

**IRSN**

INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

# Efficacité de collecte des balises aérosols utilisées en CNPE EDF

S.FAUVEL<sup>1</sup>, F.GENSDARMES<sup>1</sup>, N.VALENDRU<sup>2</sup>

<sup>1</sup> IRSN / DSU / SERAC Service d'Etudes et de  
Recherches en Aérodispersion des polluants et en  
Confinement

<sup>2</sup> EDF / UNIE-GRPE

# Introduction

L'exposition aux aérosols par inhalation représente la principale source potentielle de nuisances pour la santé des travailleurs. Sa connaissance est d'un intérêt majeur pour les hygiénistes.

Industrie nucléaire : exposition aux rayonnements ionisants :

- irradiation externe,
- irradiation interne (contamination par inhalation et dépôt des aérosols).

Mise en place de dispositifs d'alarme, de protection et d'une stratégie de surveillance des opérateurs, individuelle et/ou d'ambiance.

## Surveillance de chantiers

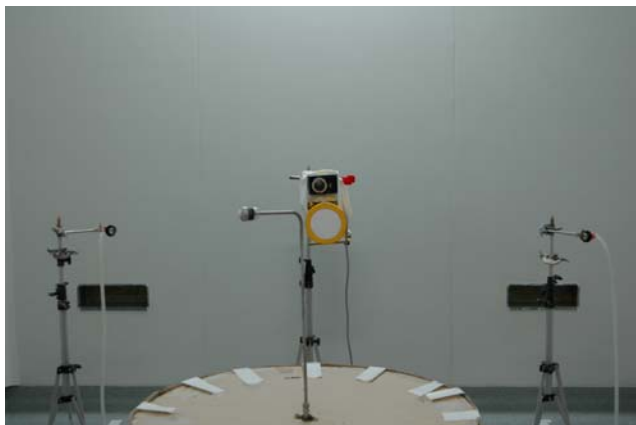
Utilisation par EDF de balises aérosol dont la réponse à une contamination particulière a pu être faite :

à l'aide de sources solides :  rendement de détection de la balise aux rayonnements émis,

sur le banc ICARE :  réponse aux aérosols radioactifs, mais avec un prélèvement en conduit.

Objectif :  caractériser l'efficacité de collecte des balises dans leurs conditions d'utilisation (prélèvement ambiant)

# Types de balises testés



Aspirateur FAVORIT



BAB-A NOVELEC



ABPM 203M MGPI

Efficacité d'échantillonnage pour :

- $D_{ae} = 1,9 \mu$  et  $6,5 \mu$ ,
- $TR = 1 \text{ h}^{-1}$  et  $13 \text{ h}^{-1}$ .

# Efficacité de collecte

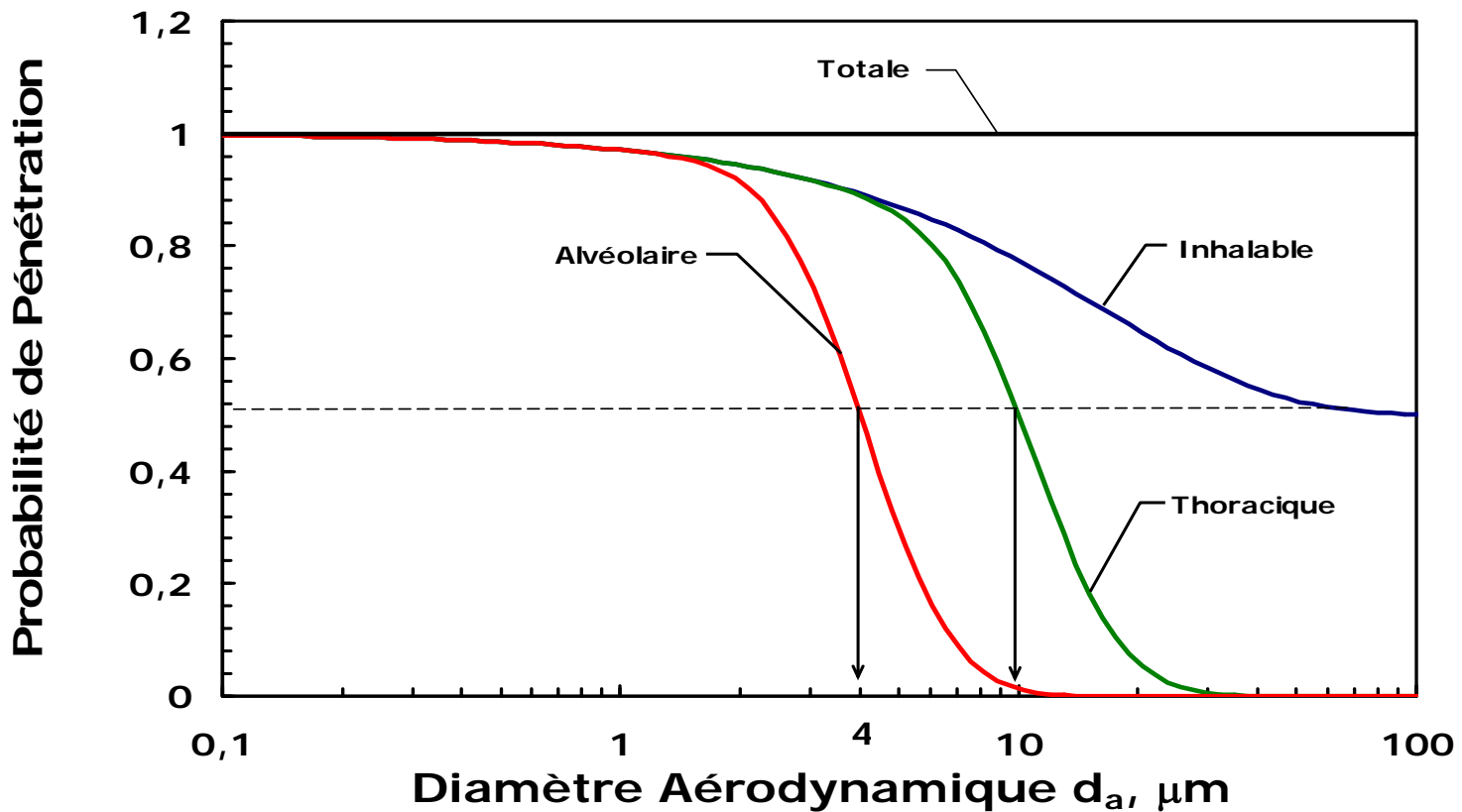
L'efficacité de collecte d'un préleveur d'aérosol est définie comme étant le rapport entre la concentration de particules qu'il mesure et la concentration de référence.

➡ Efficacité de collecte : probabilité qu'à une particule de l'aérosol ambiant d'être déposée sur le filtre, en passant par les étapes de captage, de transmission, de sélection et de collection.

➡ Nécessité de définir la concentration de référence, en fonction de critères :

- d'échantillonnage (optimisation aéraulique en fonction des effets inertiels et gravitationnels),
- convention sur les fractions respirables.

# Les fractions conventionnelles (CEN, ISO, ACGIH)



$$I(d_a) = 0,5 \cdot [1 + e^{-0,06d_a}]$$

$$F_T(d_a) = \int_0^{d_a} \left[ \frac{1}{x\sqrt{2} \ln 1,5} e^{\left\{ \frac{1}{2} \left( \frac{\ln x/11,64}{\ln 1,5} \right)^2 \right\}} \right] .dx$$

$$F_A(d_a) = \int_0^{d_a} \left[ \frac{1}{x\sqrt{2} \ln 1,5} e^{\left\{ \frac{1}{2} \left( \frac{\ln x/4,25}{\ln 1,5} \right)^2 \right\}} \right] .dx$$

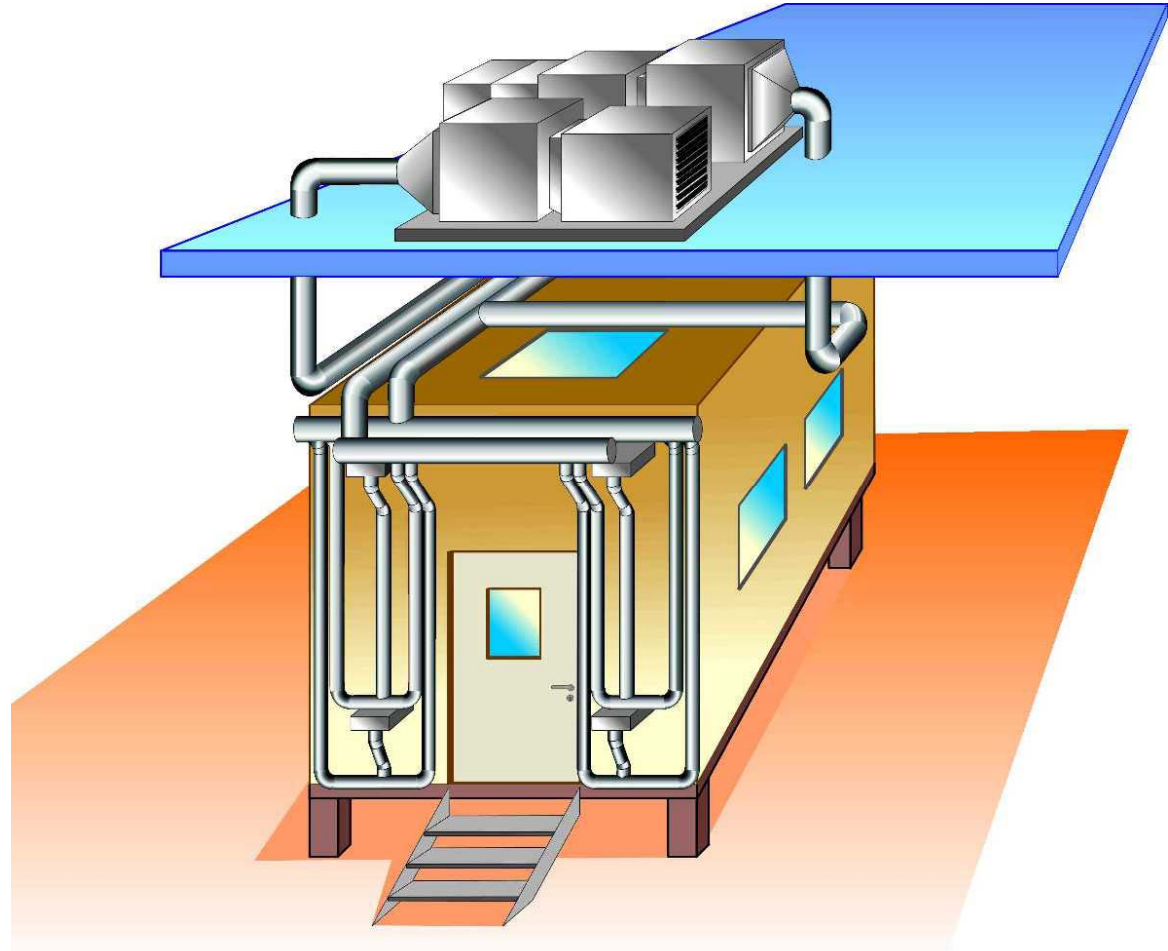
# Installation expérimentale : CEPIA

Volume étanche 36 m<sup>3</sup>  
L = 4 m, l = 3 m, H = 3 m

Panneaux double peau  
mousse polyuréthane  
Stabilité T° et HR

Ventilation modulable  
Réseau gaines + bouches  
soufflage/extraction  
Réglage par diaphragmes

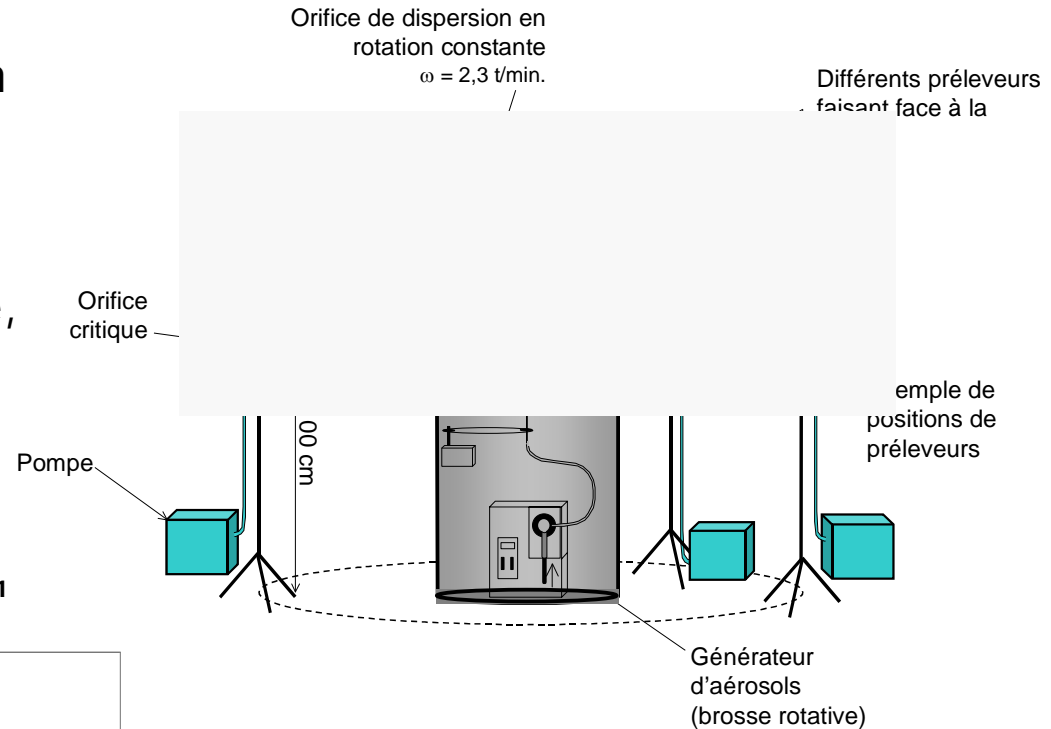
Conditions aérauliques  
maîtrisées



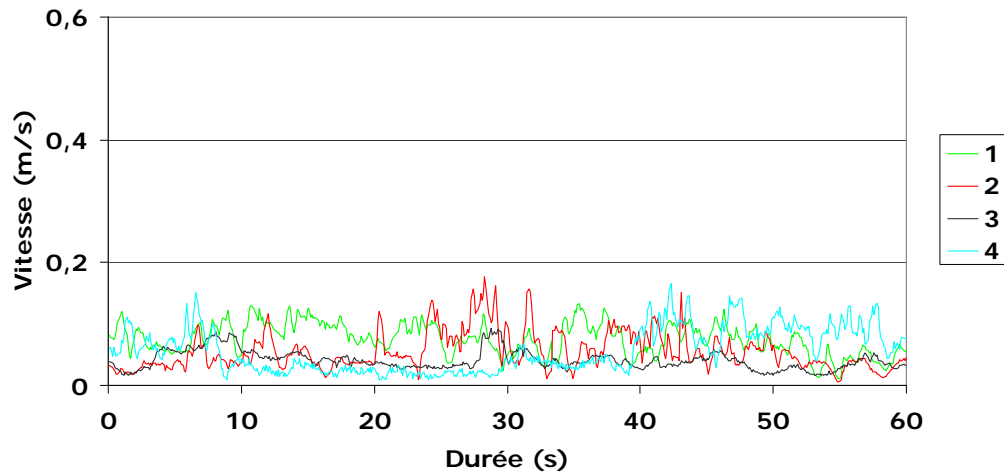
# Dispositif de génération de l'aérosol

Générateur à poudre PALAS RBG associé à un orifice de dispersion en rotation constante :

- dispersion de l'aérosol avec une homogénéité spatiale et temporelle,
- pas d'influence du générateur sur l'aéraulique.



Extraction 25 Hz + PALAS 28 l/min face au 1



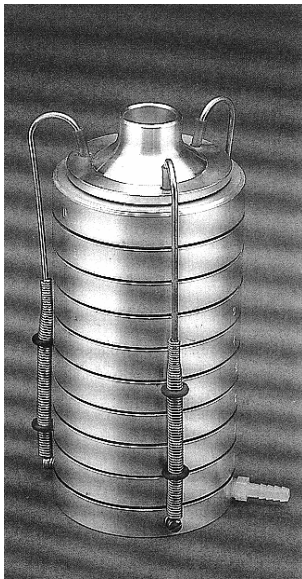


# Granulométries des aérosols

Mesures réalisées avec un impacteur en cascade Andersen Mark II

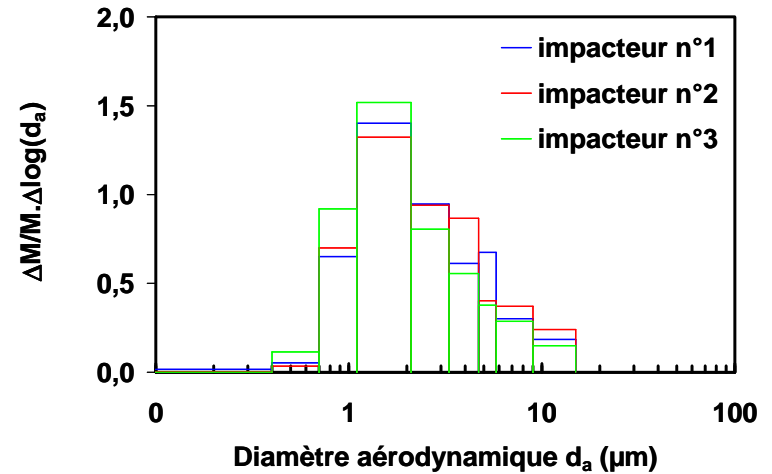
Diamètres aérodynamiques médians en masse :

MMAD = 1,9  $\mu\text{m}$

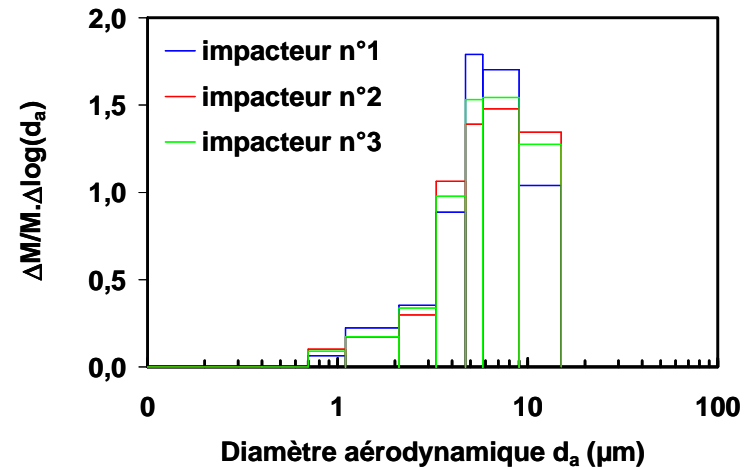


MMAD = 6,5  $\mu\text{m}$

Prélèvements Andersen alumine UCV 36



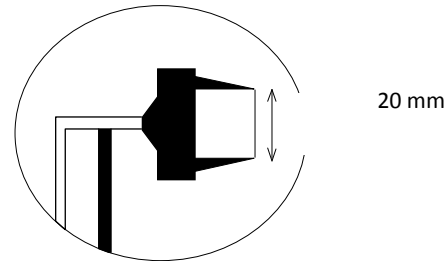
Prélèvements Andersen alumine SPM 105



# Le prélèvement de référence



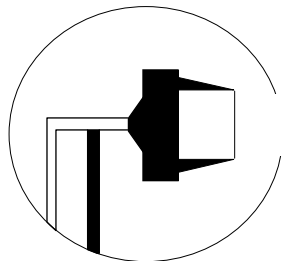
$D = 20 \text{ mm}$   
 $L = 20 \text{ mm}$   
 $Q = 10 \text{ L/min}$   
 $V = 0,53 \text{ cm/s}$



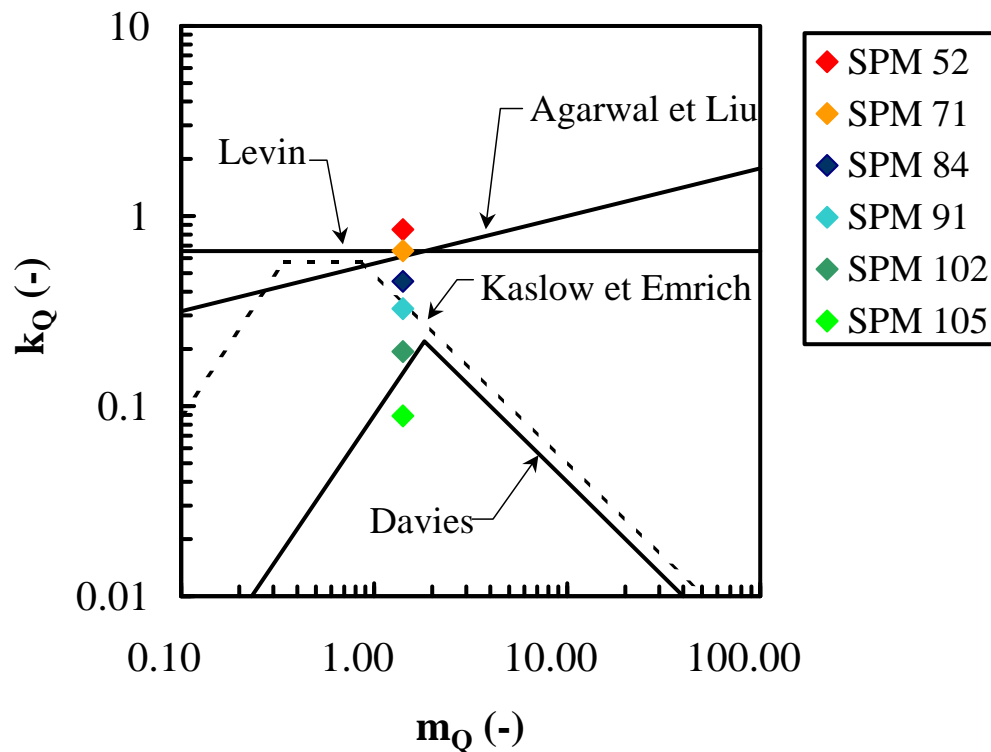
Sondes à bord minces :

- critères de Belyaev et Levin (1974) pour prélèvement isoaxial et isocinétique,
- position verticale efficacité de 100 % => 70  $\mu\text{m}$  étude numérique Roger et al. (1997),
- critères de Davies : l'effet de l'inertie de la particule et la vitesse de sédimentation doivent être négligeables devant la vitesse d'aspiration.

# Préleveur de référence / critères d'échantillonnage



Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (type)	Dp (μm)	m <sub>Q</sub> (-)	k <sub>L</sub> (-)	k <sub>Q</sub> (-)
SPM 105	4.2	1.41	0.000	0.09
SPM 102	9.1	1.41	0.000	0.19
SPM 91	15.3	1.41	0.004	0.33
SPM 84	21.3	1.41	0.019	0.45
SPM 71	30.2	1.41	0.121	0.66
SPM 52	38.2	1.41	0.438	0.85

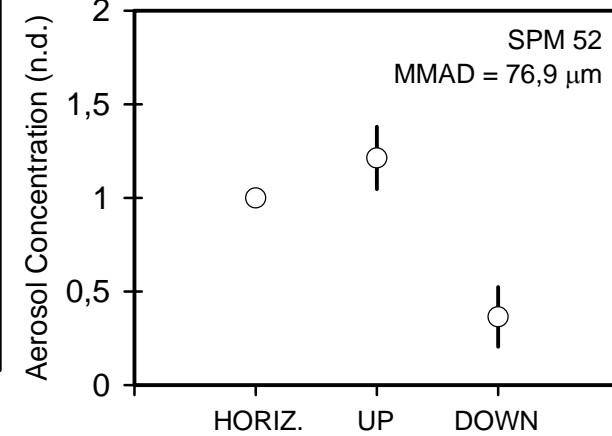
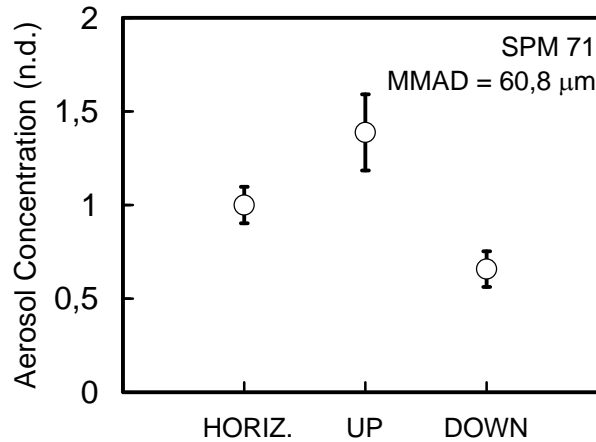
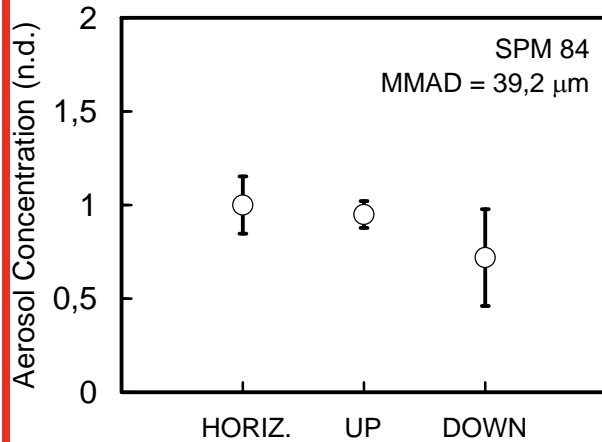
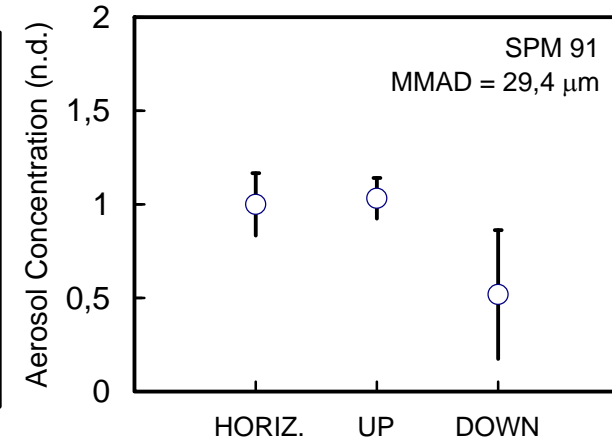
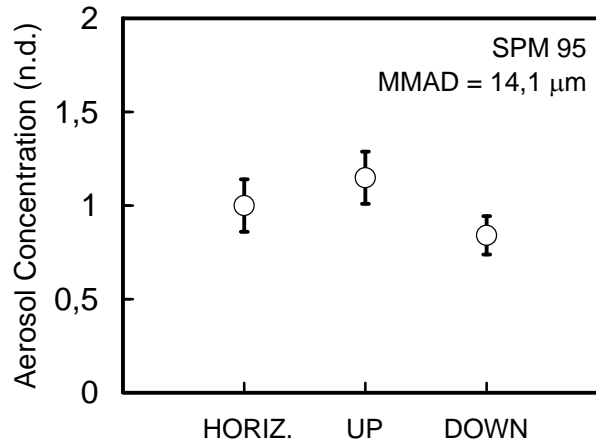
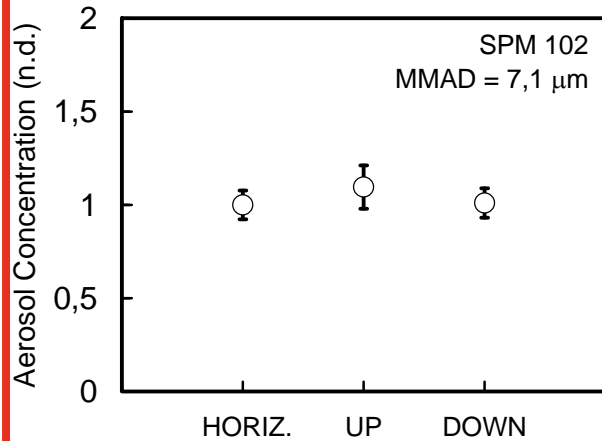


Les grandeurs  $m_Q$ ,  $k_L$  et  $k_Q$  dépendent de la géométrie des préleveurs (diamètre et débit) et de l'aérosol prélevé (distance d'arrêt et temps de relaxation).

Exemple : Critère de Davies :

- $Stk = \tau \cdot U / D_{\text{orifice}} < Stk_{\text{critique}} = 0.016$
- $V_{\text{sédimentation}} / U < 0.04$

# Effet de l'orientation des préleveurs



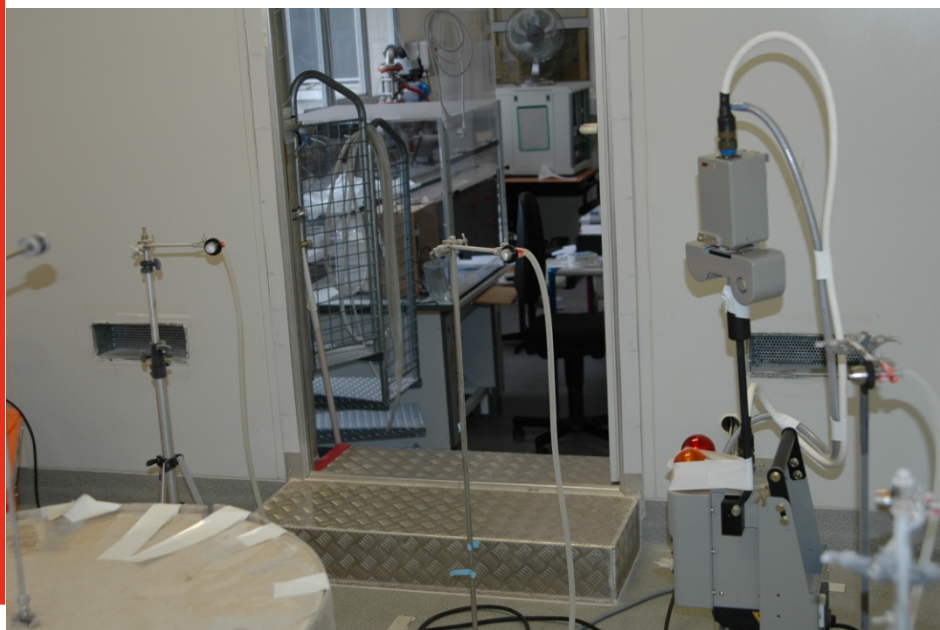
# Protocole d'évaluation des performances des balises



Aspirateur : 380 l/min

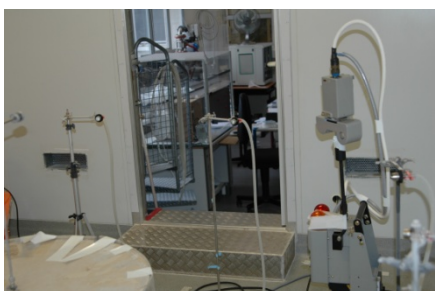
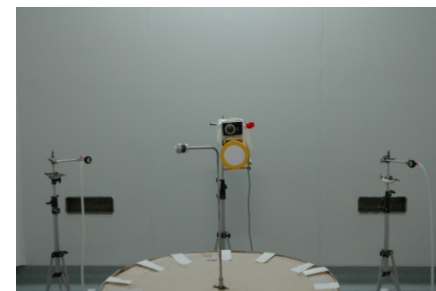
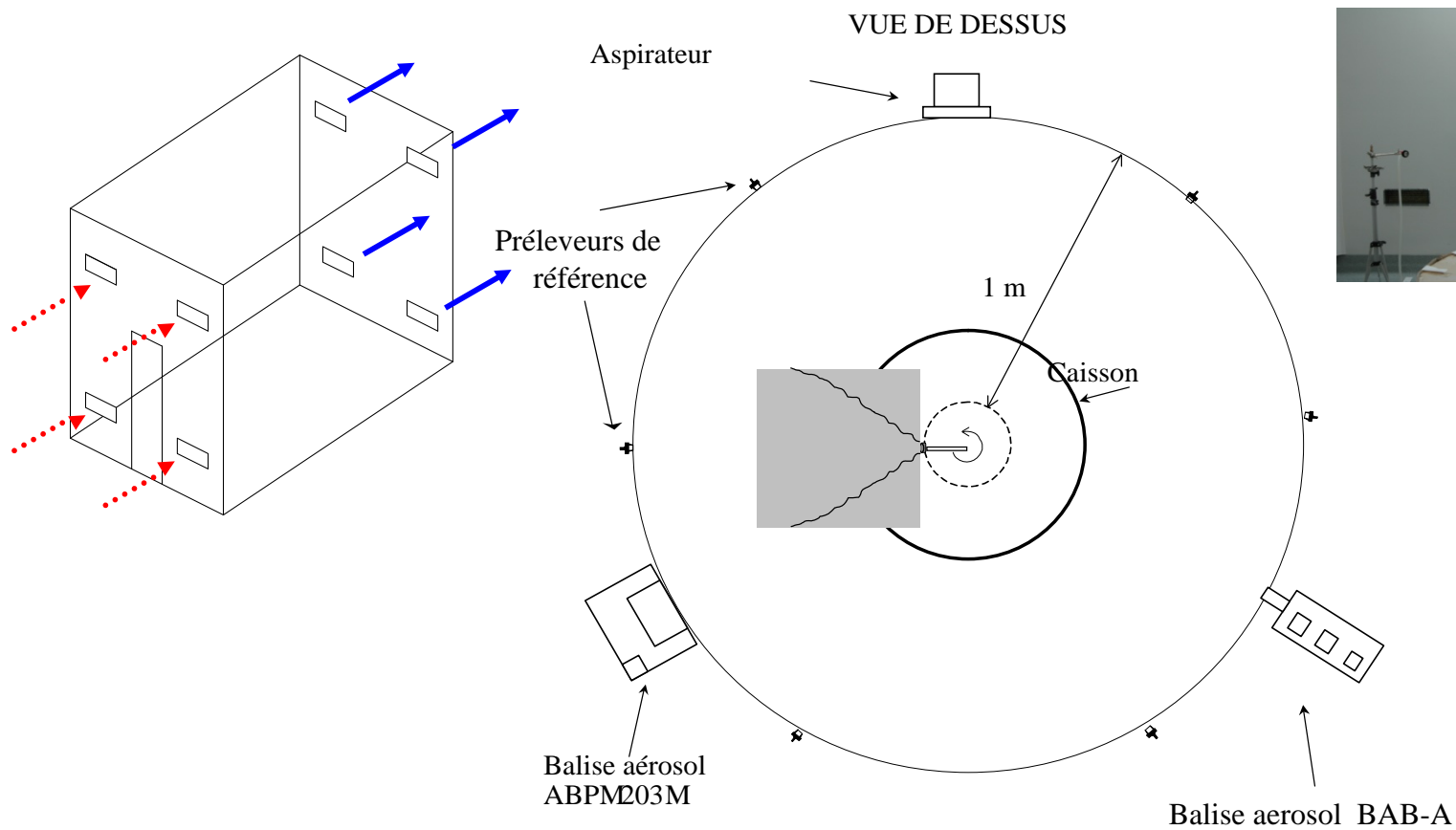


BAB-A : 100 l/min



ABPM 203 M : 35 l/min

# Protocole d'évaluation des performances des balises



# Efficacité des balises : résultats expérimentaux (I)

## 1. Sondes à bord mince

$$C_{(s)réf} = \frac{\Delta m}{\Delta t \cdot Q_L} \quad \longrightarrow \quad \text{test de khi deux} \quad \longrightarrow \quad C_{réf} = \frac{1}{7} \cdot \sum_{s=1}^7 C_{(s)réf}$$

Les concentrations de référence varient de 1,85 mg/m<sup>3</sup> à 10,4 mg/m<sup>3</sup>.

La dispersion des mesures sur chaque essai (CV %), est inférieure à 7,6 % pour TR = 1 h<sup>-1</sup>, et au maximum de 17 % pour TR = 13 h<sup>-1</sup>.

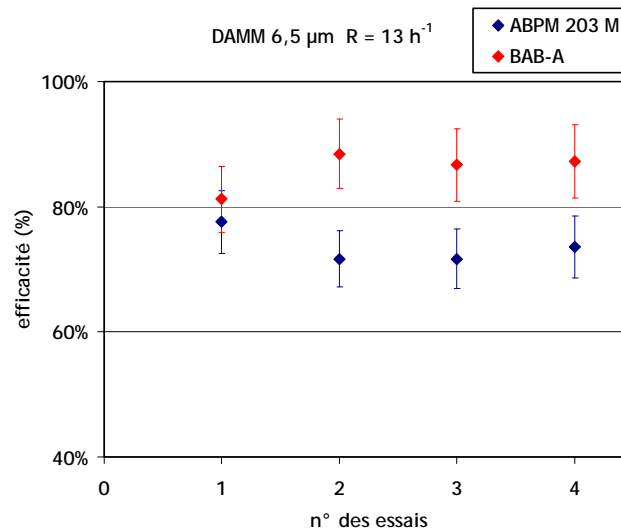
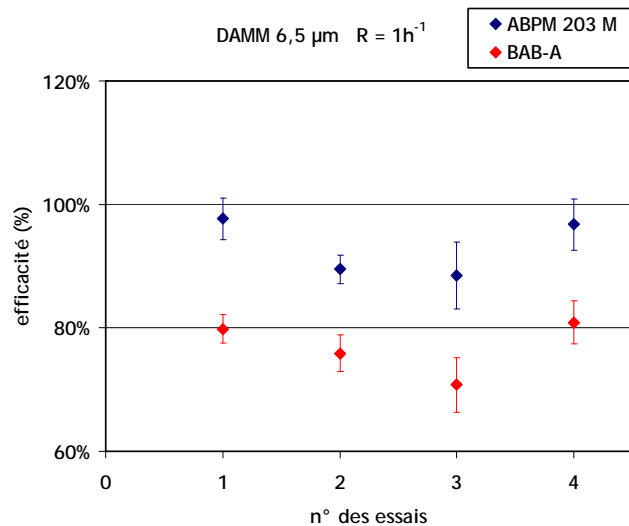
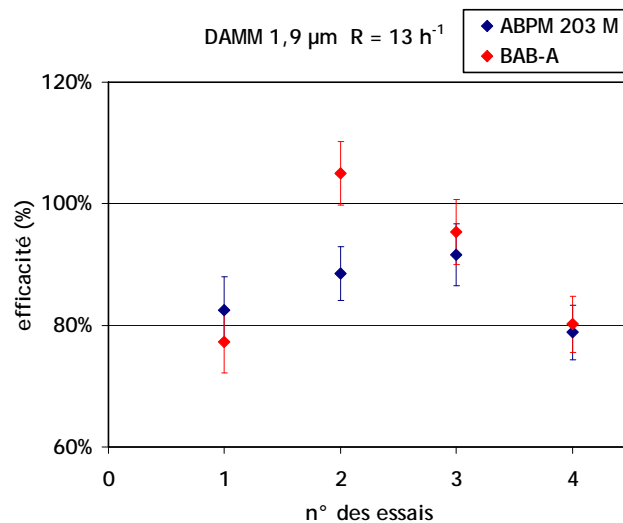
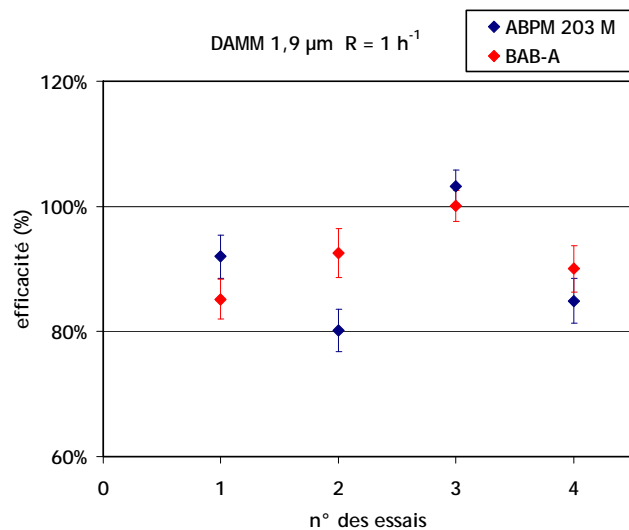
## 2. Balises

$$C_{ABPM} = \frac{\Delta m_1}{\Delta t \cdot Q_{ABPM}} \quad C_{BABA} = \frac{\Delta m_2}{V_{BABA}} \quad C_{ASPI} = \frac{\Delta m_3}{\Delta t \cdot Q_{ASPI}}$$

$$E_{(e)Balise} = \frac{C_{Balise}}{C_{réf}} \quad E_{Balise} = \frac{1}{4} \cdot \sum_{e=1}^4 E_{(e)Balise}$$

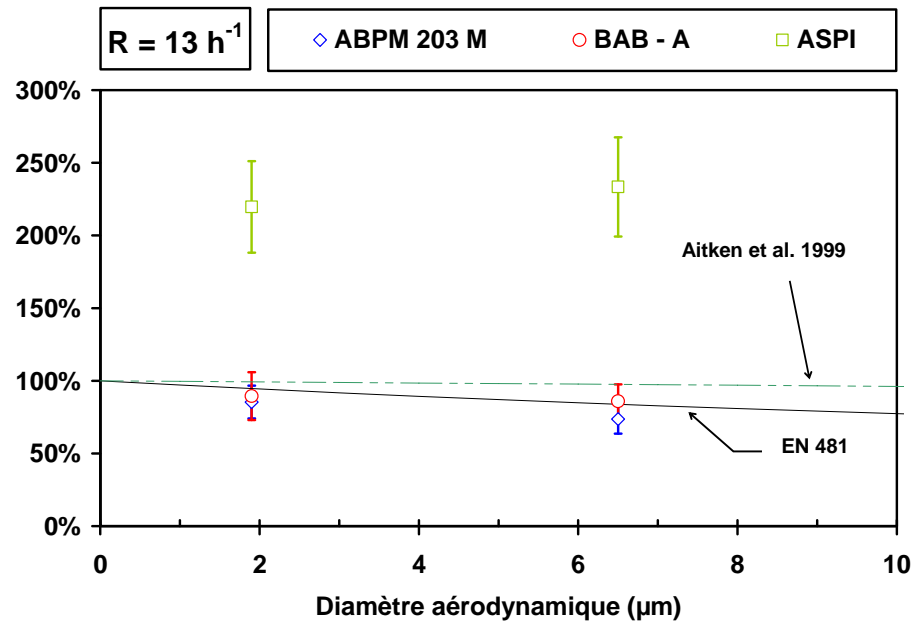
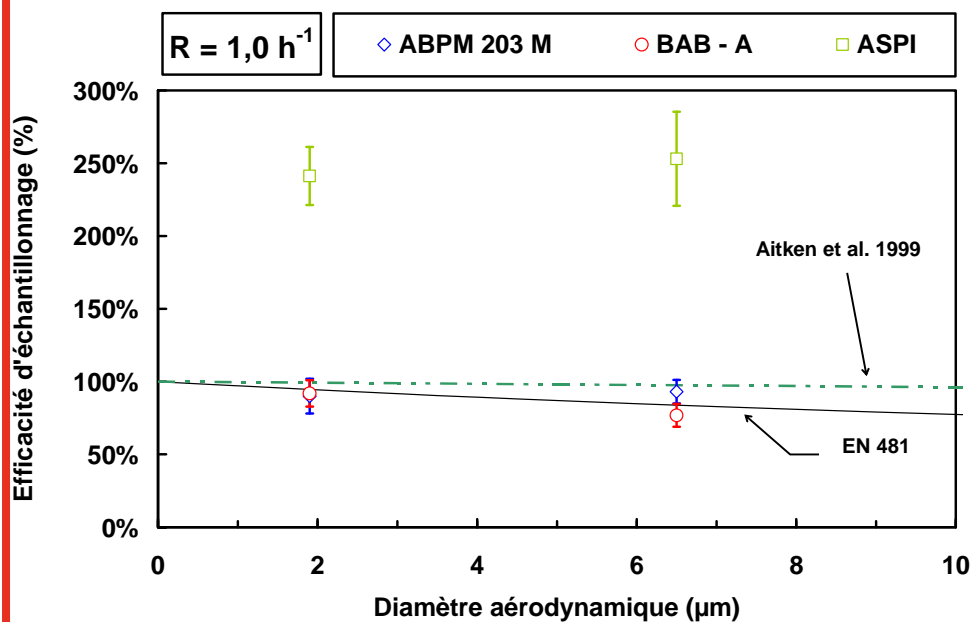
AEROSOL	R	ABPM 203 M			BAB - A			ASPI		
DAMM (µm)	(h <sup>-1</sup> )	E(%)	IC(%)	CV(%)	E(%)	IC(%)	CV(%)	E(%)	IC(%)	CV(%)
1,9	1,0	90	12	11	92	9	7	241	20	4
	12,8	85	11	7	89	16	15	220	31	9
6,5	1,0	93	8	5	77	8	6	253	32	10
	13,2	74	10	4	86	12	4	233	34	7

# Efficacité des balises : résultats expérimentaux (II)





# Efficacité des balises : résultats expérimentaux (III)



# Conclusions (I)

## CEPIA : Chambre d'Essai des Préleveurs Individuels et d'Ambiance



Installation permettant de contrôler les conditions environnementales pour réaliser des essais aérosols (diamètre des particules, conditions de ventilation).



Dimensionnement de préleveurs de référence en air calme en utilisant des critères d'échantillonnage.



Définition et validation d'un protocole de test pour déterminer l'efficacité d'échantillonnage de préleveurs d'aérosols (Witschger O., Fauvel S., Basso G. et Grinshpun S. (2004). Performance of personal inhalable aerosol samplers in very slowly moving air when operating near the aerosol source. *Ann. Occup. Hyg.*, 48, 351-368).

# Conclusions (II)

## Efficacité des balises

Dispersion des mesures : < 11 % pour ABPM 203 M  
< 15 % pour BAB-A

### ABPM 203M

E = 90 % pour R = 1 h<sup>-1</sup>, pas d'effet significatif lié au diamètre des particules

E = 85 % (1,9 µm) et 75 % (6,5 µm) pour R = 13 h<sup>-1</sup>

### BAB A

E = 90 % (1,9 µm) et 77 % (6,5 µm) pour R = 1 h<sup>-1</sup>

E = 90 % pour R = 13 h<sup>-1</sup>, pas d'effet lié au diamètre des particules

### ASPIRATEUR

220 % < E < 250 % pour 1,9 µm < Dae < 6,5 µm et 1 h<sup>-1</sup> < TR < 13 h<sup>-1</sup>

Premiers résultats de ce type en fonction des conditions aérauliques (taux de renouvellement dans un local ventilé).

Difficulté de faire une analyse détaillée des résultats car la géométrie des instruments testés est différente des préleveurs d'ambiance utilisés en hygiène industrielle dans le secteur non nucléaire pour lesquels il existe des travaux publiés.

Il serait intéressant de vérifier la tendance avec des diamètres supérieurs.

# Comparaison avec Kenny et al., (1999) sur l'efficacité du préleveur IOM

