

Etude de la remise en suspension d'aérosol par des opérations d'écroutage de béton

M. Sow^{1*}, Y. Leblois¹, C. Bodiot¹, C. Motzkus², S. Ritoux² et F. Gensdarmes¹

¹Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), PSN-RES, SCA, LPMA, Gif-sur-Yvette, 91192, France

²Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), Division Agents Biologiques et Aérocontaminants, 84 Avenue Jean Jaurès, 77420 Champs-sur-Marne

*Courriel de l'orateur : mamadou.sow@irsn.fr

TITLE

Study of aerosol release by concrete scarifying operations

RESUME

Nous présentons une étude expérimentale dédiée à la mesure de la fraction d'aérosol remise en suspension dans l'air pendant les opérations de déconstruction du béton, pour des applications en sûreté nucléaire. La quantité totale de particules remises en suspension est évaluée à l'aide de préleveurs à haut débit associés à un compteur optique de particules. Un intérêt particulier est accordé aux particules dans les fractions conventionnelles alvéolaire et thoracique par une analyse de leur distribution granulométrique. Il convient de mentionner que le travail a été réalisé en l'absence de radioactivité. Toutefois, les résultats devraient être facilement transposables aux structures en béton des installations nucléaires exposées au flux neutronique, pour lesquelles les scénarios d'activation sont bien définis.

ABSTRACT

We present an experimental study dedicated to measurement of airborne particle release fraction during concrete dismantling operations for nuclear safety applications. The total re-suspended particles fraction is quantified by using high volume samplers along with an optical particle counter. A particular interest is given to the particles in the respirable and thoracic conventional fractions by particle size distribution analysis. It is noteworthy to mention that the work is realized in absence of radioactivity but the outcomes should be conveniently applicable to concrete structures in nuclear installations exposed to neutron flux, for which activation scenarios are well defined.

MOTS-CLES : béton, écroutage, activation, remise en suspension / **KEYWORDS**: concrete, scarifying, activation, resuspension

1. INTRODUCTION

Au cours du fonctionnement d'une installation nucléaire, ses structures en béton sont activées par le flux neutronique qu'elles subissent en continu dans les réacteurs et, dans certains cas, elles sont contaminées par contact avec des produits de fission ou de corrosion suite à des fuites ou par déversement de liquides contaminés en conditions incidentelles. Ainsi, les structures en béton des installations nucléaires doivent obligatoirement être assainies pour que les déchets qui résultent des opérations de démantèlement répondent aux critères de déchets de Très Faible Activité « TFA » et puissent être stockables ou recyclables sans restriction radiologique. L'assainissement du béton est généralement réalisé en effectuant une agression mécanique de la couche contenant de la radioactivité par diverses techniques (abrasion, écroutage, bouchardage, sciage...) suivant l'épaisseur à traiter. L'énergie de contrainte de ces procédés d'arrachage mécanique pulvérise le béton, mettant inéluctablement en suspension des particules contenant de la radioactivité, ce qui engendre un risque radiologique pour les personnes qui pourraient les inhaler.

2. MATERIEL ET METHODE

L'étude a été réalisée dans une tente expérimentale fermée d'un volume de 73 m³ et d'une surface de plancher de 26 m². Une dalle de béton de 2,5 m (L), 2,1 m (l) et 0,2 m (e), composée d'un mélange de sable, de gravier et de ciment avec un treillis métallique, a été spécialement coulée pour les expériences et placée

au centre de la tente. Les essais ont été réalisés sur le site du CSTB qui a fourni la tente de confinement et s'est chargé de la fabrication et de la manutention de la dalle en béton.

Les opérations d'écroutage ont été effectuées à l'aide d'une fraiseuse industrielle (Blastrac® BMP-265E) de 175 kg, manipulée par un opérateur et positionnée sur la surface de la dalle. La machine possède des fraises tournant à 1500 tr.min^{-1} . Elle est couplée à un système de confinement de poussières par aspiration (BDC138-HLP), fonctionnant à un débit de $2,45 \text{ m}^3.\text{min}^{-1}$ et placé à l'extérieur de la tente.

La figure 1 représente une photographie de la tente de confinement et de l'opérateur dans la tente avec la machine d'écroutage. On distingue sur la photographie de droite le tuyau de liaison avec l'aspirateur.

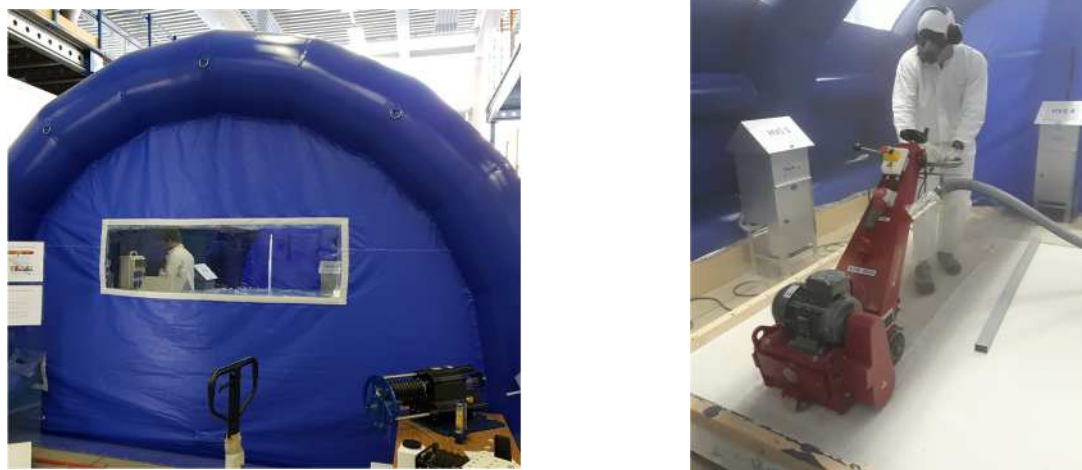


Figure 1. Photographie de la tente de confinement et de l'opérateur avec la machine d'écroutage

L'écroutage de la dalle en béton a été effectué sur des trajets à sens unique, la largeur de travail étant de 26,5 cm sur une longueur d'environ 2,5 m. L'épaisseur attaquée sur un essai est d'environ 13 mm ; pour cela, 7 ou 8 passages ont été réalisés sur la longueur de la dalle en béton.

Au cours d'un essai, l'aérosol émis sous la tente est collecté sur des filtres à haute efficacité (THE) par cinq préleveurs à haut débit (HVS - TSP TISH®) fonctionnant chacun à un débit de $1,13 \text{ m}^3.\text{min}^{-1}$. Rappelons que, comme la machine est équipée d'un système d'aspiration positionné hors de la tente, les préleveurs HVS collectent seulement la fraction de l'aérosol émis et non capté par le système de confinement. Par ailleurs, l'aérosol capté par l'aspiration est collecté dans un filtre à manche appelé « chaussette ». La masse de particules collectée dans la « chaussette » est mesurée à chaque essai.

La concentration de l'aérosol dans l'enceinte est mesurée en temps réel par un compteur optique de particules (Grimm® 1.109). La figure 2 montre un résultat typique obtenu avec le compteur optique pendant un essai. La concentration en nombre maximale atteinte C_{max} est d'environ $2,8 \times 10^3 \text{ p.cm}^{-3}$. Après l'arrêt de l'opération d'écroutage, on observe une décroissance de concentration qui est principalement due à la collecte de l'aérosol par les préleveurs à haut débit positionnés sous la tente et à un apport d'air atmosphérique (concentration de quelques dizaines de p.cm^{-3} dans la gamme de mesure du compteur optique Grimm), *via* les fuites résiduelles de la tente, engendrées par le système d'aspiration de la machine. L'analyse de cette décroissance de concentration permet de valider un modèle d'évolution de l'aérosol sous la tente afin de bien dimensionner le temps de prélèvement. On constate que la décroissance peut être représentée par une combinaison de deux fonctions exponentielles, ce qui est caractéristique d'un modèle de mélange à deux zones dans un local ventilé.

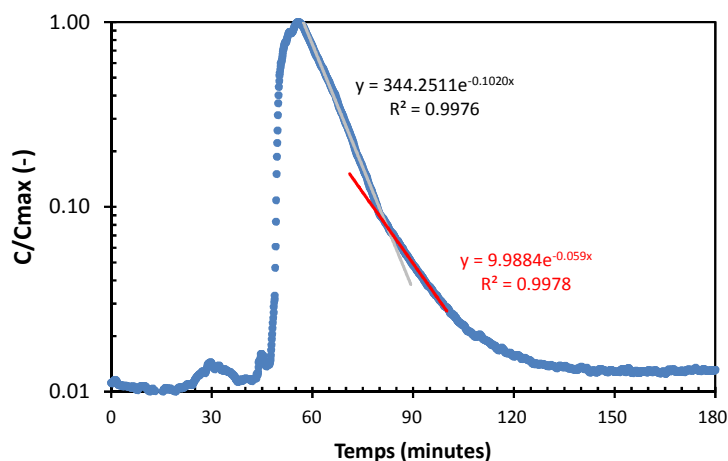


Figure 2. Evolution de la concentration d'aérosol normalisée dans la tente de confinement durant un essai

3. RESULTATS

La fraction d'aérosol émise, K_{MES} , est définie par le rapport entre la masse de particules collectées par les préleveurs HVS et la perte de masse de la dalle de béton lors d'un essai. La perte de masse de la dalle est obtenue par la pesée des gravats de béton collectés sous la tente (principalement sur la dalle et sous la rampe d'accès) et de la poussière collectée dans le filtre à manche de l'aspirateur. Cette masse est en très bon accord avec la masse calculée à partir des relevés géométriques effectués sur l'épaisseur scarifiée et l'estimation du volume de béton attaqué. Le tableau 1 présente les résultats obtenus sur un essai.

Tableau 1. Masses de particules collectées dans un essai

Prélèvements HVS sur filtre (g)		Masses récupérées (kg)		Estimation de la perte de masse de la dalle (kg)	
HVS 1	1,23	Poudre dans la chaussette	8,87	Epaisseur scarifiée	1,33 (cm)
HVS 2	1,20	Gravats sur la dalle	5,58	Largeur	26,5 (cm)
HVS 3	1,29	Gravats sous la rampe d'accès	2,72	Longueur	225 (cm)
HVS 4	0,78	-	-	Volume	7930 (cm ³)
HVS 5	1,58	-	-	Masse volumique	2,21 (g.cm ⁻³)
Total	6,09 g		17,17 kg		17,52 kg

Pour trois essais, comprenant des mesures à blanc, la valeur de K_{MES} moyenne obtenue est égale à $3,10 \times 10^{-4} \pm 8,45 \times 10^{-5}$. Signalons que, dans cette étude, cette fraction ne prend pas en compte la quantité de particules qui se dépose sous la tente, notamment par sédimentation pendant le prélèvement.

La granulométrie de l'aérosol est mesurée avec un impacteur à cascade Andersen positionné sous la tente. La figure 3 représente la distribution obtenue sur un essai. Le diamètre aérodynamique médian en masse (AMMD) est égal 4,3 μm et l'écart-type géométrique (GDS) est égal à 1,7.

Par ailleurs, les granulométries des particules collectées sur les filtres de prélèvement des HVS et dans le filtre à manche (chaussette) de l'aspirateur ont été mesurées avec un Aerosizer® TSI. Les granulométries en volume et en nombre ainsi obtenues sont représentées sur la figure 4. Sur le graphe représentant les granulométries en nombre (à droite), nous faisons également figurer le résultat obtenu sur un contrôle effectué avec des particules étalons (billes de verre) dont le diamètre moyen est égal à 2,5 μm .

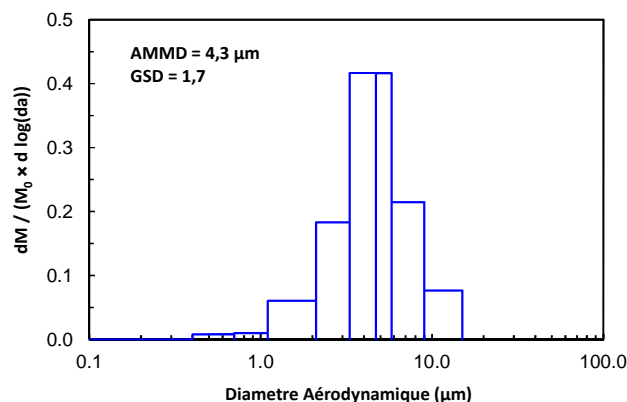


Figure 3. Distribution granulométrique de l'aérosol prélevé sous la tente pendant un essai

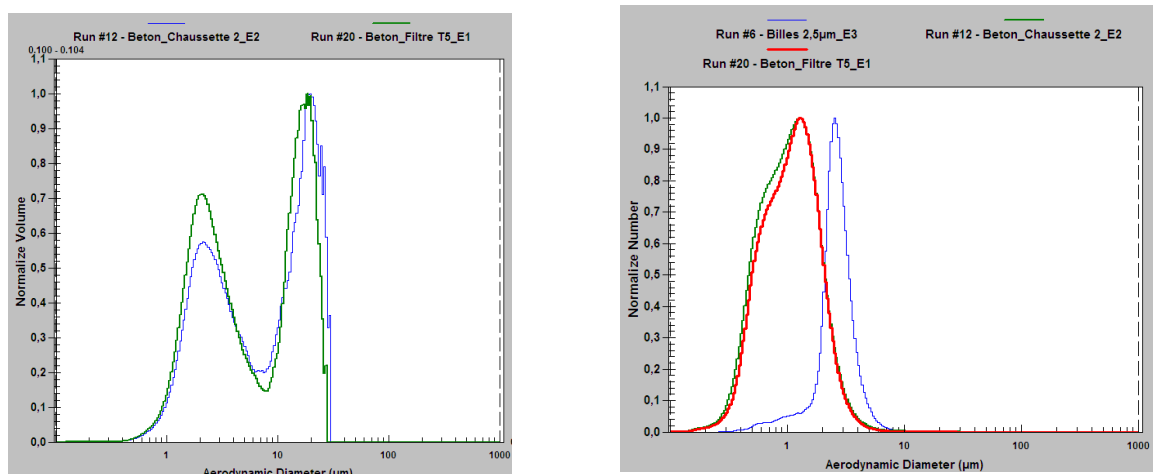


Figure 4. Distributions granulométriques en masse (à gauche) et en nombre (à droite) des particules prélevées sur un des filtres HVS et le filtre à manche de l'aspirateur

Les analyses réalisées avec l'Aerosizer montrent que les particules collectées par les HVS et sur le filtre à manche du système d'aspiration ont des granulométries tout à fait similaires. Par ailleurs, les granulométries en volume (masse) mesurées par l'Aerosizer révèlent que la distribution est bimodale avec un mode pour les grosses particules à environ 20 μm . En ce qui concerne le mode de la distribution en volume pour les particules inférieures à 10 μm , on constate que celui déterminé par l'Aerosizer, compris entre 2 et 3 μm , est plus petit que celui déterminé par l'impacteur Andersen. Plusieurs études ont montré que l'Aerosizer pouvait sous-estimer la taille des particules de 20 à 50 % lorsqu'elles ne sont pas sphériques (Cheng *et al.* 1993). Un biais de 32 % a été obtenu sur une étude concernant la mesure de granulométrie de particules d'alumine (Peillon *et al.* 2011). On peut donc considérer que les mesures impacteur et Aerosizer sont plutôt cohérentes.

4. CONCLUSIONS

Compte tenu des granulométries similaires mesurées avec l'Aerosizer sur les particules collectées par les filtres des HVS et dans le filtre à manche, on peut supposer que toutes les particules captées par le système d'aspiration sont potentiellement mobilisables et auraient pu constituer l'aérosol émis si l'aspiration n'avait pas été en fonctionnement. En suivant cette hypothèse, d'après les données du Tableau 1, la fraction mise en suspension sans système de confinement serait d'environ 50 %. En comparant cette valeur avec la fraction K_{MES} mesurée par les prélèvements HVS, on constate que le système d'aspiration permet de réduire de plus de 3 ordres de grandeur la quantité d'aérosol émise par le procédé.

Cheng Y.S., Barr E.B., Marshall I.A., and Mitchell J.P. (1993) Calibration and performance of an API Aerosizer. *J. Aerosol Science*, **24**, 501-514.

Peillon S., Gensdarmes F., Roynette A. (2011) Etude de la mise en suspension aéraulique d'une poudre de carbone. Application à la problématique des poussières dans le futur réacteur ITER. Rapport DSU/SERAC/LPMA/11-27.