIRCOM – basse normandie (PCR valide jusqu'en 2012)
  - ↳ Atmosf'Air – bourgogne (PCR valide jusqu'en 2012)
- **2 réseaux en attente des suites de la réunion de ce jour (autorisation + PCR « temporaire » en local)**
  - ↳ Atmo Lorraine Nord
  - ↳ AIRAQ - Aquitaine

## L'acquis actuel (conclusions de la réunion du 25-05-07)

- **Prolongation possible de la “règle des 10 ans” (changement systématique de la source)**
  - ↪ Autorisation à la dérogation (maximum 5 ans)
  - ↪ Par simple lettre de demande de prolongation complétée des documents afférents (Identification de la source, rapport de contrôle de conformité de source, engagement au respect des conditions normales d'utilisation de l'appareil, “caution” du fabricant)
  - ↪ Centralisation à l'ASN
  
- **Possibilité de gestion « groupée » de sources (habilitation de seulement 1 seul PCR par regroupement de plusieurs AASQA)**
  - ↪ Proposition à faire à l'ASN après prise de décisions au niveau des usagers (choix technique, recherche de solutions en interne ou en externe)

## Proposition d'une gestion centralisée des sources pour les AASQA en attente

- **Choix du LCSQA - Mines de Douai comme PCR d'Atmo Lorraine Nord et d'Airaq utilisatrices de jauges bêta  $^{14}\text{C}$ , signifiant un engagement de cet organisme indépendant à:**

- assurer la traçabilité des sources (entrée, mouvement, sortie)
- vérifier la correcte évaluation des risques (étude de poste, conformité des locaux)
- assurer un suivi des contrôles périodiques d'ambiance (internes, externes)
- informer les personnes exposées (consignes afférentes)
- assurer une veille réglementaire

Choix justifié par:

- connaissance du contexte
- connaissance des appareils
- implication dans le dispositif national



## questions & souhaits des usagers sur la gestion des sources <sup>14</sup>C

- Evolutions à court terme des exigences réglementaires « ASN » compte tenu de l'outil (caractéristiques + nouveaux fournisseurs) et de la future Directive EU Qualité de l'air (PM<sub>2.5</sub>)
- Statut / périodicité des contrôles internes / externes compte tenu de l'outil (évolution technique, contrôles centralisés possibles) ?
- Contraintes liées à l'utilisation en moyen mobile (camion-labo)?
- Possibilité d'une formation spécifique au domaine de la qualité de l'air?
- Clarification des modalités de reprise de sources?
- Réflexion sur l'avenir:
  - augmentation du nbre d'appareils type bêta?
  - Colocalisation des appareils?
  - Arrivée de nouvelles mesures & techniques « radioactives » (COV & CPG ECD, comptage particules & SMPS)?

## Contexte législatif & réglementaire

### **Pour la PCR et le personnel:**

- Code du Travail
- Code de Santé Publique
- Décret n°2003-296 (31-03-2003) relatif à la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants
- Décret n°2002-460 (04-04-2002) relatif à la protection générale des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants
- l'arrêté du 26/10/2005 fixant les modalités de formation de la PCR et de certification du formateur

### **Pour le fournisseur:**

- Code de Santé Publique (section 4: articles R1333-45 à R1333-54)



# Rencontre

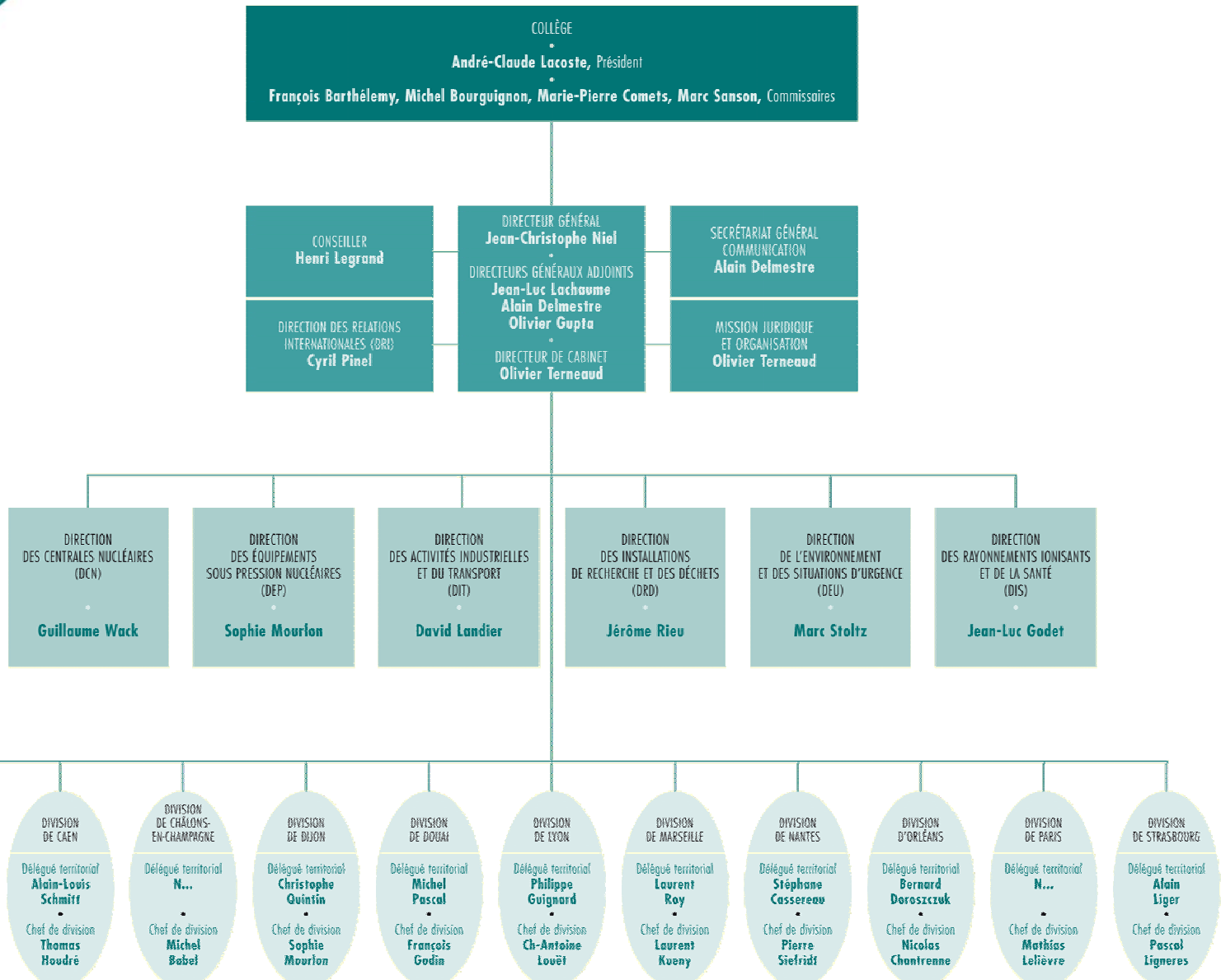
**AASQA LCSQA MEDAD ASN**

**27 / 03 / 2008**

- Un collège (5 commissaires dont un Président) : définit la politique générale de l'ASN en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection
- Un directeur général : organise et dirige les services de l'ASN (directions et divisions)
- 11 divisions, placées sous l'autorité d'un délégué territorial : représentent l'ASN en région



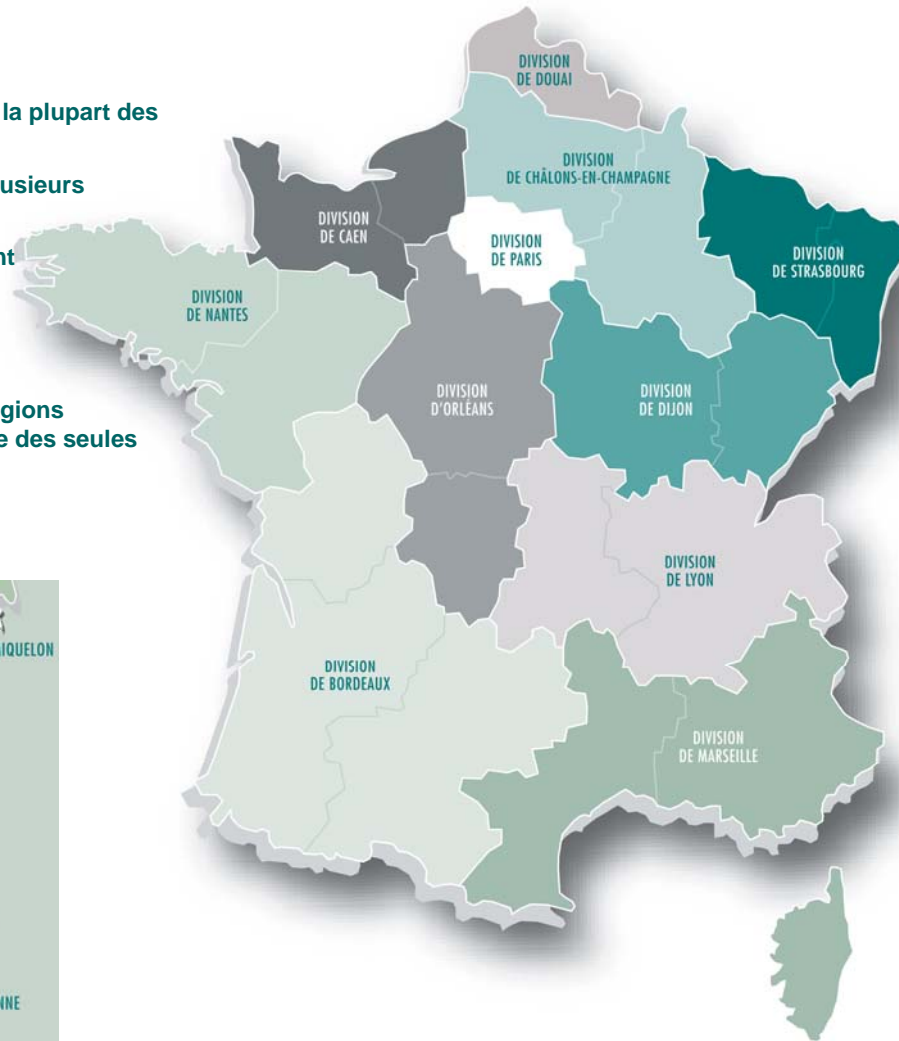
# ASN Organisation



du 1<sup>er</sup> septembre 2007

## L'ASN en région

- Couverture complète du territoire et de la plupart des collectivités territoriales d'outre-mer
- 11 divisions compétentes sur une ou plusieurs régions administratives
- La division de Paris intervient également en Martinique, Guadeloupe et Guyane, à St Pierre et Miquelon, Mayotte et à la Réunion
- Les divisions de Caen et d'Orléans interviennent respectivement dans les régions Bretagne et Ile de France pour le contrôle des seules INB





## Quelques chiffres (données au 02/01/08)

Les hommes et les femmes de l'ASN :

- 429 agents dont près de 198 dans les divisions territoriales
- 232 inspecteurs, tous domaines confondus : INB, TMR, ESPN, radioprotection dont :
  - 177 inspecteurs INB
  - 84 inspecteurs radioprotection
- 75 % de cadres
- une moyenne d'âge de 41 ans et 3 mois
- 193 femmes, 236 hommes
- des origines diversifiées : ingénieurs, médecins, pharmaciens, juristes, personnels administratifs etc.

- Une association disposant uniquement de 1 à 2 sources de  $^{14}\text{C}$  (seuil fixé à 10MBq), d'activité unitaire de 3.66 MBq, n'a pas à déposer de dossier d'autorisation auprès de l'ASN.
- Une association disposant uniquement de 1 à 2 sources de  $^{14}\text{C}$  (seuil fixé à 10MBq), d'activité unitaire de 3.66 MBq et de sources d'autres radionucléides, doit vérifier si la somme présentée ci après est inférieure à 1:

$$\Sigma(A_i/A_{exi}) < 1$$

$A_i$  : activité totale (Bq) pour un radionucléide  $i$

$A_{exi}$  : seuil d'exemption en activité du radionucléide  $i$  (Bq)

- Une association disposant de plus de deux sources de  $^{14}\text{C}$  (seuil fixé à 10MBq), d'activité unitaire de 3.66 MBq, doit déposer un dossier d'autorisation auprès de l'ASN.
- 2008 régime de déclaration pour les analyseurs de poussière?





## Réunion du 25 mai 2007 au MEDAD

### CONCLUSIONS :

1/ Compte tenu de l'absence de risques d'exposition interne ou externe à proximité immédiate de l'appareil en condition normale d'utilisation, le contrôle technique d'ambiance n'est pas obligatoire.

## Réunion du 25 mai 2007 au MEDAD

2/ L'externalisation de la PCR ne pourra être admise que dans le cadre d'activités soumises à déclaration au titre du Code de la santé publique (décision ASN à venir). Il a cependant été convenu que, pour une association appartenant à un groupement d'association, une seule PCR au niveau du groupement (*le MEDAD se réfère au « niveau 2 » de groupement mais ce pourrait également être le LCSQA ou toute entité en montrant sa capacité*) pourra être admise, s'il est démontré que cette PCR a les moyens de remplir ses missions.