



## **Rapport analytique sur les recherches scientifiques menées pour valider le système HYL A-EST**

### **1. Configuration utilisée pour effectuer les mesures**

Afin de valider l'efficacité du dispositif HYL A-EST (système de nettoyage de l'air et des locaux, appelé HYL A dans ce rapport), des mesures ont été effectuées à l'intérieur d'une pièce d'une taille de 4 m x 4 m x 2,5 m (correspondant à environ 40 min 3 s) simulant un environnement domestique intérieur.

Afin d'évaluer l'efficacité du dispositif HYL A dans la réduction de la concentration des particules en suspension dans l'air (matière particulaire, ou PM pour « particulate matter ») présentes dans l'environnement et des composés organiques volatils (COV), une série de mesures a été réalisée pour évaluer la concentration en PM et en COV avant la mise en marche de l'appareil et pendant son fonctionnement. À cette fin, des expériences ont été menées pour introduire artificiellement des polluants dans la pièce en procédant à la dispersion de poussière et à l'introduction de COV.

Les concentrations de PM ont été mesurées à l'aide d'une unité portable de surveillance des poussières fines (PM<sub>10</sub> - PM<sub>2,5</sub> - PM<sub>1</sub> appelé P-DustMonit (Contec).

Les concentrations en COVT (Composés organiques volatils totaux) ont été déterminées à l'aide de l'outil Netpid (Lab Service Analytics).

### **2. Instrumentation d'analyse**

L'unité de surveillance P-DustMonit a été utilisée pour mesurer la matière particulaire. Cet instrument mesure et enregistre en continu les particules en suspension dans l'air et en particulier les fractions PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>1</sub>. Cette instrumentation a été récemment utilisée pour l'évaluation de l'efficacité des systèmes de purification de l'air (Fermo, P., Comite, V., Falciola, L., Guglielmi, V., Miani, A. Efficiency of an air cleaner device in reducing aerosol particulate matter (PM) in indoor environments (2020) International Journal of Environmental Research and Public Health, 17 (1), art. no. 18).

La méthodologie utilisée par le P-DustMonit pour mesurer les particules et les classer en fonction de leur taille est celle de la diffusion laser. Cette méthodologie permet de :

- Mesurer en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (en temps réel et simultanément) les concentrations de particules exprimées en PM10 - PM2,5 - PM1.
- Mesurer en temps réel et en même temps le nombre de particules présentes en les classant jusqu'en 15 classes de tailles différentes
- - Elle fournit également un décompte par tailles de grains dans les classes suivantes :  
>0,30  $\mu\text{m}$ >0,40  $\mu\text{m}$ >0,50  $\mu\text{m}$ >0,60  $\mu\text{m}$ >0,70  $\mu\text{m}$   
>0,85  $\mu\text{m}$ >1,00  $\mu\text{m}$ >1,50  $\mu\text{m}$ >2,00  $\mu\text{m}$ >2,50  $\mu\text{m}$   
>3,00  $\mu\text{m}$ >4,00  $\mu\text{m}$ >5,00  $\mu\text{m}$ >7,50  $\mu\text{m}$ >10,0  $\mu\text{m}$ .

La concentration massique est déterminée à partir du nombre de particules et en appliquant un facteur de conversion approprié.



Fig.1 : Unité de surveillance P-Dust Monit

Les tests effectués pour valider le système HYLA comprenaient le suivi de 7 classes de dimension.

La concentration en composés organiques volatils totaux (COVT) a été mesurée à l'aide de l'instrument Netpid de Lab Service Analytics.

Il s'agit d'un capteur COV basé sur le système de photo-ionisation et capable de détecter une large gamme de COV d'un poids moléculaire plus élevé que le méthane (qui n'est donc pas détecté). Afin de valider l'efficacité de l'instrument et la reproductibilité des mesures, une série d'essais préliminaires a été réalisée en dispersant dans la pièce des quantités croissantes connues de COV. Un dissolvant pour ongles commercial a été choisi comme COV type.

Ces essais ont montré que les mesures de l'instrument sont reproductibles. De plus, la limite de détection est bien inférieure aux concentrations minimales typiquement détectables dans un environnement intérieur (entre 0,1 et 0,2 ppm en moyenne) tandis que la concentration maximale détectable est de 3 ppm.

### **3. Mesure de la capacité d'HYLA à réduire les concentrations de COVT dans l'air**

Afin d'évaluer la capacité d'HYLA à réduire la concentration de COVT dans l'air, une série d'expériences ont été réalisées impliquant l'introduction répétée dans le temps à l'intérieur de la pièce de concentrations connues d'un composé organique volatil, en l'occurrence du dissolvant pour ongles courant afin de simuler une situation possible réelle.

À cette fin, le récipient de dissolvant a été ouvert et exposé pendant des périodes de temps courtes ou plus longues comme décrites ci-dessous dans l'expérience. Le récipient a été placé à une distance d'environ 30 cm du détecteur.

La figure 2 montre l'ensemble de l'évolution de la concentration de COVT détectée pendant toute la période de mesure (les mesures ont été réalisées entre 5h34 et 19h10 le 15 octobre 2020).

L'instrument Netpid a été initialement allumé et stabilisé. La valeur moyenne de la concentration en COVT dans la pièce, lorsque l'appareil HYLE ne fonctionnait pas, était d'environ 0,2 ppm.

Le tableau 1 détaille les pics représentés sur les figures 2 et 3 (la figure 3 représente l'agrandissement d'une zone de la figure 2). Pour chaque pic d'exposition, l'intensité et le fonctionnement ou non du dispositif HYLE sont indiqués.

Le premier pic correspond à une durée d'exposition de 15 s avec l'appareil éteint (le test a ensuite été répété avec pour résultat un pic d'intensité égale, le pic 2) ; puis le test a été répété avec la même durée d'exposition, mais avec le système HYLE activé (pic 3) : cette activation a entraîné une réduction évidente de l'intensité du pic, soit environ la moitié de la concentration détectée.

Par la suite, une durée d'exposition prolongée de 30 min (pic 4) a été utilisée pour obtenir un pic large très intense. À 12h55, le système HYLE a été mis en marche et une nette réduction du pic a été observée (première flèche verte à gauche fig. 3). À 13h25, après stabilisation du signal, en gardant toujours l'appareil activé, il a été procédé à une nouvelle exposition pendant une période de 30 min (pic 5).

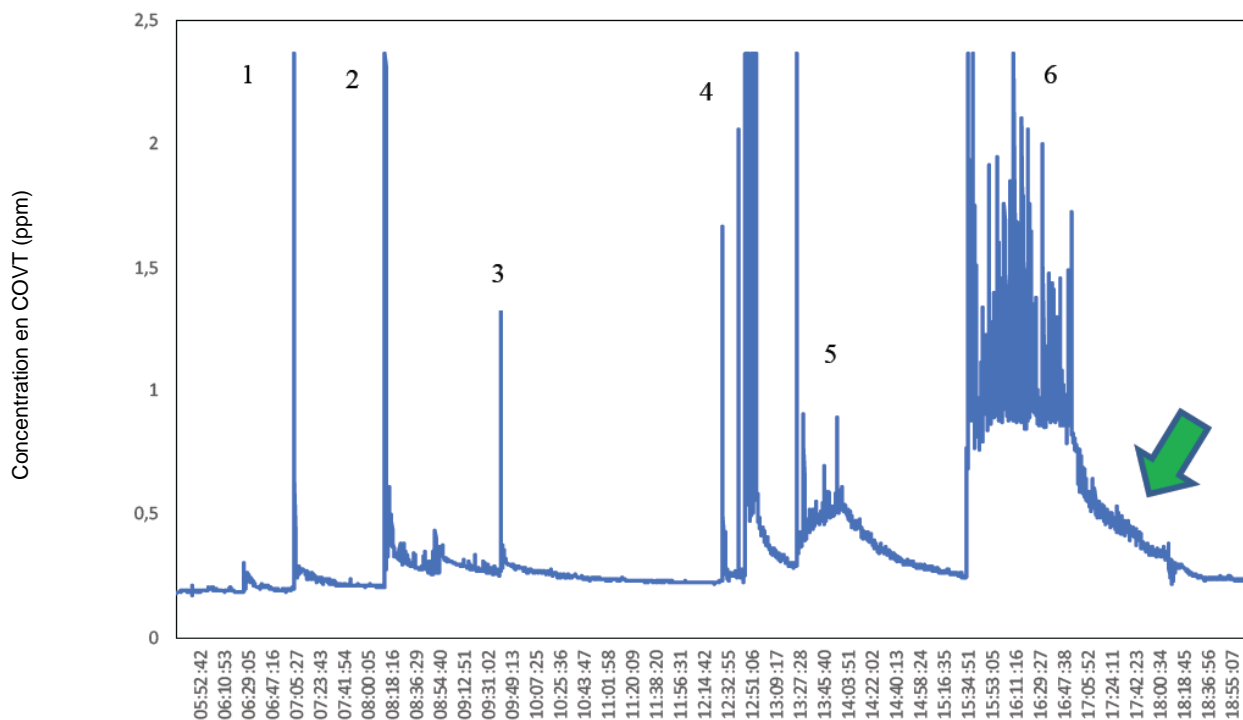


Fig. 2 : évolution de la concentration en COVT (ppm)

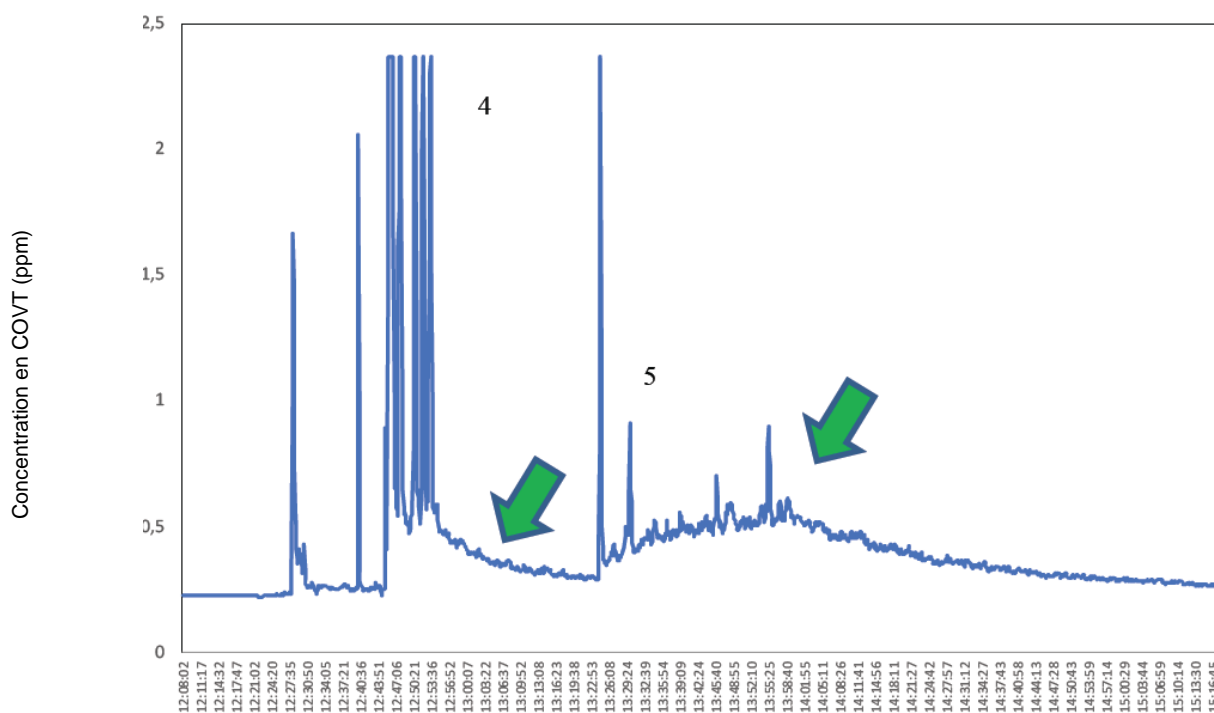


Fig. 3 : évolution de la concentration en COVT (ppm) : détail de la fig. 2

Contrairement au pic 4, on observe dans ce dernier cas un signal beaucoup moins intense avec un seul pic initial comparable aux signaux observés lorsque l'appareil est éteint, ce qui démontre une grande efficacité de l'HYLA dans la réduction des COVT.

Enfin, un temps d'exposition de 1h a été utilisé pour augmenter considérablement la concentration de COVT dans la pièce. Il est intéressant de noter qu'à 16h30, bien que plus aucun COV ne soit introduit dans la pièce, la concentration reste élevée. À 16 h 48, l'appareil est alors mis en marche, ce qui entraîne une réduction immédiate du signal qui reprend en environ 2 heures la valeur initiale (voir la zone indiquée par la flèche verte sur la figure 2).

Tableau 1 : Intensité du pic de concentration (ppm) enregistré par l'instrument Netpid à des intervalles de temps successifs et pour différentes durées d'exposition.

Pic	Durée(s) d'exposition	Intensité du pic (ppm)	Opération Appareil HYLA
1	15 s	2,37	ÉTEINT
2	15 s	2,37	ÉTEINT
3	15 s	1,36	ACTIVÉ
4	30 min (12h25-12h55)	pic large ; haut	ÉTEINT
5	30 min (13h25-13h55)	pic large ; haut	ACTIVÉ
6	1 h (15h30 – 16h30)	pic large ; haut	ÉTEINT

#### **4. Mesure de la capacité à réduire les concentrations en matière particulaire atmosphérique (PM)**

Afin d'évaluer la capacité du dispositif à réduire les concentrations en particules atmosphériques, les concentrations de fond présentes dans la pièce ont d'abord été mesurées. L'expérience suivante a ensuite été réalisée : au moyen d'un ventilateur, la poussière contenue dans un sac en plastique a été dispersée dans l'air afin d'obtenir l'augmentation voulue de la concentration en PM dans la pièce.

La concentration des différentes fractions granulométriques a alors immédiatement augmenté.

Le premier pic (15h04) correspond à une concentration initiale d'environ 200 µg/m<sup>3</sup> (l'appareil HYL A était désactivé à ce moment).

Le test a ensuite été répété (15h34), cette fois en dispersant une quantité de 963 µg/m<sup>3</sup>. Le second test a été effectué avec l'appareil HYL A activé et s'est poursuivi jusqu'au rétablissement des conditions initiales. Le troisième test a été réalisé en essayant d'atteindre une quantité de poudre en suspension similaire au cas précédent, en l'occurrence 943 µg/m<sup>3</sup>, mais cette fois l'appareil était éteint. L'évolution de la diminution de la concentration de poudre a confirmé le résultat observé lors de la première expérience (même pente de la courbe).

Les pentes des courbes observées lors de la phase de récupération des conditions initiales ont été évaluées en comparant celle obtenue avec l'appareil allumé et celle obtenue avec l'appareil éteint. Cette évaluation a été effectuée en calculant le paramètre S (pente) exprimé comme suit :

$$S = \Delta C / \Delta t$$

Où :

$\Delta C$  = variation de la concentration de PM en µg/m<sup>3</sup> dans l'intervalle de temps

$\Delta t$  = intervalle de temps

Tableau 2 : Paramètres liés au calcul de S pour la fraction PM10

t (10 min)	C	S
<b>HYLA ACTIVÉ</b>		
15h37	421	31,9
15h47	102	
<b>HYLA ÉTEINT</b>		
15h11	75	1,9
15h21	56	

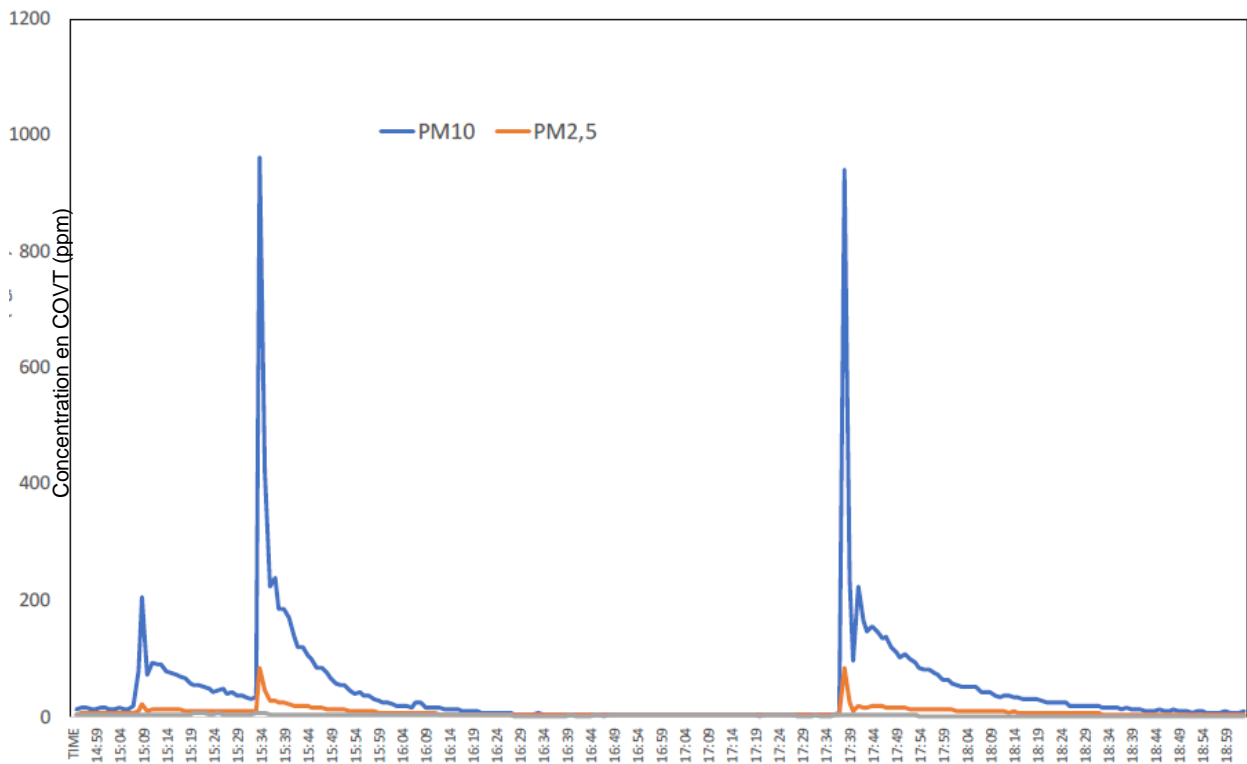


Fig.4 : évolution de la de concentration en PM

HYLA ACTIVÉ

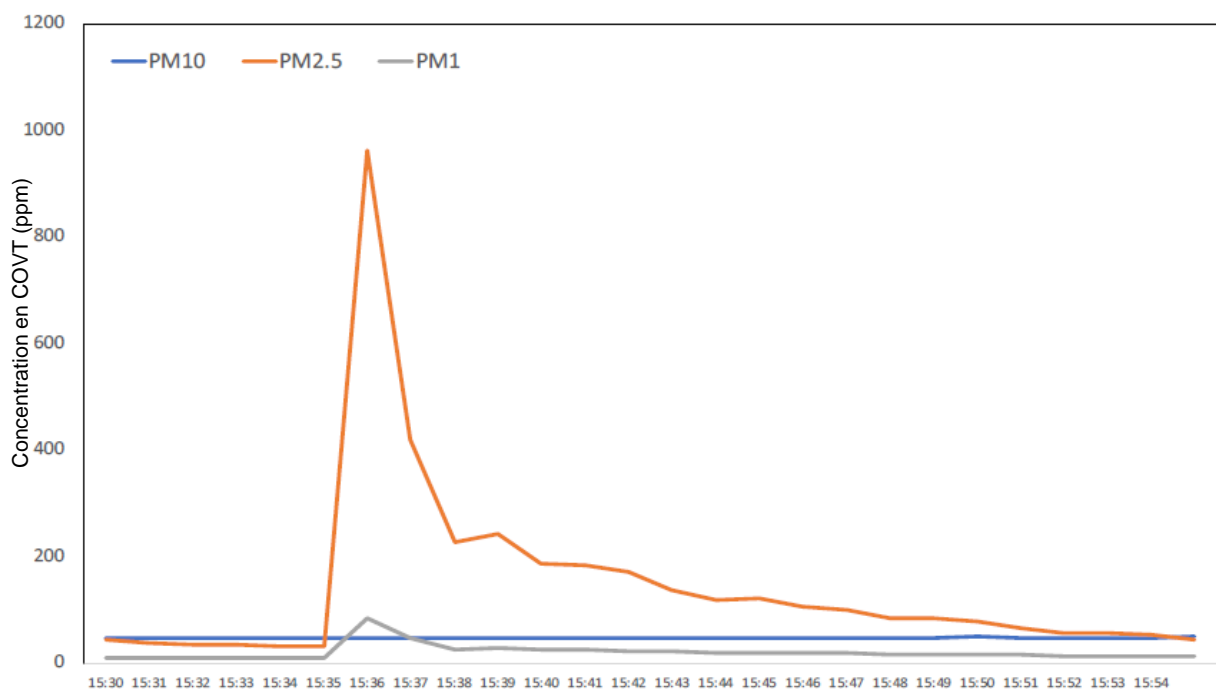


Fig.5 : évolution de la de concentration en PM lorsque l'appareil HYLA est allumé

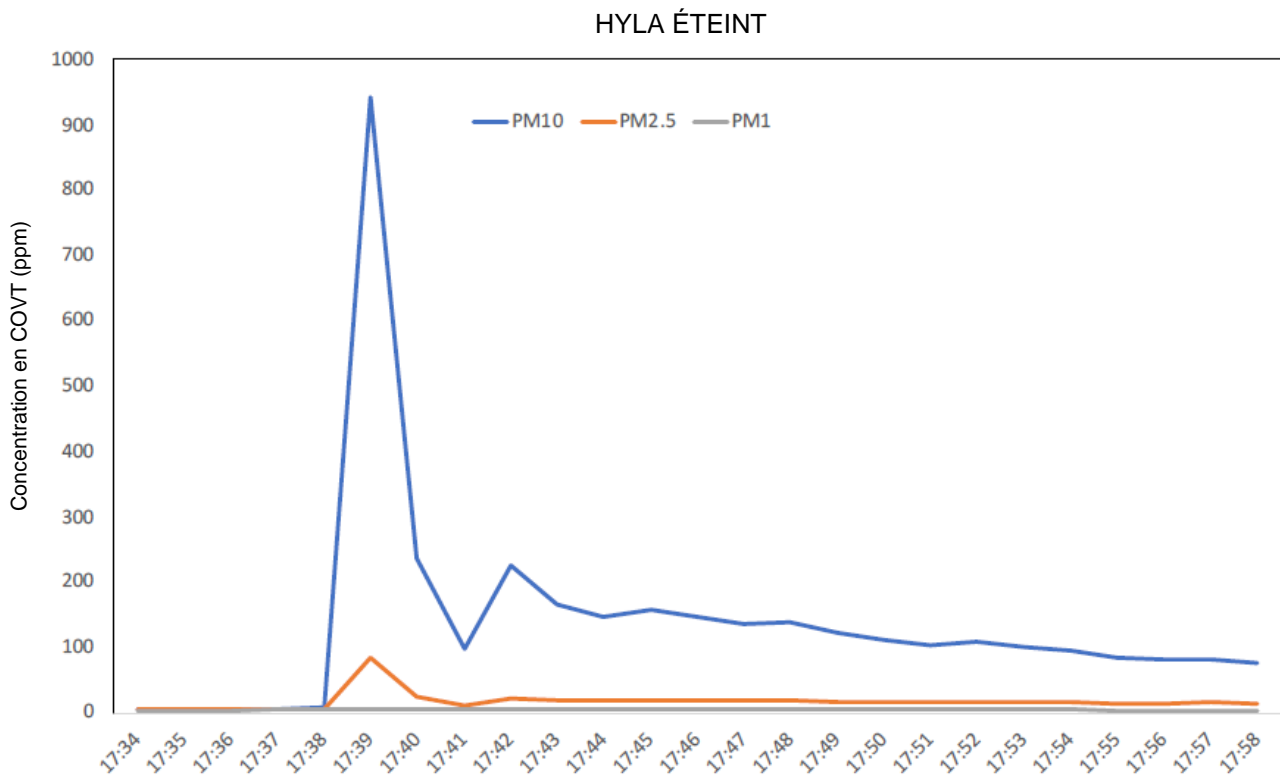


Fig.5 : évolution de la concentration en PM lorsque l'appareil HYLA est éteint

Comme le montrent les valeurs indiquées dans le tableau 2, le paramètre S est considérablement plus élevé lorsque l'instrument est en fonctionnement que lorsque l'appareil est éteint. En particulier, le rapport entre les deux valeurs est égal à 16,8 ce qui signifie que le système HYLA est 16,8 fois plus efficace dans la réduction des concentrations de PM10 que la diminution qui se produit naturellement ou le simple dépôt de poussière. De plus, en 20 min le dispositif HYLA, à partir de très fortes concentrations de PM10, a permis de retrouver les valeurs de concentration en poussière initialement présentes (en l'absence du dispositif dans des conditions identiques, il faudrait une durée de plus d'une heure pour restaurer la situation initiale).

La fig. 7 montre l'évolution du nombre de particules (N/L) dans le cas des deux fractions contenant les particules les plus fines, c'est-à-dire celles de dimensions inférieures à 0,5  $\mu\text{m}$  et 0,7  $\mu\text{m}$ . On constate que l'effet est plus marqué pour le pic enregistré à 15h36 ou lorsque le dispositif HYLA est allumé.



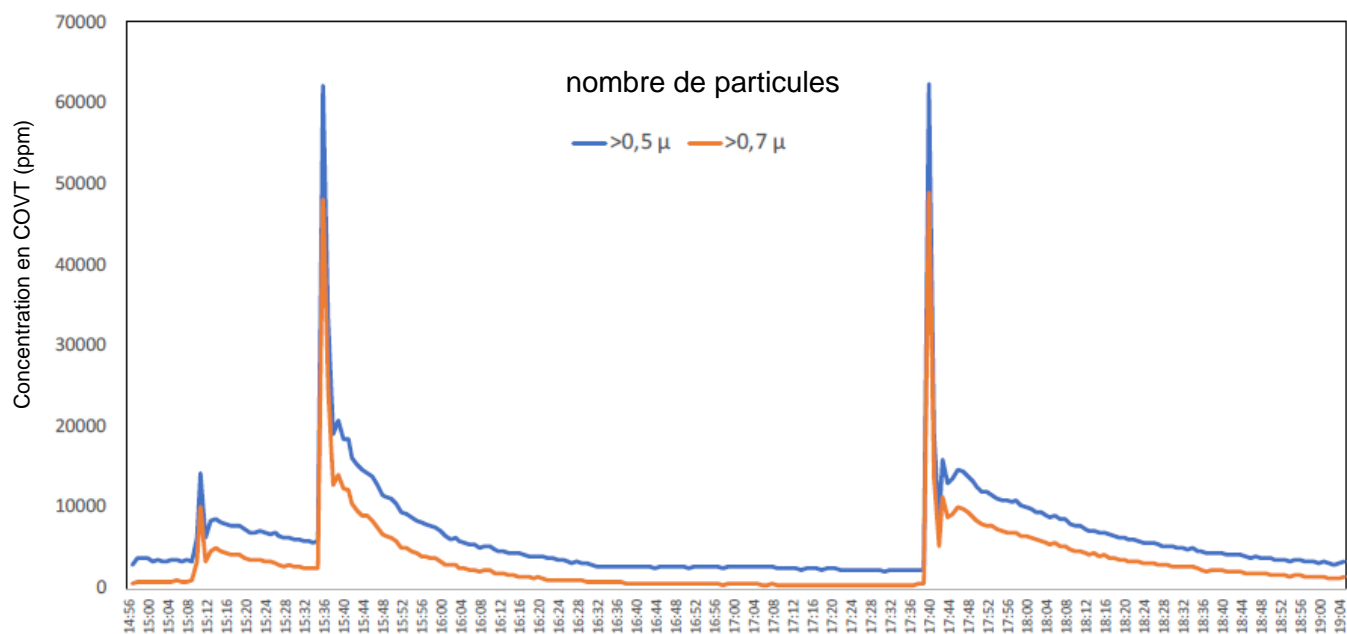


Fig.4 : évolution de la de concentration en particules (N/L)

## 5. Conclusions

Les tests réalisés en matière de réduction des PM et des COV, permettent de conclure que :

Le dispositif HYLA est efficace pour la réduction du niveau de COV et la réduction des concentrations de particules en suspension dans l'air. En particulier, il y a une amélioration d'un facteur égal à 16,8 sur une plage de 10 min de ce qui peut être défini comme l'efficacité de réduction des poussières ; de plus, en 20 min environ le dispositif HYLA, à partir de concentrations très élevées de PM10, permet de revenir aux valeurs de concentration en poussières initialement présentes dans l'environnement.

En présence de concentrations de COV de l'ordre de la ppm, une valeur inférieure d'environ 50 % a été mesurée lorsque l'appareil HYLA était allumé.

L'observation de l'évolution de la concentration de fond de COVT a montré que le dispositif permet de restituer en moins de 2 heures les concentrations initiales de COVT qui, sans son utilisation, resteraient élevées.

Enfin, le dispositif HYLA-Aera a également été testé et il a été possible de vérifier qu'il est capable de maintenir une humidité relative à une valeur constante de 50 %.

On peut donc affirmer que les tests de vérification de la fonctionnalité de l'appareil HYLA-EST, tant vis-à-vis des particules en suspension dans l'air que des composés organiques volatils, sont réputés réussis. Ce dispositif peut donc être utilisé comme système d'atténuation pour la qualité de l'air dans un environnement domestique, afin de réduire les poussières et les substances organiques volatiles qui peuvent être présentes dans la maison en tant que contaminants émis par diverses activités domestiques, telles que le nettoyage ou la cuisson des aliments.

Il responsabile delle analisi  
(responsable de l'analyse)

Prof. Paola Fermo, Dipartimento di Chimica  
(Prof. Paola Fermo, Département de Chimie)

Università degli Studi di Milano

