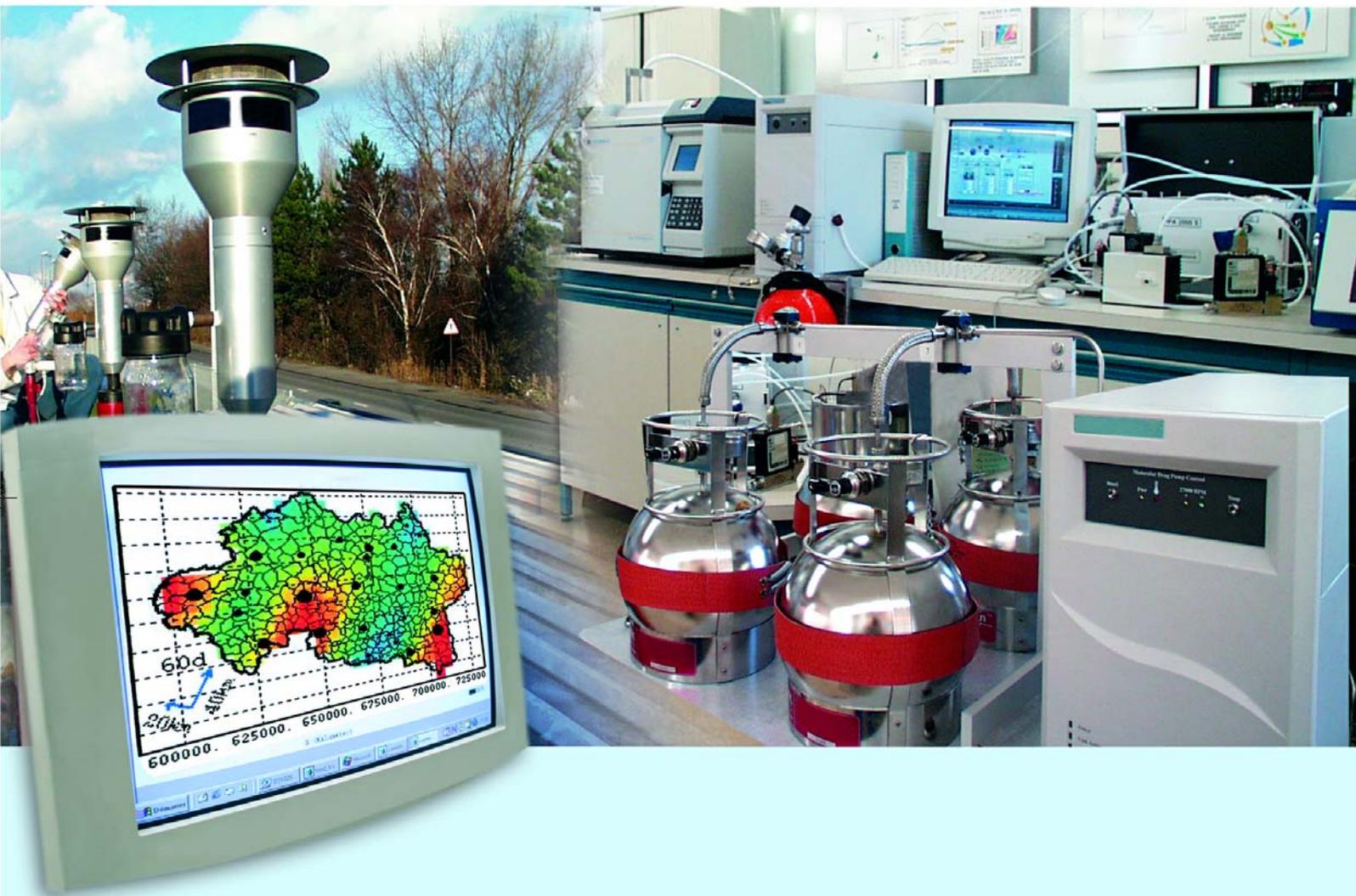




Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air



Métrologie – Assurance qualité

Mise au point d'un système de dopage PM

Décembre 2007

Programme 2007

I. FRABOULET





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'Ecole 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'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement durables 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.



Mise au point d'un système de dopage PM

Laboratoire Central de Surveillance
de la Qualité de l'Air

Métrologie – Assurance Qualité

Programme financé par la
Direction des Préventions des Pollutions et des Risques (DPPR)

2007

Auteurs : I. FRABOULET, N. KAROSKI, O. LE BIHAN (INERIS)

Ce document comporte 26 pages (hors couverture et annexes).

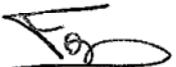
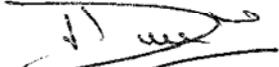
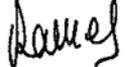
	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	I. FRABOULET	J. POULLEAU	M. RAMEL
Qualité	Ingénieur Direction des Risques Chroniques	Responsable Unité Qualité de l'air Direction des Risques Chroniques	Responsable LCSQA/INERIS Direction des Risques Chroniques
Visa			

TABLE DES MATIERES

RÉSUMÉ	5
REMERCIEMENTS	7
1. INTRODUCTION	9
2. CONTEXTE ET OBJECTIFS	11
3. PRINCIPE DES ESSAIS	13
4. RÉSULTATS	17
4.1 Première serie d'essais : sans dilution	17
4.2 Deuxième série d'essais : avec dilution	20
5. CONCLUSION	25
6. LISTE DES ANNEXES	26
Annexe 2	31

TABLE DES TABLEAUX ET FIGURES

Figure 1 : Montage réalisé lors de la première série d'essais : sans dilution	14
Figure 2 : Montage réalisé lors de la seconde série d'essais : avec étages de dilution	15
Figure 3 : Granulométries déterminées à l'ELPI pour différentes valeurs de débit de propane	17
Figure 4 : Granulométries déterminées à l'ELPI pour différentes valeurs de débit dilution	18
Figure 5 : Impact du débit de propane sur le nombre total de particules mesurées par l'ELPI	18
Figure 6 : Impact du débit en gaz de dilution sur le nombre total de particules mesurées par l'ELPI	19
Figure 7 : Granulométries observées en configuration 1 et 2	22
Figures 8 (a et b) : Suivi des concentrations massiques de PM _{2,5} mesurées avec le TEOM-50°C lors de nettoyages des diluteurs à l'air comprimé	23
Tableau 1 : Paramètres de fonctionnement du générateur et taux de dilution	20

Tableau 2 : Résultats de concentrations massiques mesurées par le TEOM-50°C
dans les configurations 1 et 2..... 21

RESUME

L'objectif de cette étude est de mettre au point, à l'image de ce qui existe pour les gaz, un système de dopage d'une matrice « air » qui soit spécifique aux particules et qui permette d'étendre les exercices d'intercomparaison aux particules.

Le système de dopage proposé repose sur la mise en œuvre d'un générateur de particules carbonées émises lors de la combustion de propane. Ce type de génération permet d'obtenir un aérosol représentatif de celui rencontré en mesures réelles et de disposer d'interférents comme l'humidité relative et donc probablement de semi-volatils.

L'année 2007 a été consacrée à valider l'adéquation de ce type de génération avec les objectifs de l'étude en terme de caractéristiques de l'aérosol généré. Un impacteur électrique basse pression (ELPI) et un TEOM-50°C ont été mis en œuvre à cet effet. Les résultats des deux séries d'essais réalisées à l'INERIS sont présentés ici.

La première série d'essais a permis de caractériser l'aérosol généré pour divers points de fonctionnement du générateur. Il présente une granulométrie submicronique, une concentration massique pouvant dépasser les 10 mg/m³ et un taux d'humidité relative empêchant toute mesure avec le TEOM-50°C.

Dans une seconde série d'essais, des étapes de dilution ont été introduites afin d'abaisser les concentrations massiques de PM et le taux d'humidité relative. Les niveaux de concentrations massiques mesurés par le TEOM-50°C étaient en adéquation avec les objectifs de l'étude. En revanche, une instabilité des concentrations mesurées par le TEOM-50°C a été observée, cette instabilité est due à l'encrassement progressif des systèmes de dilution utilisés.

Ce point, ainsi que la fourniture d'un débit suffisant au fonctionnement de six TEOM en parallèle feront l'objet des travaux de développement réalisés en 2008.

REMERCIEMENTS

L'INERIS remercie la société LNI et plus particulièrement M. Calabrese pour la mise à disposition du générateur de particules et leur participation à l'étude.

1. INTRODUCTION

L'objectif de cette étude est de mettre au point, à l'image de ce qui existe pour les intercomparaisons sur les gaz, un système de dopage de la matrice « air » qui soit spécifique aux particules.

Un tel système permettrait au LCSQA d'organiser des exercices d'intercomparaison permettant d'estimer les incertitudes associées aux mesures des concentrations de PM par les systèmes TEOM et jauge β . Le système de dopage proposé repose sur la mise en œuvre d'un générateur de particules carbonées émises lors de la combustion de propane.

Les contraintes associées à la problématique des particules sont multiples. Il s'agit :

- de générer un aérosol représentatif de celui rencontré en station de mesure,
- de distribuer de manière homogène cet aérosol à plusieurs instruments de mesure fonctionnant en parallèle afin qu'ils soient exposés à la même matrice,
- de fournir un débit suffisant au fonctionnement de ces appareils.

La prise en compte de ces contraintes a imposé la réalisation d'un certain nombre d'essais préliminaires permettant de caractériser l'aérosol émis par le générateur, et de valider le système de conditionnement et de distribution de l'aérosol au regard des objectifs de concentration massique de PM, d'humidité et de débit de l'aérosol fourni aux instruments de mesure.

Deux séries d'essais ont été réalisées à l'INERIS. La première série a consisté en la caractérisation de la granulométrie massique haute concentration, c'est à dire en sortie du générateur, sans aucun conditionnement de l'aérosol. Lors de la seconde série d'essais, des étages de dilution ont été introduites entre le générateur et les appareils de mesure afin d'atteindre les niveaux de concentrations recherchés.

2. CONTEXTE ET OBJECTIFS

La réglementation fixe des valeurs limites de concentration de polluants dans l'air ambiant en exigeant le respect de seuils d'incertitude maximale.

Pour estimer les incertitudes associées aux mesures, le LCSQA organise notamment des exercices d'intercomparaison reposant sur un dispositif de dopage de la matrice "air" en différents polluants gazeux. Ce dispositif a été conçu pour garantir une distribution en gaz de caractéristiques identiques à tous les participants (même temps de séjour des gaz) à partir d'une matrice d'air ambiant naturelle enrichie par dopage. Une telle matrice permet, tout en conservant la représentativité d'une matrice réelle (interférents, etc.), de balayer différents niveaux de concentrations pour déterminer une incertitude de mesure sur une plage de mesure étendue. En effet, l'intérêt de la comparaison peut se trouver limité si les concentrations dans l'air ambiant lors des exercices sont trop faibles et peu variables. Par ailleurs, l'uniformité des caractéristiques de l'air ambiant sur le lieu de mesure peut ne pas être parfaite et induire des écarts de mesure entre laboratoires. Actuellement, ce type d'outil n'existe pas pour les particules. Il est donc proposé de combler cette lacune.

L'objectif de cette étude est de mettre au point un système de dopage spécifique aux particules pour réaliser des intercomparaisons avec dopage permettant de garantir durant les exercices une gamme de concentrations étendue indispensable pour déterminer l'incertitude de mesure. Ceci nécessite :

- d'obtenir un aérosol présentant des valeurs de concentrations massiques en PM et d'humidité relative adaptées aux mesures réalisées par un TEOM ou une jauge β ,
- de concevoir un système distribuant un aérosol homogène aux différents appareils de mesure,
- de générer un débit de dopage compatible avec le fonctionnement de 6 appareils en parallèle.

Compte tenu de la complexité pour obtenir un dopage en particules par rapport aux polluants gazeux, une démarche en deux étapes a été entreprise :

- L'année 2007 a été consacrée à l'adaptation et au test d'un prototype de génération de particules existant par ailleurs, et présentant des spécifications prometteuses (production par combustion).
- L'année 2008 consistera en l'adaptation du système de distribution aux contraintes de mise en œuvre de plusieurs TEOM en parallèle en terme de dilution, débit et homogénéité de l'effluent. L'objectif à terme est la mise en œuvre opérationnelle de cet outil en 2008, lors d'essais d'intercomparaison de moyens mobiles.

3. PRINCIPE DES ESSAIS

L'aérosol étudié est généré par la combustion contrôlée de propane en présence d'un mélange d'azote et d'oxygène. Une injection supplémentaire d'un mélange azote-oxygène peut avoir lieu au niveau de la flamme afin de diluer l'émission.

Un schéma et une description du principe du générateur de particules sont fournis en Annexe 2.

Il est possible de faire varier les débits de propane, d'azote et d'oxygène au niveau de la combustion. Le débit de gaz de dilution peut également être modifié. La modification de ces paramètres peut modifier les caractéristiques de l'aérosol.

Les essais réalisés consistent à caractériser l'aérosol de combustion généré en terme de :

➤ granulométrie, par l'intermédiaire d'un impacteur basse pression à détection électrique (ELPI). L'ELPI réalise un tri aérodynamique de l'aérosol en 12 fractions (de 30 nm à 10 µm) et permet la mesure en continu de la concentration en nombre de particules dans chaque fraction. Une description de l'ELPI est fournie en Annexe 2.

Une concentration massique peut être obtenue, cependant, la détermination de la concentration massique avec l'ELPI est associée à certains biais qui rendent son interprétation délicate. En revanche elle peut être prise en compte afin d'évaluer les niveaux massiques de particules caractérisant l'aérosol.

➤ concentration massique avec un TEOM-50°C équipé d'un cyclone permettant l'élimination des particules de diamètre aérodynamique supérieur à 2,5 µm.

Il était également prévu de générer un aérosol dont les caractéristiques en terme d'humidité, de température, de concentration et de granulométrie soient compatibles avec le fonctionnement du TEOM dans des conditions de mesure de la qualité de l'air ambiant. Il est notamment très important de s'assurer qu'il sera possible dans un second temps de distribuer l'aérosol à plusieurs TEOM de manière homogène. Ceci peut nécessiter un conditionnement de l'aérosol, par l'introduction d'étages de suppression des particules les plus grosses et de dilution, préalables à la réalisation des mesures.

Des schémas des montages réalisés sont présentés dans les figures suivantes.

Les paramètres d'influence pris en compte dans les essais sont:

- La composition du mélange de combustion c'est à dire le débit de propane et d'oxygène,
- Le débit des gaz de dilution introduits au niveau de la flamme,
- Le taux de dilution du système de prélèvement.

Deux séries d'essais ont été réalisés :

➤ Lors d'une première série d'essais, l'ELPI et le TEOM ont été placés en aval du générateur sans conditionnement préalable de l'aérosol. On a alors caractérisé l'aérosol pour différentes valeurs des paramètres de fonctionnement du générateur.

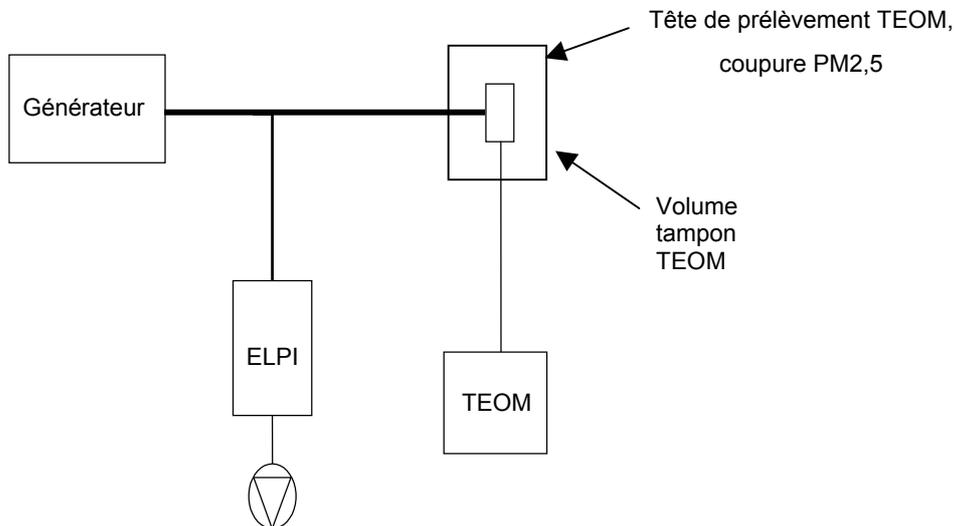


Figure 1 : Montage réalisé lors de la première série d'essais : sans dilution

➤ Lors de la seconde série d'essais, l'ELPI et le TEOM ont été utilisés en aval de deux étapes de dilution de l'aérosol. Ces dilutions ont été réalisées par l'intermédiaire de systèmes disponibles dans le commerce et couramment utilisés pour la dilution d'effluents gazeux et particulaires lors de mesures réalisées à l'émission de sources fixes. Il s'agit :

- de deux systèmes de marque Palas opérant dans les conditions de mise en œuvre aux taux respectifs de dilution de 10 (Palas VKL10) et 100 (Palas VKL100),
- d'un système de marque Dekati opérant dans les conditions de mise en œuvre à un taux de dilution de 8.

Une première configuration de dilution a été obtenue en associant le Palas VKL 10 au diluteur Dekati, la seconde configuration correspond à l'association des diluteurs Palas VKL 100 et Dekati. Les taux de dilution des deux configurations varient donc d'un facteur 10.

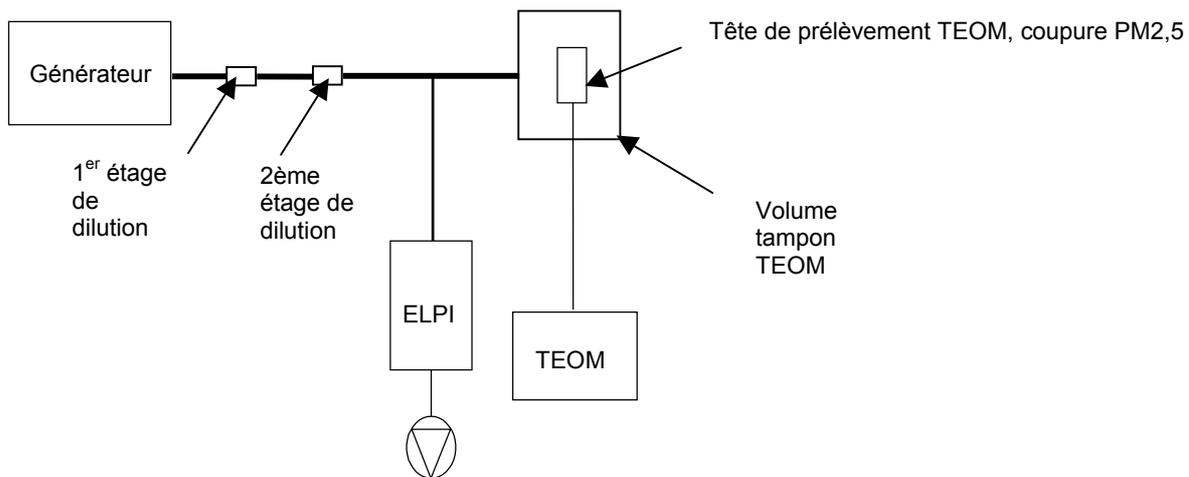


Figure 2 : Montage réalisé lors de la seconde série d'essais : avec étages de dilution

4. RESULTATS

4.1 PREMIERE SERIE D'ESSAIS : SANS DILUTION

Les résultats des granulométries obtenues avec l'ELPI sont présentés dans les figures suivantes. Celles-ci illustrent respectivement les granulométries obtenues en faisant varier le débit de propane (Figure 3) et le débit de gaz de dilution (Figure 4). Les résultats montrent que la distribution granulométrique et la position du mode ne sont pas ou peu affectés par le débit de propane ; il en est de même lorsque le taux de dilution varie. En revanche, lorsque le débit de propane et des gaz de dilution est augmenté, une augmentation du nombre de particules mesurées à chaque étage de l'ELPI est observée.

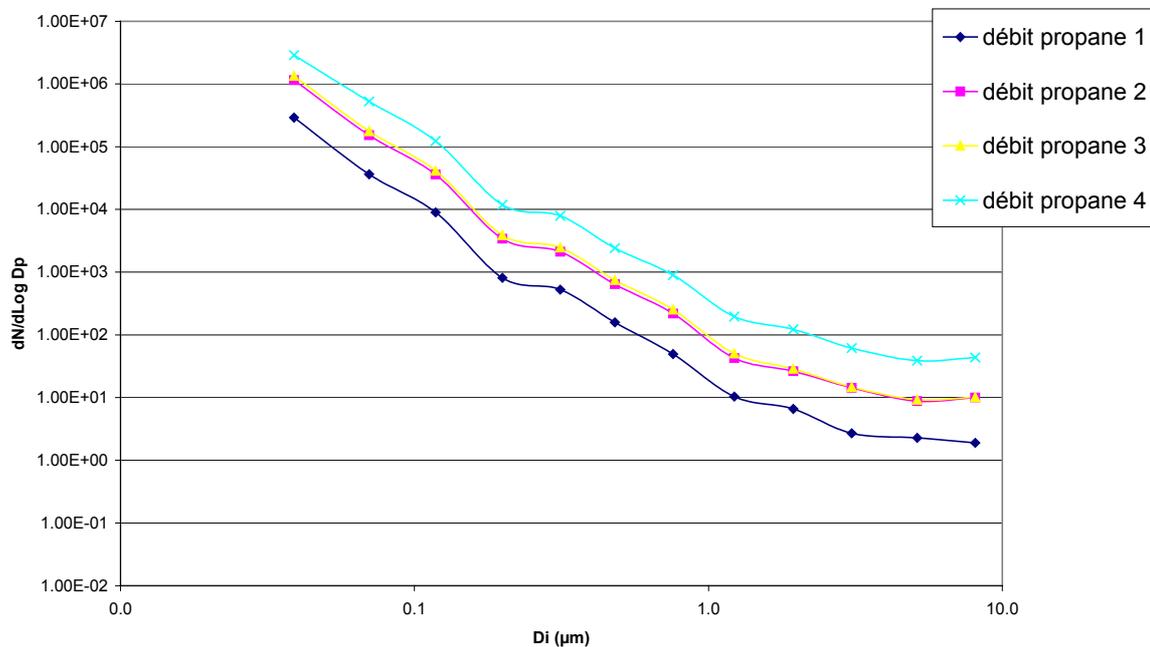


Figure 3 : Granulométries déterminées à l'ELPI pour différentes valeurs de débit de propane

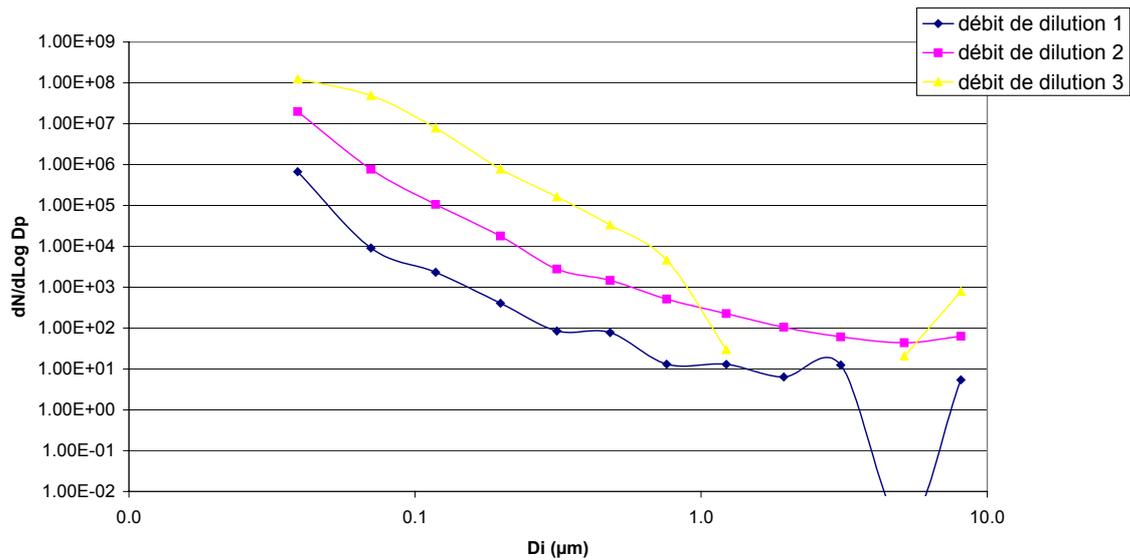


Figure 4 : Granulométries déterminées à l'ELPI pour différentes valeurs de débit dilution

Les essais réalisés (Figure 5) en faisant varier le débit de propane montrent que le nombre total de particules mesurées avec l'ELPI varie de manière exponentielle avec le débit de propane.

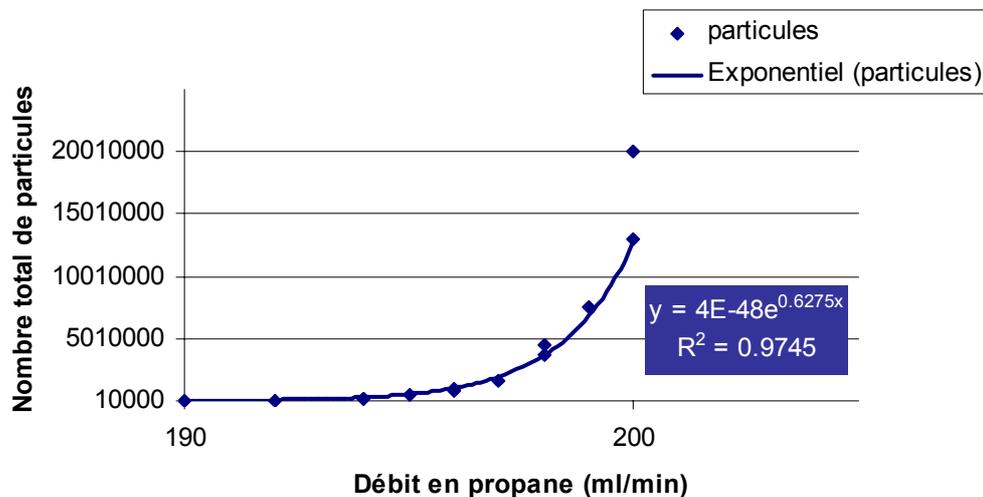


Figure 5 : Impact du débit de propane sur le nombre total de particules mesurées par l'ELPI

L'impact du débit des gaz de dilution a également été mesuré pour deux valeurs de débit de propane (

Figure 6). L'augmentation des débits en gaz de dilution induit une augmentation du nombre de particules mesurées. Cette observation est inattendue, puisque l'objectif de cette injection de gaz était en principe de diluer l'aérosol et donc d'en diminuer la concentration de particules.

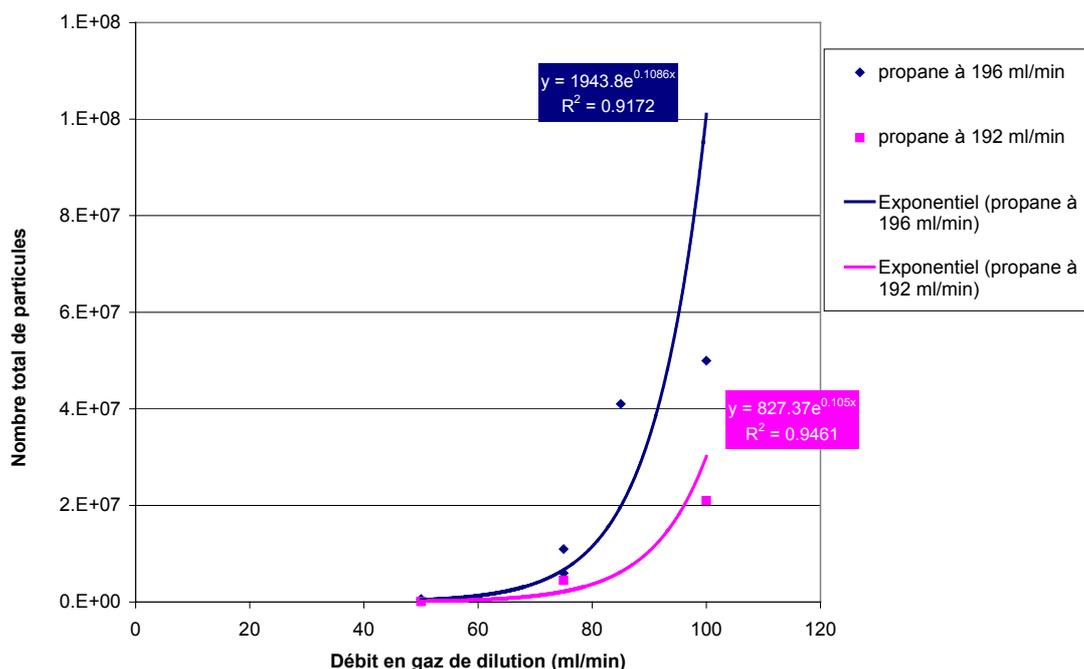


Figure 6 : Impact du débit en gaz de dilution sur le nombre total de particules mesurées par l'ELPI

A titre indicatif, la concentration massique mesurée par l'ELPI et associée à ces différents points de fonctionnement était comprise entre $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les points de fonctionnement présentant les valeurs de débit les plus faibles à $12 \text{mg}/\text{m}^3$ pour les points de fonctionnement présentant les valeurs de débit les plus élevées.

Aucune mesure TEOM des concentrations massiques de particules générées n'a pu être obtenue pendant cette première série d'essais. Les valeurs obtenues étaient négatives alors que le nombre de particules et les concentrations massiques mesurées par l'ELPI étaient loin d'être négligeables. Cette difficulté est très probablement liée au caractère très humide de l'aérosol, des gouttelettes de condensation ont en effet pu être observées en sortie du générateur.

Il a donc été impossible de relier les concentrations mesurées en nombre aux différents points de fonctionnement, à des concentrations massiques mesurées par le TEOM.

Il a donc été jugé nécessaire, dans une seconde étape, d'introduire une dilution de l'effluent permettant de diminuer le taux d'humidité et les concentrations massiques de l'aérosol afin de les rendre compatibles avec le fonctionnement d'un TEOM ou d'une jauge β .

Conclusion de la première série d'essais :

- Les mesures en nombre de particules réalisées avec l'ELPI montrent une corrélation positive entre le débit de propane et le nombre de particules émis par le générateur d'une part et entre le gaz de dilution et le nombre de particules émises par le générateur, d'autre part.
- Le caractère humide de l'aérosol en sortie du générateur a empêché la réalisation de mesure avec le TEOM 50°C. Les concentrations massiques mesurées par l'ELPI aux points de fonctionnement du générateur associés à des débits élevés de propane et de gaz de dilution ont dépassé 10 mg/m³.
- Une étape de conditionnement comprenant une dilution de l'aérosol est nécessaire pour atteindre les objectifs de l'étude en terme de concentration et d'humidité de l'aérosol. Dans une seconde série, des diluteurs ont été intégrés au système.

4.2 DEUXIEME SERIE D'ESSAIS : AVEC DILUTION

La deuxième série d'essai a consisté à caractériser un réglage du générateur associé à deux niveaux de dilution de l'aérosol. Au total, 4 essais ont été réalisés dans chacune de ces deux configurations. Les valeurs de différents paramètres de génération et de distribution sont présentées dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Paramètres de fonctionnement du générateur et taux de dilution

Configuration	Débit de propane (ml/min)	Débit O ₂ /N ₂	Débit gaz de dilution	Taux de dilution de l'aérosol
1	160	5	50	1000
2	160	5	50	100

La différence entre les deux configurations tient aux niveaux de dilution utilisés pour le système de dilution qui varie d'un facteur 10. Les résultats des essais qui ont été réalisés 4 fois pour chacune des configurations sont présentés dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Résultats de concentrations massiques mesurées par le TEOM-50°C dans les configurations 1 et 2.

Essai	Concentration massique moyenne en PM _{2,5} (µg/m ³)
Configuration 1 essai 1	26.5
Configuration 1 essai 2	15.6
Configuration 1 essai 3	86.8
Configuration 1 essai 4	13.6
Configuration 2 essai 1	-0.6
Configuration 2 essai 2	23.6
Configuration 2 essai 3	0.1
Configuration 2 essai 4	9.2

Ces résultats montrent que les concentrations obtenues dans ces deux configurations correspondent à la gamme attendue pour l'utilisation du TEOM. En revanche, il y a une très mauvaise répétabilité des résultats qui varient respectivement entre -0.6 et 23.6 µg/m³ avec un taux de dilution de 1000 et entre 13.6 et 86.8 µg/m³ pour un taux de dilution de 100.

De plus, les concentrations mesurées dans les deux cas ne varient pas linéairement avec le taux de dilution imposé.

Les granulométries correspondantes sont présentées dans la Figure 7. Elles montrent que dans les deux configurations, la distribution en nombre de particules est submicronique, la concentration maximale est atteinte pour un diamètre compris inférieur à 0,2 µm. En revanche on n'observe pas un facteur 10 entre les concentrations mesurées dans les deux configurations.

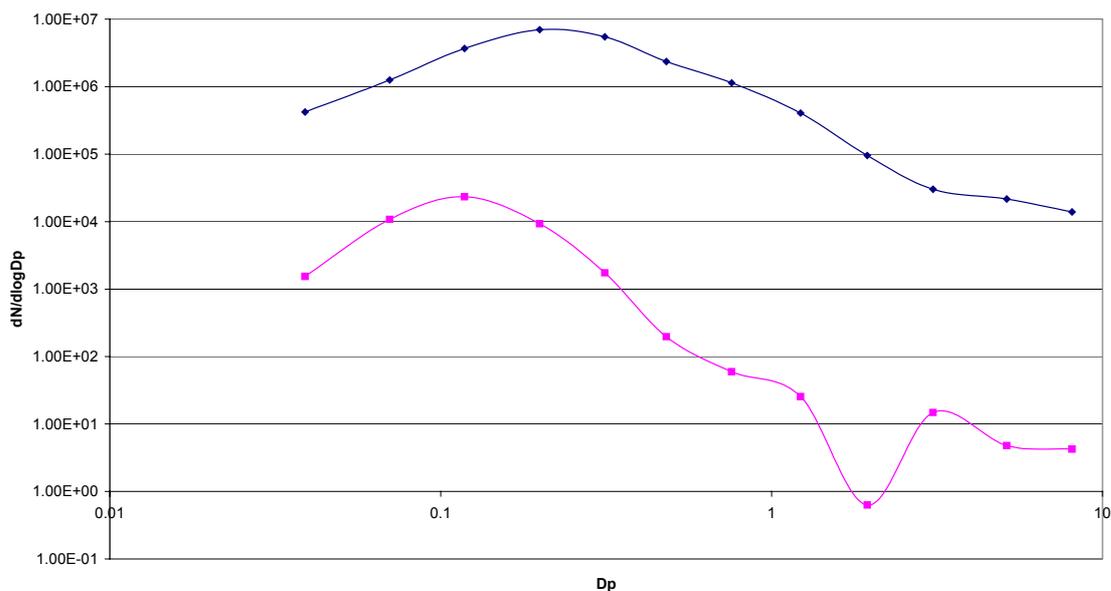


Figure 7 : Granulométries observées en configuration 1 et 2

L'hypothèse d'un encrassement des diluteurs pendant les essais a été émise pour expliquer le manque d'homogénéité des concentrations mesurées par le TEOM.

Les figures suivantes illustrent l'évolution des concentrations mesurées par le TEOM et l'ELPI pendant deux essais au cours desquels un nettoyage des diluteurs est réalisé, alors qu'aucun autre paramètre n'est modifié.

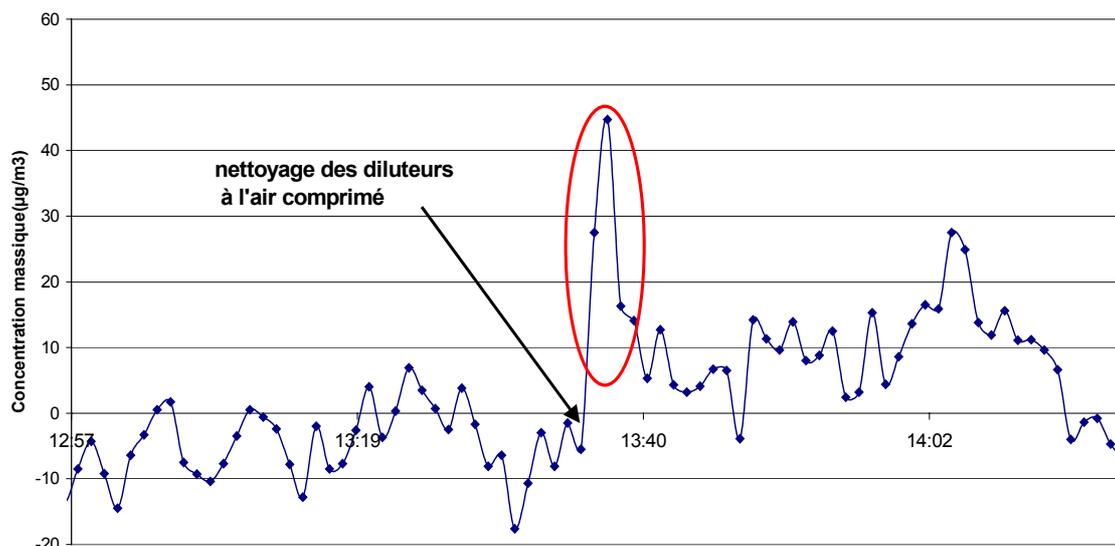
Dans les deux cas, un pic de concentration est observé tout de suite après le nettoyage des diluteurs à l'air comprimé. Les concentrations oscillent ensuite avant de diminuer à nouveau. Ceci confirme l'hypothèse d'encrassement qui survient au fur et à mesure que l'aérosol passe à travers les diluteurs.

La même observation peut être faite avec le nombre total de particules mesuré avec l'ELPI.

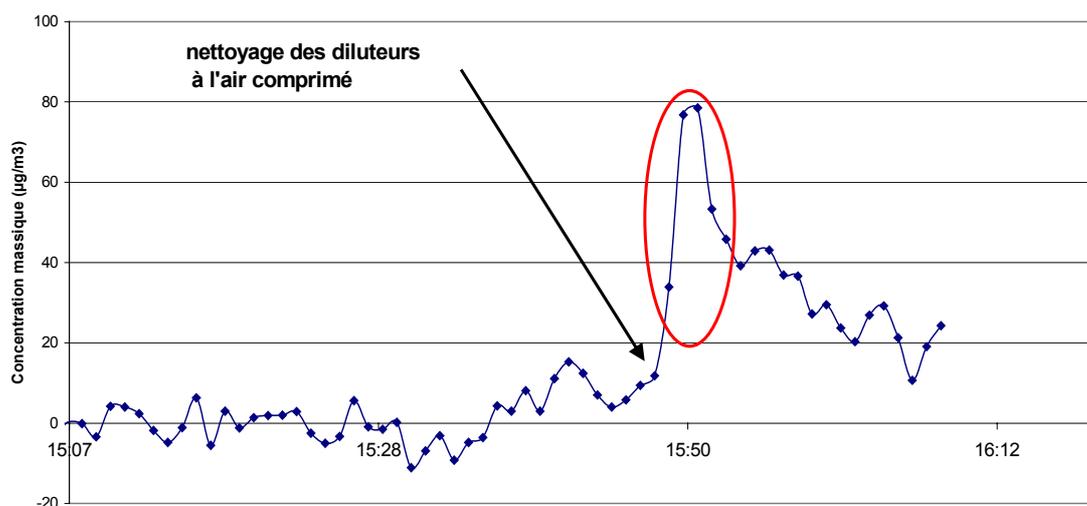
Ainsi, l'introduction d'étages de dilution permet d'atteindre des niveaux de concentrations compatibles avec ceux recherchés pour le fonctionnement du TEOM-50°C c'est à dire compris entre 0 et 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En revanche, on n'observe pas de niveaux de concentration répétables.

Les figures suivantes montrent l'évolution des concentrations massiques mesurées par le TEOM lors de deux essais successifs. Les concentrations massiques mesurées sont instables et faibles, cependant lorsqu'un nettoyage à l'air comprimé est réalisé au niveau de l'orifice du système de dilution, un pic de concentration est observé. Ce pic est suivi de concentrations toujours instables mais dont les niveaux sont plus élevés que celles observées avant le nettoyage.

On peut donc supposer qu'un encrassement progressif des diluteurs au cours des essais est responsable de l'instabilité des concentrations mesurées par le TEOM et donc du manque de répétabilité des résultats de concentrations massiques.



(a)



(b)

Figures 8 (a et b) : Suivi des concentrations massiques de PM_{2,5} mesurées avec le TEOM-50°C lors de nettoyages des diluteurs à l'air comprimé

Ce mode de dilution est susceptible d'être soumis à l'encrassement, il ne permet pas de conserver un signal stable pendant la durée des essais. Il est donc nécessaire, de concevoir un système de dilution qui ne présente pas ce risque.

Conclusion de la seconde série d'essais :

- La matrice générée après dilution de l'effluent est caractérisée par une granulométrie en nombre centrée sur 0,1-0,2 μm
- Cette matrice présente une gamme de concentrations compatible avec les objectifs de l'étude c'est à dire des niveaux de concentrations compris entre 0 et 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ tels que ceux mesurés par un TEOM ou une jauge β dans l'air ambiant. Cependant, ces niveaux de concentration ne sont pas répétables, puisqu'une grande variabilité des résultats est observée lors d'essais réalisés dans les mêmes configurations de fonctionnement du générateur et de dilution de l'effluent. Ce manque de répétabilité des concentrations est lié à une dégradation du signal du TEOM-50°C du à un encrassement progressif des diluteurs au cours des essais.
- La dilution de l'aérosol par un système non susceptible de subir un encrassement est nécessaire pour garantir une répétabilité des niveaux de concentration obtenus. Un tel système sera développé en 2008.

5. CONCLUSION

L'année 2007 a été consacrée à la caractérisation de l'aérosol émis par un système de génération de particules carbonées par combustion de propane. Ce type de génération permet d'obtenir un aérosol représentatif de celui rencontré en mesures réelles et de disposer d'interférents comme l'humidité relative et donc probablement de composés semi-volatils.

Cette caractérisation a été réalisée au niveau des émissions du générateur c'est à dire sans dilution préalable de l'aérosol ainsi qu'en aval d'étages de dilution.

Les mesures ELPI réalisées sans dilution préalable de l'aérosol ont montré une corrélation positive entre le débit de propane et de gaz de dilution d'une part et le nombre de particules émises par le générateur. Dans cette configuration, l'aérosol présente une humidité relative élevée, ce qui a empêché la réalisation de mesures avec le TEOM-50°C. Les concentrations massiques maximales mesurées par l'ELPI ont dépassé 10 mg/m³. Ces niveaux sont suffisants pour permettre une dilution de l'aérosol dont l'objectif est d'atteindre des niveaux d'humidité relative et de concentration massique compatibles avec le fonctionnement d'un TEOM ou d'une jauge β .

Dans une seconde série, des diluteurs ont été intégrés au système. La matrice générée après dilution de l'effluent est caractérisée par une granulométrie en nombre centrée sur 0,1-0,2 μm . Cette matrice présente une gamme de concentrations compatible avec les objectifs de l'étude c'est à dire des concentrations comprises entre 0 et 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ telles que celles auxquelles opère un TEOM ou une jauge β dans l'air ambiant. Cependant, ces niveaux de concentration ne sont pas répétables, cette hétérogénéité des concentrations étant liée à une dégradation du signal du TEOM 50°C du à un encrassement progressif des diluteurs au cours des essais.

La dilution de l'aérosol par un système non susceptible de subir un encrassement est nécessaire pour garantir une répétabilité des niveaux de concentration obtenus.

6. LISTE DES ANNEXES

Repère	Désignation	Nombre de pages
Annexe 1	Fiche LCSQA Dopage PM2007	2
Annexe 2	Descriptif du générateur de particules et de l'impacteur basse pression ELPI	4

ANNEXES

ANNEXE 1

THEME GENERAL : METROLOGIE – ASSURANCE QUALITE

Etude : mise au point d'un système de dopage PM

Objectif

L'objectif de cette étude est de mettre au point un système de dopage spécifique aux particules pour :

- réaliser des intercomparaisons avec dopage permettant de garantir durant les exercices une gamme de concentrations étendue indispensable pour déterminer l'incertitude de mesure,
- réaliser des comparaisons de stations de surveillance 2 à 2, notamment sur les futures stations de référence des PM 10,
- prendre en compte la fraction volatile des particules.

Contexte et travaux antérieurs

La réglementation fixe des valeurs limites de concentration de polluants dans l'air ambiant en exigeant le respect de seuils d'incertitude maximale.

Pour estimer les incertitudes associées aux mesures, le LCSQA organise notamment des exercices d'intercomparaison reposant sur un dispositif de dopage de la matrice "air" en différents polluants gazeux. Ce dispositif a été conçu pour garantir une distribution en gaz de caractéristiques identiques à tous les participants (même temps de séjour des gaz) à partir d'une matrice d'air ambiant naturelle enrichie par dopage. Une telle matrice permet, tout en conservant la représentativité d'une matrice réelle (interférents, etc.), de balayer différents niveaux de concentrations pour déterminer une incertitude de mesure sur une plage de

mesure étendue. En effet, l'intérêt de la comparaison peut se trouver limité si les concentrations dans l'air ambiant lors des exercices sont trop faibles et peu variables. Par ailleurs l'uniformité des caractéristiques de l'air ambiant sur le lieu de mesure peut ne pas être parfaite et induire des écarts de mesure entre laboratoires.

Actuellement, ce type d'outil n'existe pas pour les particules. Il est donc proposé de combler cette lacune.

Pour mémoire, lors des deux premiers exercices d'intercomparaison de groupe menés au niveau français (exercices LCSQA/ASPA de 2003 et 2005), les concentrations en PM10 n'ont pas dépassé $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et se sont situées en majorité au dessous de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ces exercices se sont donc déroulés nettement au dessous de la valeur limite 24h ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ce qui restreint fortement leur intérêt à l'égard de l'exigence de la directive européenne en terme d'incertitude, ainsi qu'au niveau de la démonstration de compétence des participants.

Un tel outil offrirait également la possibilité d'avoir un outil de comparaison 2 à 2 pour les futures stations de référence TEOM 50°C – TEOM-FDMS, ou jauge Beta RST, qui doivent être progressivement opérationnel à partir de 2007. La présence d'une fraction semi-volatile dans la matrice ainsi générée constituerait un avantage considérable, en particulier afin d'assurer un suivi dans le temps du fonctionnement des FDMS.

Travaux proposés pour 2007

Compte tenu de la complexité d'obtenir un dopage en particules par rapport aux polluants gazeux, une démarche en deux étapes est proposée :

- En 2007 (second semestre), **l'adaptation et le test d'un prototype de génération de particules existant** par ailleurs, présentant des spécifications prometteuses (production par combustion). Une première série d'essais sera réalisée à l'INERIS. Si le prototype répond aux spécifications attendues en terme de débit et de composition physico-chimique, un test sera réalisé en conditions réelles lors d'une action du programme LCSQA/INERIS "intercomparaison", en 2007 si les contraintes de calendrier le permettent.

La caractérisation de la granulométrie massique haute concentration constituera une étape importante non seulement pour connaître et envisager un développement du générateur mais aussi pour vérifier son adéquation à l'objectif (TEOM ou jauge Beta RST, PM10 et PM2,5).

- Si les résultats obtenus sont satisfaisants, **un programme de mise en œuvre opérationnelle de cet outil** sera proposé pour 2008.

ANNEXE 2

Générateur de particules LNI

Un aérosol est généré par combustion de propane en présence d'un mélange O_2/N_2 . Au niveau du foyer, une dilution de l'émission par un mélange O_2/N_2 est possible.

Le générateur est alimenté en gaz par l'intermédiaire de potentiomètres permettant de faire varier le débit d'entrée. Le propane et l'azote sont issus de bouteilles de gaz, et l'oxygène est fourni à partir du gaz comprimé préalablement filtré.

La Figure A9 présente une vue de dessus du générateur, la Figure A10 illustre le schéma de principe correspondant. Le système de filtration de l'air comprimé ainsi que le foyer du générateur sont présentés dans Figure A11.

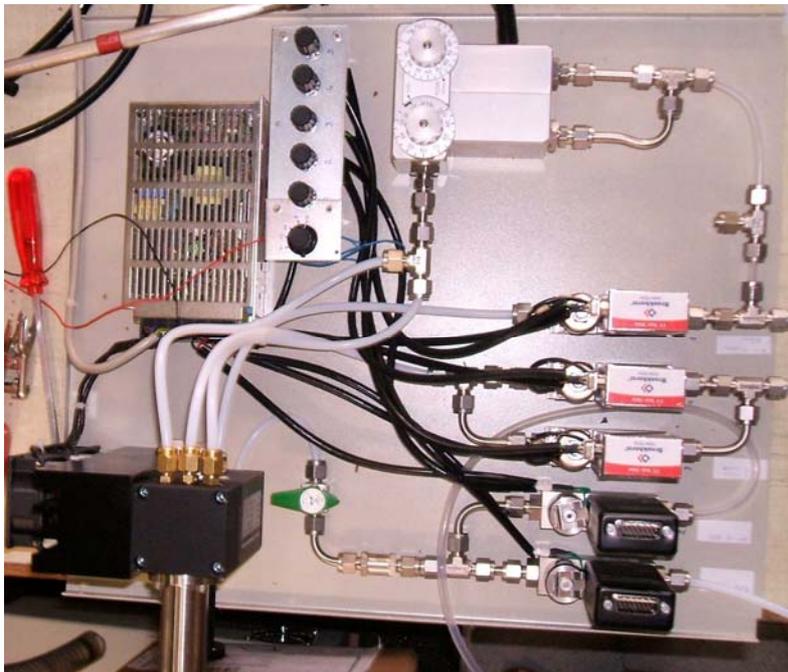


Figure A9 : Vue de dessus du générateur de particules

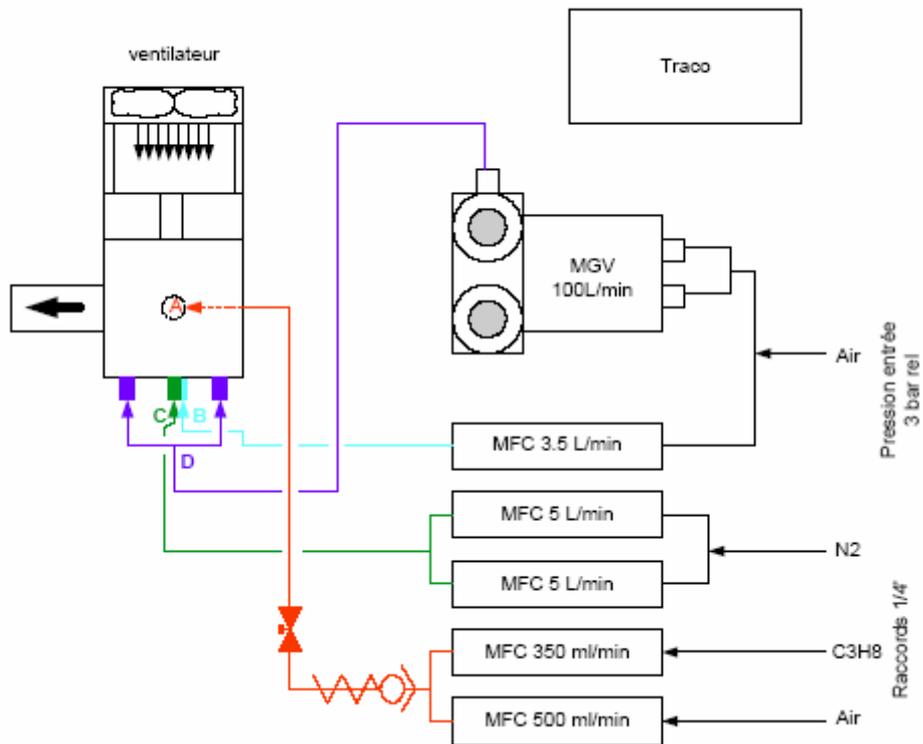


Figure A10 : Schéma de principe du générateur de particules

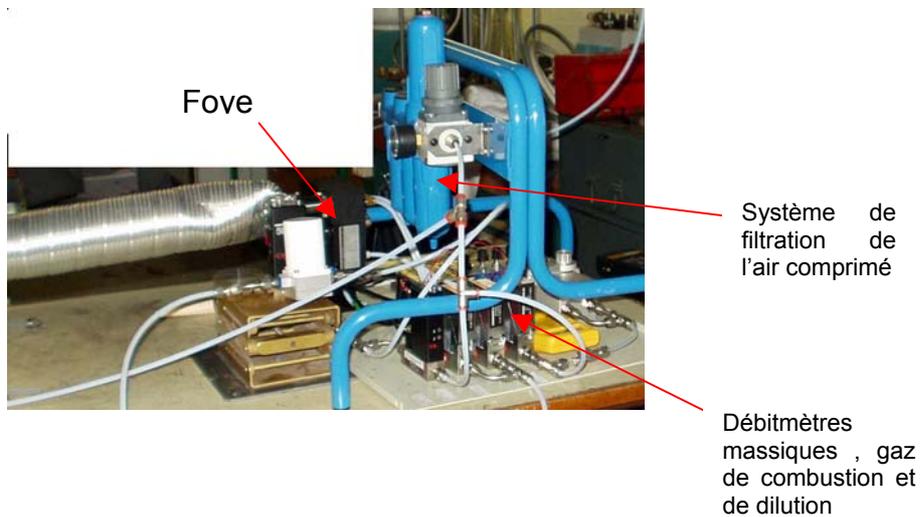


Figure A11 : Système de génération de particules

Impacteur basse pression à détection électrique (Electrical Low Pressure Impactor ELPI)

Le fonctionnement de l'impacteur basse pression à détection électrique (ELPI) est basé sur la classification inertielle à basse pression.

Elle permet de mesurer la concentration particulaire d'un aérosol sur un très large spectre (en général de 0,03 μm à 10 μm et de 10 nm à 10 μm pour un impacteur complété par un étage de filtration). Cette technique présente également l'avantage de fournir une mesure en temps réel.

L'appareil ELPI, de marque DEKATI Ltd., est un impacteur basse pression à détection électrique (Figure A12), commercialisé en France par la société ECOMESURE (91).



Figure A12 : Impacteur basse pression à détection électrique ELPI

✓ **Sélection des particules (taille)**

Ce granulomètre utilise les propriétés inertielles et aérodynamiques des particules (diamètre de Stokes ou diamètre aérodynamique). Pour trier les particules en fonction de leurs propriétés inertielles, l'ELPI utilise une rampe d'impacteurs montés en cascade (Figure A13). Ils sont au nombre de 12, ce qui permet d'obtenir 12 classes de taille. Le premier ne recueille que les plus grosses particules alors que le dernier récupère les particules de quelques dizaines de nanomètres. La figure n°8 donne une illustration de ce principe. Le pied de la rampe est maintenu à basse pression (100 mbar), ce qui permet d'augmenter la vitesse des particules afin d'impacter les plus fines. Un impacteur classique fonctionnant à pression atmosphérique ne permet généralement pas d'étudier les particules dont la taille est inférieure à quelques centaines de nanomètres.

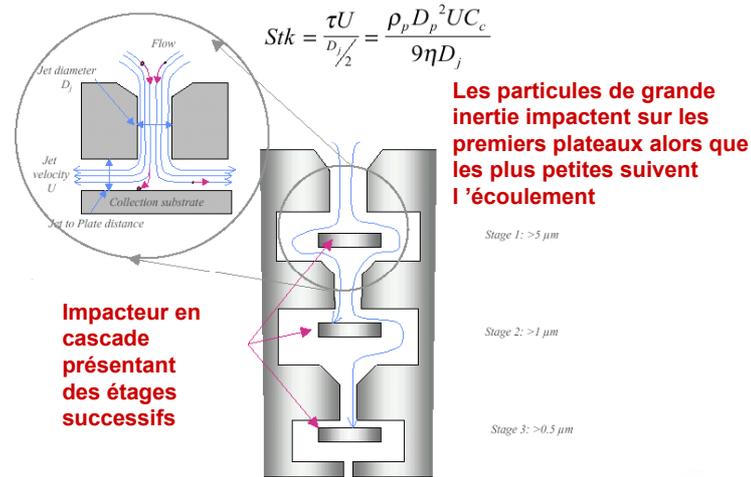


Figure A13 : Principe de l'impacteur basse pression à détection électrique ELPI

✓ **Comptage des particules (concentration)**

Le comptage est électrique dans le cas de l'ELPI. Chaque particule venant impacter sur un des plateaux de l'impacteur lui communique sa ou ses charges électriques. Le flux de charge entre le plateau et le système de mesure (électromètre) provoque un courant électrique. Pour compter les particules de cette manière il faut imposer à l'aérosol étudié une loi de charge connue afin que les courants mesurés soient interprétables.

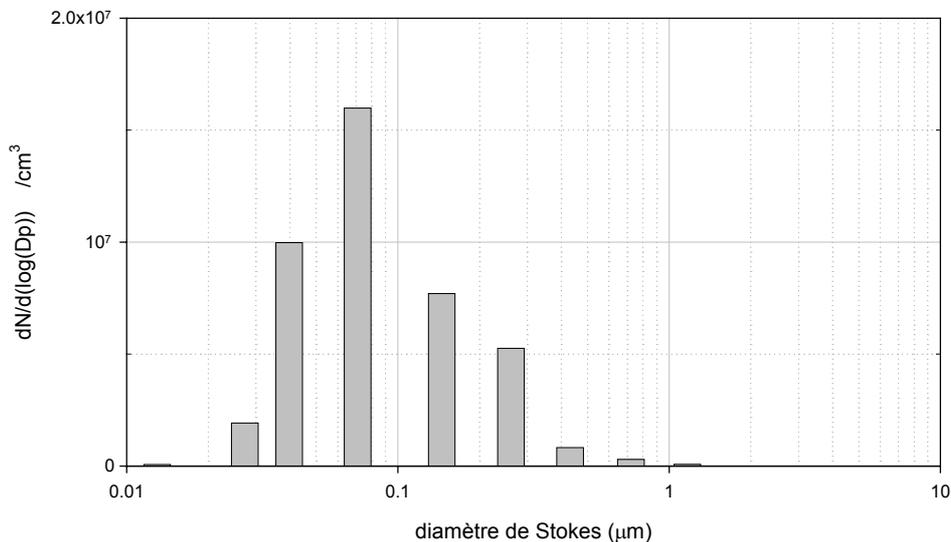


Figure A14 : Exemple de distribution granulométrique (moteur diesel)