

# EFFICACITE DE COLLECTE DE L'ECHANTILLONNEUR CIP 10-M : INFLUENCE DE LA PRESENCE DE LIQUIDES AQUEUX OU VISQUEUX DANS LA COUPELLE ROTATIVE

X. Simon<sup>\*</sup>(1), S. Bau(1), A. Boivin(1), P. Duquenne(1), O. Witschger(1), P. Görner(1)

(1) INRS, rue du Morvan, CS 60027, 54519 Vandœuvre-lès-Nancy Cedex, France.  
xavier.simon@inrs.fr

## TITLE

Particle collection efficiency of the rotating cup of the CIP 10-M sampler filled with aqueous or viscous liquids

## ABSTRACT

The CIP 10-M personal sampler has been developed to measure worker exposure to airborne particles according to the conventional inhalable fraction. Particles are collected in a metal rotating cup filled with a few milliliters of a collecting liquid. The major drawback of aqueous liquids, which are normally used with the CIP 10-M, is the fact that they evaporate quickly during the sampling and then, the collection of particles may end in a completely dry rotating cup. There is few experimental data concerning the particles collection efficiency of the rotating cup and they only concerns a previous model of the rotating cup, which is no longer available; influence of volume or type of liquid also remains not determined. Starting from the hypotheses that a viscous non-evaporating liquid could increase the sampling duration and improve the physical performances, the aim of this study was to measure the collection efficiency of the new rotating cup filled with aqueous (water) or viscous (ViaTrap<sup>®</sup> mineral oil). The collecting liquid evaporation kinetic (decrease of the volume vs. time) in the rotating cup was measured. It confirms that the ViaTrap<sup>®</sup> does not evaporate and that it is possible to perform 8h-long sampling without any loss of the initial volume contained in the cup. Different test rigs and mono- or poly-disperse test aerosols allowed us to perform complementary measurements of the collection efficiency of the rotating cup according to a wide range of aerodynamic diameters (between around 0.1 and 10  $\mu\text{m}$ ). Neither the type (aqueous or viscous) nor the volume (between 0 and 3 mL) of the liquid influences the physical collection efficiency of the CIP 10-M rotating cup. The use of the CIP 10-M in order to make sampling related to the inhalable fraction in occupational areas may lead to underestimations of the worker exposure when the emitted aerosols are mainly composed of particles presenting aerodynamic diameters below around 3  $\mu\text{m}$ .

## RÉSUMÉ

Le CIP 10-M est un échantillonneur de la fraction conventionnelle inhalable d'aérosols qui collecte les particules dans une coupelle métallique rotative, préalablement remplie de quelques millilitres d'un liquide de collecte. L'inconvénient majeur des liquides de collecte aqueux, habituellement utilisés avec le CIP 10-M, est qu'ils s'évaporent rapidement au cours du temps et que l'échantillonnage de l'aérosol s'effectue ensuite dans une coupelle complètement asséchée. Les données expérimentales concernant l'efficacité de collecte des particules dans la coupelle sont, par ailleurs, peu nombreuses et ont été obtenues sur une version de la coupelle qui n'est plus commercialisée ; l'influence du volume ou de la nature du liquide utilisé ne sont pas non plus connus. Partant de ces constats et de l'hypothèse que l'utilisation d'un liquide visqueux, non évaporant, pourrait permettre d'augmenter les durées de prélèvement et de modifier les performances physiques, l'objectif de ce travail était de mesurer l'efficacité de collecte de la nouvelle coupelle rotative en présence de liquides aqueux (eau) ou visqueux (huile minérale ViaTrap<sup>®</sup>). La cinétique d'évaporation des liquides de collecte (diminution du volume en fonction du temps) dans la coupelle du CIP 10-M a tout d'abord été mesurée. Elle confirme que le ViaTrap<sup>®</sup> ne s'évapore pas au cours du temps. L'utilisation de ce liquide visqueux permet donc de réaliser des prélèvements d'une durée de huit heures sans perte significative du volume de collecte initialement retenu dans la coupelle. Dans un second temps, l'utilisation de plusieurs bancs d'essais et d'aérosols monodispersés et polydispersés de différentes natures ont permis de réaliser des mesures complémentaires de l'efficacité de collecte de la coupelle sur une gamme étendue de diamètres aérodynamiques (entre environ 0,1 et 10  $\mu\text{m}$ ). L'efficacité de collecte de la nouvelle coupelle est supérieure à 80% et 95% pour les particules présentant un diamètre aérodynamique supérieur à 2,8  $\mu\text{m}$  et 3,5  $\mu\text{m}$ , respectivement. En-deçà, la courbe décrit une sigmoïde qui décroît progressivement et atteint environ 50% et 10% pour des diamètres aérodynamiques de 2,1  $\mu\text{m}$  et 1  $\mu\text{m}$ , respectivement. L'efficacité de collecte reste majoritairement en dessous de 10 % pour les particules de diamètre aérodynamique inférieur à 1  $\mu\text{m}$ . La nature (aqueuse ou visqueuse) aussi bien que le volume de liquide (entre 0 et 3 mL) n'influencent pas l'efficacité physique de collecte de la coupelle du CIP 10-M. L'utilisation du CIP 10-M pour réaliser des prélèvements de la fraction conventionnelle inhalable dans les atmosphères professionnelles peut donc conduire à des sous-estimations des niveaux d'exposition des salariés lorsque les aérosols émis contiennent principalement des particules de diamètres inférieurs à 3  $\mu\text{m}$ .

## 1. INTRODUCTION

Le CIP 10-M (Capteur Individuel de Polluants Microbiologiques) est un échantillonneur de la fraction conventionnelle inhalable d'aérosols dont l'entrée est une fente annulaire omnidirectionnelle et qui fonctionne à un débit de prélèvement de  $10 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ . Il collecte les particules dans une coupelle métallique rotative ( $\approx 7000 \text{ tours}\cdot\text{min}^{-1}$ ) stérilisable, préalablement remplie avec environ 2 mL d'un liquide de collecte. Le CIP 10-M est principalement utilisé pour prélever des microorganismes ou des composés microbiens (bactéries, endotoxines, etc.) mais son utilisation s'étend désormais au prélèvement de certains composés chimiques sous forme particulaire tels que les isocyanates par exemple (Görner *et al.*, 2006 ; Nieguitsila *et al.*, 2011 ; Schlosser *et al.*, 2012 ; Puscasu *et al.*, 2014). Le CIP 10-M est facile à déployer pour réaliser des mesures dans les atmosphères professionnelles : il est compact, léger et silencieux, il ne nécessite pas de pompe externalisée pour réaliser le prélèvement actif, il permet la réalisation de mesures individuelles des niveaux d'exposition dans la zone respiratoire du salarié ou en ambiance à poste fixe.

Pour autant, les données expérimentales concernant l'efficacité de collecte de la coupelle du CIP 10-M sont très peu nombreuses. A notre connaissance, seuls Görner *et al.* (2006) ont publié ce type de résultats, en utilisant 2 mL d'eau ultra-pure stérile apyrogène comme liquide de collecte. Ils montrent que l'efficacité de collecte est supérieure à 95% dès lors que les particules présentent un diamètre aérodynamique ( $d_{ae}$ ) supérieur à  $2,8 \mu\text{m}$ . En-deçà, la courbe décrit une sigmoïde qui décroît progressivement et atteint environ 50% et 15% pour des diamètres aérodynamiques de  $1,8 \mu\text{m}$  et  $0,8 \mu\text{m}$ , respectivement. Or, une nouvelle version de la coupelle est désormais (exclusivement) commercialisée avec le CIP 10-M. Elle comporte des modifications des géométries externe et interne, dont les conséquences sur le volume initial de liquide de collecte ou sur l'efficacité physique de collecte ne sont pas établies.

D'autre part, l'inconvénient majeur des liquides de collecte aqueux, habituellement utilisés avec le CIP 10-M, est leur évaporation rapide au cours du temps. Pour les durées de prélèvements d'environ 8 heures, recherchées pour évaluer l'exposition d'un salarié, deux modes de collecte peuvent donc être distingués : (1) le début du prélèvement où les particules sont collectées dans un volume de liquide qui diminue continuellement du fait de son évaporation et (2), la fin du prélèvement où l'échantillonnage de l'aérosol s'effectue dans une coupelle complètement sèche. Une alternative à l'utilisation d'un liquide aqueux serait de travailler avec un liquide visqueux, non évaporant. Les particules seraient ainsi collectées, pendant toute la durée du prélèvement, dans un volume de liquide connu et constant en fonction du temps. Enfin, sans connaissance précise des trajectoires (hélicoïdales) des particules dans la coupelle et des mécanismes de collecte réellement mis en jeu, il est également légitime de se demander si la nature ou le volume de liquide utilisé (aqueux ou visqueux) influence l'efficacité physique de collecte de la coupelle du CIP 10-M.

Partant du constat qu'une nouvelle version de la coupelle était désormais commercialisée et de l'hypothèse que l'utilisation d'un liquide visqueux, non évaporant, pourrait permettre d'augmenter les durées de prélèvement et de modifier les performances physiques, l'objectif de ce travail était de mesurer l'efficacité de collecte de cette nouvelle coupelle rotative en présence de liquides aqueux (eau) ou visqueux (huile minérale ViaTrap®).

## 2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

### 2.1 Version du CIP 10-M et liquides de collecte

La version étudiée du CIP 10-M (Tecora) était équipée des modèles les plus récents du sélecteur de la fraction inhalable (high efficiency CIP 10-I – Görner *et al.*, 2009) et de la coupelle rotative. Cette version est d'ailleurs désormais la seule à être commercialisée. Les modifications de géométrie entre l'ancienne coupelle et la coupelle utilisée à partir de 2008 sont les suivantes (Figure 1) : (1) les pales situées sur la face externe de la couronne supérieure de la nouvelle coupelle (rainurage radial) ne sont plus biseautées sur leur périphérie ; (2) la saillie centrale conique de la nouvelle coupelle est désormais parfaitement pointue ; (3) l'angle que forme la face interne de la couronne supérieure avec le bord périphérique vertical de la nouvelle coupelle a été augmenté de  $90^\circ$  à environ  $115^\circ$ . Les deux premières modifications ont pour vocation de faciliter l'aspiration d'air par effet ventilateur centrifuge (combinaison d'écoulements dits cyclonique et anticyclonique) vers la cavité intérieure cylindrique de la coupelle. La troisième améliore la récupération du liquide en fin de prélèvement, en évitant la perte de matière lors du transvasement vers un tube analytique.

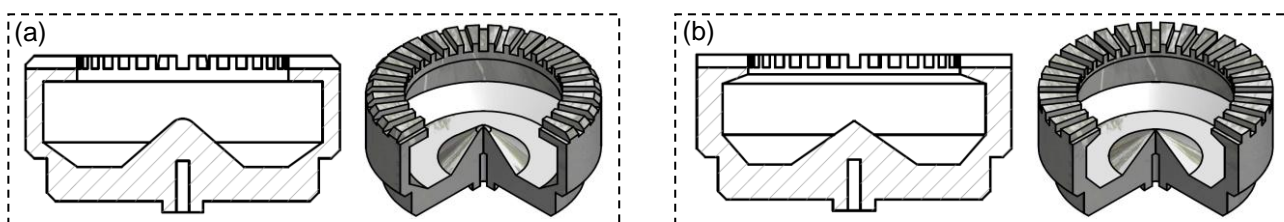


Figure 1 : Schémas de l'ancienne coupelle (a) étudiée par Görner *et al.* (2006) et de la coupelle disponible depuis 2008 (b).

Les deux liquides de collecte étudiés étaient de l'eau ultra-pure de type 2 (Direct Q-5, Millipore) en tant que liquide aqueux, et de l'huile minérale ViaTrap® (SKC, CAS 8042-47-5), commercialisée pour le prélèvement des bioaérosols, en tant que liquide visqueux. La viscosité cinématique ( $66 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  à 40°C) et la pression de vapeur saturante ( $< 0,13 \text{ mbar}$  à 20°C) du ViaTrap® sont environ 100 fois et plus de 180 fois supérieures à celles de l'eau, respectivement. Des essais complémentaires ont aussi été menés avec une coupelle sèche, sans liquide. Le débit du CIP 10-M était réglé à  $10 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$  ( $\pm 2\%$ ) sur un banc d'étalonnage à compensation de perte de charge de manière périodique pendant la durée des essais (Norme NF X43-262).

## 2.2 Cinétique d'évaporation des liquides de collecte

La cinétique d'évaporation des liquides de collecte (diminution du volume en fonction du temps) dans la coupelle du CIP 10-M a été mesurée par suivi de la perte de masse du liquide pendant un prélèvement de 8 heures (AE 163, Mettler Toledo). Pour cela, le volume maximal de liquide admissible était tout d'abord déterminé. Il correspond au volume de liquide qui reste dans la coupelle après que celle-ci ait été initialement remplie de 4 mL de liquide et mise en rotation à environ 7000 tours.min<sup>-1</sup>. Il se déduit en connaissant la masse de la coupelle vide et en effectuant la conversion masse / volume sur la base des masses volumiques suivantes :  $1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  pour l'eau et  $840 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  pour le ViaTrap®. La coupelle et son contenu étaient ensuite pesés à intervalle de temps régulier sur toute la durée de prélèvement. Les expérimentations ont été effectuées dans une salle présentant une température ( $21,0 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ ) et une humidité relative de l'air ( $40 \pm 2 \%$ ) constantes.

## 2.3 Bancs d'essais pour la mesure des efficacités de collecte de la coupelle du CIP 10-M

L'efficacité de collecte se calcule, pour une taille de particule donnée, par comparaison des concentrations numériques mesurées (alternativement ou simultanément) à l'amont et à l'aval (orifice de sortie d'air du carter) de la coupelle rotative. Ce protocole de mesure nécessite la génération d'aérosols parfaitement stables pendant toute la durée des expérimentations. Des mesures complémentaires ont été réalisées sur plusieurs bancs d'essais.

### 2.3.1 Tunnel aéraulique horizontal (billes de verre, méthode APS, $0,9 \leq d_{ae} \leq 10 \text{ } \mu\text{m}$ )

Sur la gamme de diamètres aérodynamiques compris entre  $0,9 \text{ } \mu\text{m}$  et  $10 \text{ } \mu\text{m}$ , les efficacités ont été mesurées dans le même tunnel aéraulique horizontal que les essais réalisés par Görner *et al.* (2006). Il comprend une zone de mesure de  $1 \text{ m}^2$  de section, dans laquelle est placé l'échantillonneur en test. La vitesse d'air au point de mesure était maintenue constante, égale à  $0,14 \pm 0,02 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  (anémomètre Velocalc 9565-P, TSI). L'aérosol polydispersé test, composé de microsphères de verre (Ballotini 3000, Potters), était mis en suspension avec un générateur à lit fluidisé de type « puldoulit » (Guichard, 1976). Les particules générées étaient neutralisées électriquement au moyen d'un ionisateur à effet couronne (SC-67, Elcowa). Les concentrations numériques en particules ont été mesurées alternativement à l'amont et à l'aval de la coupelle avec un spectromètre APS (3321, TSI). Le montage expérimental comprenait également un volume vertical de conditionnement de l'aérosol permettant de prélever  $5 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$  (vers l'APS) parmi  $10 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$  (provenant du CIP 10-M) sans modification de la concentration ou de la distribution granulométrique (Görner *et al.*, 2001). La stabilité de la concentration numérique à l'amont était vérifiée en continu avec un compteur optique de particules (1.109, Grimm). Des détails concernant le tunnel aéraulique et la méthode de mesure de l'efficacité de collecte sont disponibles dans Fabriès *et al.* (1984), Görner *et al.* (2001, 2006).

### 2.3.2 Banc de génération d'aérosols submicroniques polydispersés (DEHS, méthode SMPS, $0,1 \leq d_{ae} \leq 1 \text{ } \mu\text{m}$ )

Pour les diamètres aérodynamiques inférieurs à  $1 \text{ } \mu\text{m}$ , les efficacités de collecte ont été mesurées avec le montage expérimental présenté sur la Figure 2.

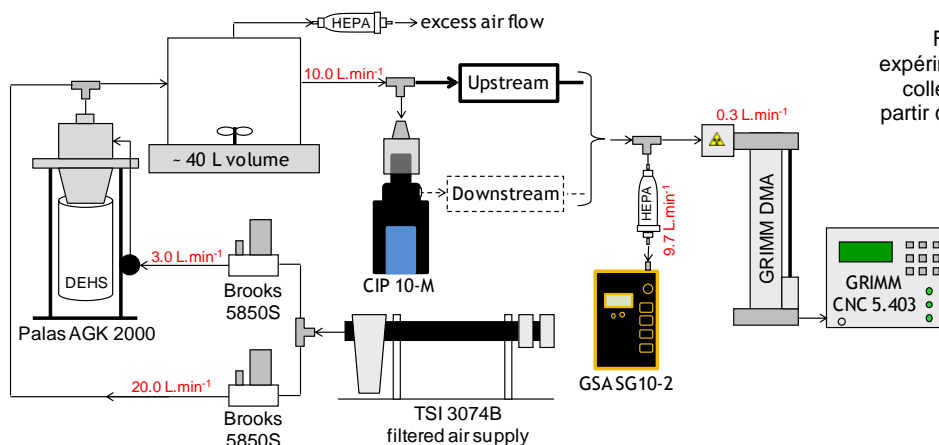


Figure 2 : Schéma du dispositif expérimental de mesure des efficacités de collecte de la coupelle du CIP 10-M à partir d'un aérosol polydispersé de DEHS.

Un aérosol polydispersé de gouttelettes de DEHS était généré par nébulisation (AGK 2000, Palas) dans une enceinte d'homogénéisation d'environ 40 L, à partir de laquelle un débit de  $10 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$  était aspiré pour

alimenter le CIP 10-M en test. Les distributions granulométriques en nombre des particules ont été mesurées alternativement à l'amont et à l'aval de la coupelle avec un spectromètre SMPS (DMA Vienna Type / CNC 5.403, Grimm).

### 2.3.3 Banc de génération d'aérosols submicroniques monodispersés (DEHS, méthode CNC, $0,14 \leq d_{ae} \leq 0,95 \mu\text{m}$ )

Sur la plage de diamètres aérodynamiques inférieurs à  $1 \mu\text{m}$ , les efficacités de collecte de la coupelle ont également été mesurées en utilisant le montage expérimental de la Figure 3. A partir de la production d'un aérosol polydispersé de gouttelettes de DEHS (AGK 2000, Palas), puis de la sélection d'un diamètre de mobilité électrique donné (DMA Vienna Type, Grimm,  $Q_{\text{sheath}} = 3 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ ,  $Q_{\text{aerosol}} = 0,3 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ ), le CIP 10-M était, dans cette configuration, alimenté avec un aérosol monodispersé. Dix valeurs de diamètres aérodynamiques compris entre  $0,14$  et  $0,95 \mu\text{m}$  ont ainsi été utilisées. Les concentrations numériques en particules ont été mesurées simultanément à l'amont et à l'aval de la coupelle avec deux compteurs de noyaux de condensation identiques (CNC 3007, TSI).

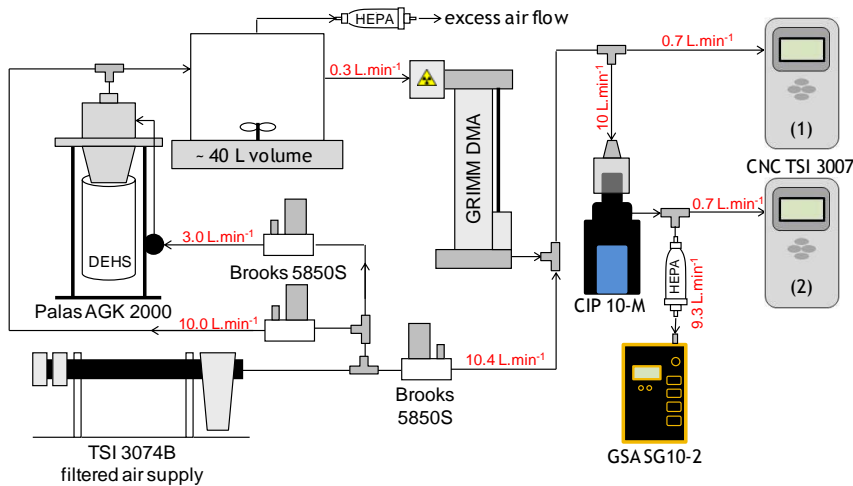


Figure 3 : Schéma du dispositif expérimental de mesure des efficacités de collecte de la coupelle du CIP 10-M à partir d'aérosols monodispersés de DEHS.

### 2.3.4 Banc de génération de bioaérosols (*Escherichia coli*, méthode APS, $0,7 \leq d_{ae} \leq 3 \mu\text{m}$ )

Ce dernier montage a permis de générer un aérosol bactérien (cellules végétatives d'*E. coli*) et de valider les points expérimentaux d'efficacité de collecte de la coupelle pour les diamètres aérodynamiques compris entre  $0,7$  et  $3 \mu\text{m}$ . Ce banc d'essais, illustré sur la Figure 4, comprend un générateur bulleur de type 'Liquid Sparging Aerosolizer' (Simon *et al.*, 2011) et une enceinte de conditionnement de l'aérosol équipée de 6 sondes de prélèvement. Les mesures ont été réalisées de manière similaire à celle décrite en 2.3.1.

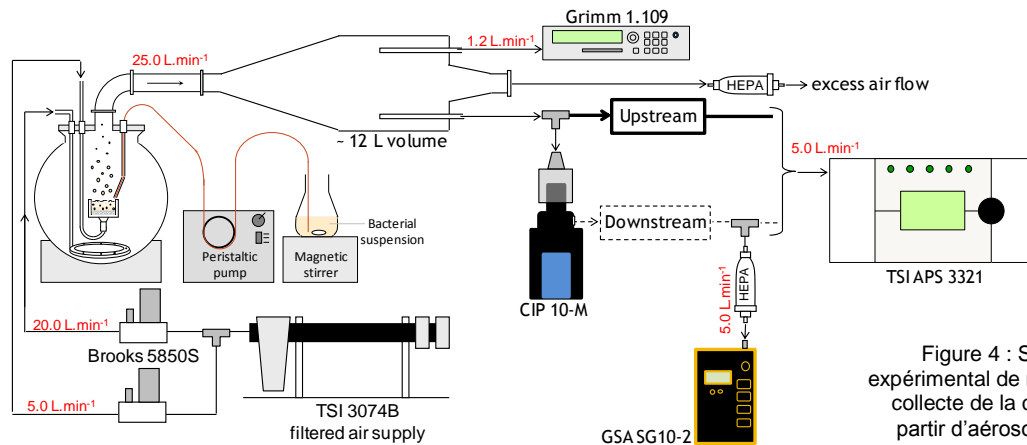


Figure 4 : Schéma du dispositif expérimental de mesure des efficacités de collecte de la coupelle du CIP 10-M à partir d'aérosols bactériens d'*E. coli*.

## 3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

### 3.1 Cinétiques d'évaporation des liquides de collecte

Pour l'eau et le ViaTrap<sup>®</sup>, l'évolution du volume de liquide de collecte contenu dans la coupelle du CIP 10-M en fonction du temps de prélèvement est représentée sur la Figure 5. On constate tout d'abord que le volume maximal de liquide admissible dans la coupelle est plus grand pour le ViaTrap<sup>®</sup> (environ 3,0 mL) que pour l'eau (environ 2,5 mL). La mise en rotation de la coupelle, alimentée initialement avec un volume de 4 mL, occasionne le départ immédiat d'une quantité de liquide qui est naturellement expulsé de la cavité interne de la coupelle sous l'effet de la force centrifuge. Du fait de ses propriétés rhéologiques, l'huile minérale ViaTrap<sup>®</sup> est retenue en plus grande quantité dans la coupelle.

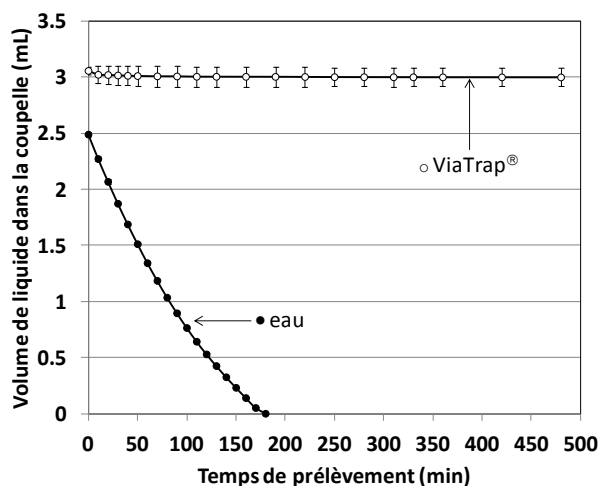


Figure 5 : Cinétiques d'évaporation de l'eau et du ViaTrap® contenu dans la coupelle rotative du CIP 10-M en fonction du temps de prélèvement. Les barres d'erreur correspondent aux intervalles de confiance à 95% (IC<sub>95</sub>).

La Figure 5 montre que le ViaTrap® ne s'évapore pas au cours du temps. L'utilisation de ce liquide visqueux permet donc bien d'envisager des prélèvements d'une durée de 8 heures sans perte significative du volume de collecte initialement retenu dans la coupelle rotative. Au contraire, la courbe de cinétique d'évaporation établie pour l'eau montre une diminution rapide du volume initial d'un facteur 2 et 5 en 1 et 2 heures, respectivement. Après 3 heures de prélèvement, la coupelle est complètement sèche.

### 3.2 – Distributions granulométriques des aérosols tests

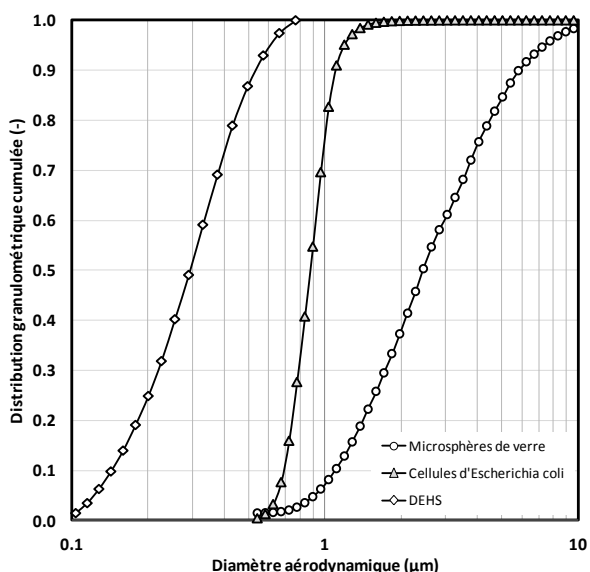


Figure 6 : Distributions granulométriques des aérosols polydispersés de DEHS, de cellules d'*Escherichia coli* et de microsphères de verre utilisés pour la mesure des efficacités de collecte de la coupelle du CIP 10-M.

Les distributions granulométriques, présentées sur la Figure 6, illustrent la complémentarité des trois aérosols tests polydispersés utilisés pour mesurer les efficacités de collecte de la coupelle sur une gamme étendue de diamètre entre environ 0,1 et 10 µm. Les  $d_{ae}$  médians (écarts-types géométriques) sont de 0,29 µm (1,65), 0,88 µm (1,20) et 2,45 µm (1,95) pour les aérosols de DEHS, d'*E. coli* et de microsphères de verre, respectivement.

De plus, les dix aérosols monodispersés de DEHS (sélection d'un diamètre donné de particules à l'aide du DMA) utilisés avaient des diamètres aérodynamiques de : 0,14 – 0,19 – 0,28 – 0,38 – 0,47 – 0,57 – 0,66 – 0,76 – 0,86 – 0,95 µm.

### 3.3 Efficacités de collecte de la nouvelle coupelle rotative du CIP 10-M

Les efficacités de collecte de la coupelle en fonction du diamètre aérodynamique des particules, mesurées dans le même tunnel que les essais réalisés par Görner *et al.* (2006), sont représentées sur la Figure 7.

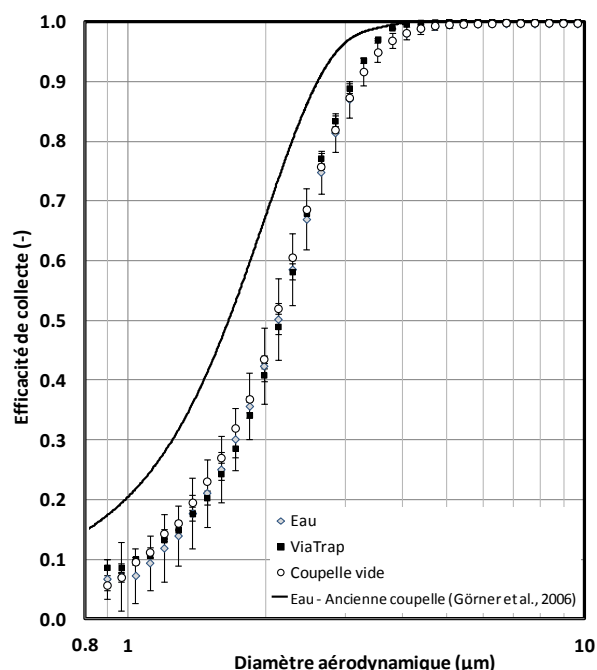


Figure 7 : Efficacité de collecte de la nouvelle coupelle du CIP 10-M pour différents liquides de collecte (eau, ViaTrap®, sans liquide) en fonction du diamètre aérodynamique des particules.

Tunnel aéraluc horizontal - méthode APS - microsphères de verre. Les barres d'erreur correspondent aux IC<sub>95</sub>.

L'efficacité de collecte de la nouvelle coupelle est supérieure à 80% et 95% pour les particules présentant un diamètre aérodynamique supérieur à 2,8 µm et 3,5 µm, respectivement. En-deçà, la courbe décrit une sigmoïde qui décroît progressivement et atteint environ 50% et 10% pour des diamètres aérodynamiques de 2,1 µm et 1 µm, respectivement. Pour les diamètres aérodynamiques compris entre 0,9 µm et 3 µm, l'efficacité de collecte de la nouvelle coupelle est inférieure d'environ 10 à 15 % par rapport à l'efficacité de collecte de l'ancienne coupelle.

Cette efficacité de collecte ne dépend ni de la nature du liquide (aqueux ou visqueux), ni du volume de liquide (3 mL de ViaTrap®, 2,5 mL d'eau ou absence de liquide) présent dans la coupelle. L'utilisation d'un liquide visqueux tel que le ViaTrap®, dont le volume initial est plus grand que celui de l'eau, ne modifie donc pas les performances physiques de collecte des particules.

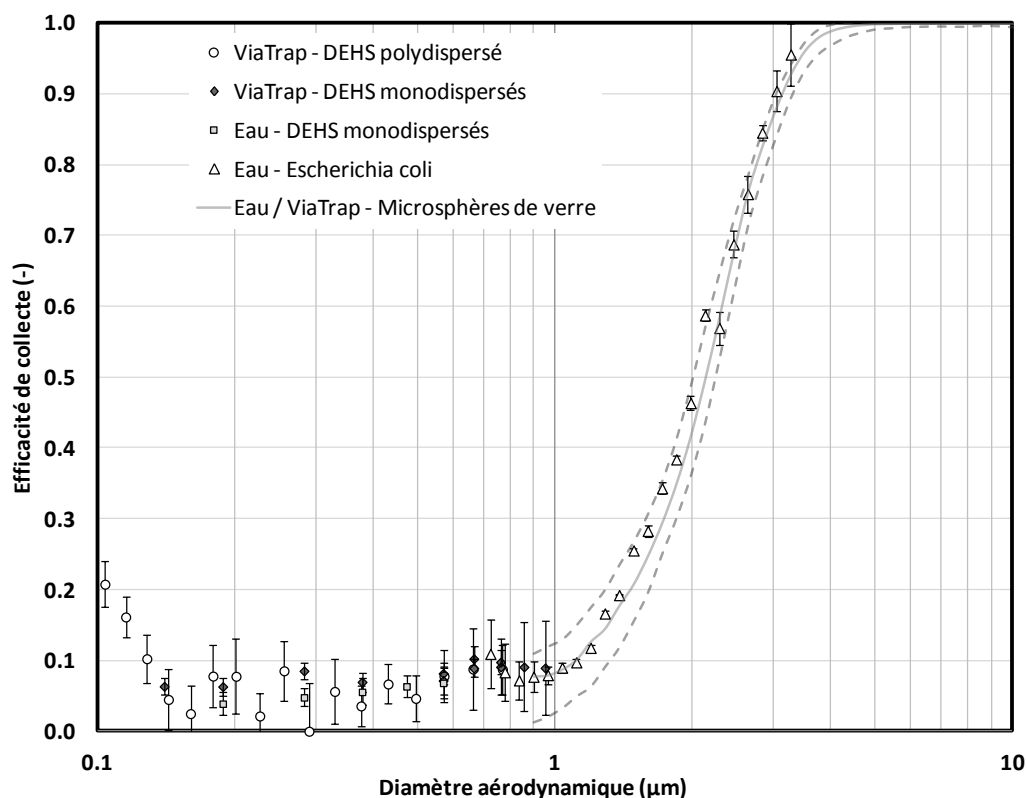


Figure 8 : Efficacité de collecte de la coupelle du CIP 10-M en fonction du liquide de collecte (eau, ViaTrap®) pour des diamètres aérodynamiques compris entre 0,1 et 10  $\mu\text{m}$ . Les barres d'erreur correspondent aux IC<sub>95</sub>. La courbe pleine grise (—) et les courbes enveloppes en pointillé (---) correspondent à l'efficacité moyenne de collecte et à l'intervalle de confiance à 95% pour les points expérimentaux obtenus avec les microsphères de verre et représentés sur la Figure 6.

Quel que soit le liquide étudié, la Figure 8 montre que l'efficacité de collecte de la coupelle reste majoritairement en dessous de 10 % pour les particules de diamètre aérodynamique inférieur à 1  $\mu\text{m}$ . Les mesures réalisées avec les différents aérosols submicroniques monodispersés et polydispersés de DEHS complètent ainsi les données obtenues avec les particules microniques de billes de verre. L'aérosol d'*E. coli* a permis quant-à-lui de parfaitement valider les points expérimentaux intermédiaires (entre 0,7 et 3  $\mu\text{m}$ ). La courbe expérimentale des efficacités de collecte de la coupelle rotative du CIP 10-M est désormais établie pour les particules les plus fines. L'utilisation de cet échantillonneur pour réaliser des prélèvements de la fraction conventionnelle inhalable dans les atmosphères professionnelles peut donc conduire à des sous-estimations des niveaux d'exposition des salariés lorsque les aérosols émis contiennent principalement des particules de diamètres inférieurs à environ 3  $\mu\text{m}$ .

#### 4. CONCLUSION

Contrairement à un liquide aqueux tel que l'eau, qui s'évapore totalement après environ trois heures de prélèvement à 21°C, l'utilisation d'un liquide visqueux tel que le ViaTrap® permet de réaliser des prélèvements d'une durée de huit heures sans perte significative du volume initial de collecte. L'efficacité de collecte de la nouvelle coupelle, commercialisée depuis 2008, est désormais établie sur une gamme étendue de diamètres aérodynamiques, compris entre environ 0,1 et 10  $\mu\text{m}$ . Ni la nature, ni le volume de liquide (entre 0 et 3 mL) n'influencent l'efficacité physique de collecte de la coupelle du CIP 10-M.

#### REMERCIEMENTS et RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Les auteurs remercient V. Koehler pour sa participation à certains essais expérimentaux.

- Fabriès, J.F., Carton, B., & Wrobel, R. (1984). Equipment for the study of air sampling instruments with real time measurement of the aerosol concentration. *Staub-Reinhaltung der Luft* 44: 405-409.
- Görner, P., Wrobel, R., Micka, V., Skoda, V., Denis, J., *et al.* (2001). Study of fifteen respirable aerosol samplers used in occupational hygiene. *Annals of Occupational Hygiene* 45: 43-54.
- Görner, P., Fabriès, J.F., Duquenne, P., Witschger, O., & Wrobel, R. (2006). Bioaerosol sampling by a personal rotating cup sampler CIP 10-M. *Journal of Environmental Monitoring* 8: 43-48.
- Görner, P., Wrobel, R., & Simon, X. (2009). High efficiency CIP 10-I personal inhalable aerosol sampler. *Journal of Physics: Conference series (Inhaled Particles X, 23-25 september 2008, Sheffield)* 151(012061): 9 p.
- Guichard, J.C. (1976). Aerosol generation using fluidized beds. In: *Fine particles – Aerosol generation, measurement, sampling, and analysis*, Ed. B.Y.H. Liu, Academic Press, New York: 173-193.
- Nieguitsila, A., Arné, P., Durand, B., Deville, M., Benoît-Valiergue, H. *et al.* (2011). Relative efficiencies of two air sampling methods and three culture conditions for the assessment of airborne culturable fungi in a poultry farmhouse in France. *Environmental Research* 11: 248-253.
- Norme NF X43-262 (2012). Qualité de l'air – Air des lieux de travail – Prélèvement d'aérosols solides à l'aide d'une coupelle rotative (fractions alvéolaire, thoracique et inhalable). AFNOR, La Plaine Saint-Denis, 19 p.
- Puscasu, S., Aubin, S., Van Tra, H., & Gagné, S. (2014). Adaptation of CIP10 for the sampling of 4,4'-methylene diphenyl diisocyanate aerosols. *Analytical Methods* 6: 1101-1107.
- Schlösser, O., Huyard, A., Rybacki, D., & Do Quang, Z. (2012). Protection of the vehicle cab environment against bacteria, fungi and endotoxins in composting facilities. *Waste Management* 32: 1106-1115.
- Simon, X., Duquenne, P., Koehler, V., Piernot, C. *et al.* (2011). Aerosolisation of *Escherichia coli* and associated endotoxin using an improved bubbling bioaerosol generator. *Journal of Aerosol Science*, 42: 517-531.