

## Expérimentation de l'utilisation de purificateurs d'air CYCLO dans la crèche municipale Marguerite Le Maut d'Aubervilliers (93)

Date du rapport : 30 juin 2020

Auteur : Pierre Guitton

### Contexte

Dans le cadre du démonstrateur *Rêve de Scènes Urbaines*<sup>1</sup>, animé par le groupe VINCI avec la Communauté de communes Plaine Commune, TEQOYA a proposé le projet "Purifier l'air des enfants". Ce projet consiste en une expérimentation d'un purificateur d'air original et éco-responsable, dénommé CYCLO, avec un protocole de mesure de performance aussi rigoureux que possible dans un contexte d'expérimentation *terrain* sur plusieurs mois. L'objectif de l'utilisation du dispositif CYCLO est d'apporter une réponse à la pollution aux particules dans les crèches présentant une concentration aux particules potentiellement élevée. Cette pertinence sera évaluée selon deux axes :

1. Efficacité de réduction de la concentration en particules dans les espaces équipés de CYCLO
2. Adaptation du dispositif CYCLO à la vie d'un établissement scolaire pour une utilisation prolongée dans le temps (facilité d'installation, fréquence et facilité d'entretien, confort auditif)

Le choix de l'établissement et le déroulement de l'expérimentation ont été menés avec le service Ecologie Urbaine de Plaine Commune et avec les services de la municipalité d'Aubervilliers.

L'expérimentation a été menée entre novembre 2019 et mai 2020. VEOLIA s'y est associée pour contribuer aux mesures de performances réalisées, conjointement à celles menées par TEQOYA. La société d'électricité générale ENTRA s'y est également associée, réalisant les raccordements électriques nécessaires aux appareils.

Ce rapport présente l'expérimentation réalisée et ses résultats.

### Interlocuteurs :

- Marie Larnaudie - chargée de mission Ecologie Urbaine à la Communauté de communes Plaine Commune

---

<sup>1</sup> Rêve de Scènes Urbaines est un Démonstrateur Industriel pour la Ville Durable (DIVD) lauréat de l'appel à projet national 2016.

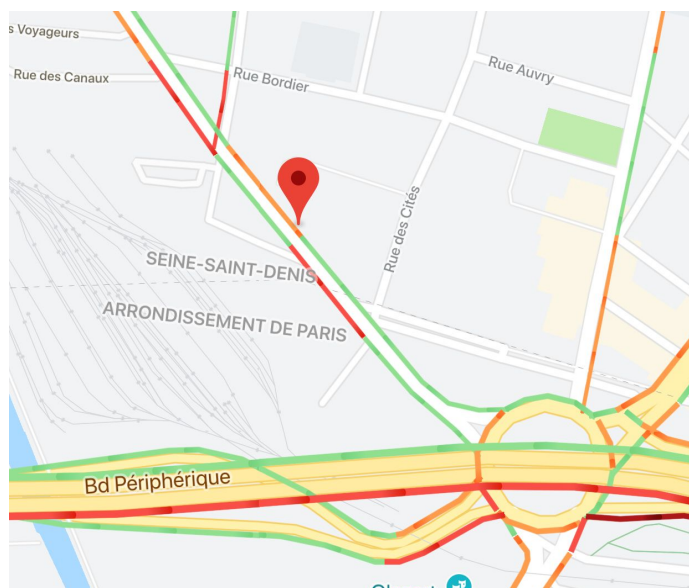
- Sabrina Martel - Service Petite Enfance de la commune d'Aubervilliers
- Nord Fertane - Service Technique de la commune d'Aubervilliers
- Nafa Bensaïd - Service Hygiène de la commune d'Aubervilliers
- Virginie Lauzon - Service Immobilier de la commune d'Aubervilliers
- Christine Voët - responsable de la crèche municipale Marguerite Le Maut à Aubervilliers
- Franck Gosset - dirigeant de la société d'électricité générale ENTRA
- Martin Jousot - ingénieur d'études OFIS - VEOLIA

### Lieu de l'expérimentation :

La crèche municipale Marguerite Le Maut se situe 42-44 Boulevard Félix Faure, 93300 Aubervilliers  
<https://goo.gl/maps/K2zGuu5hcnNaYTnW6>

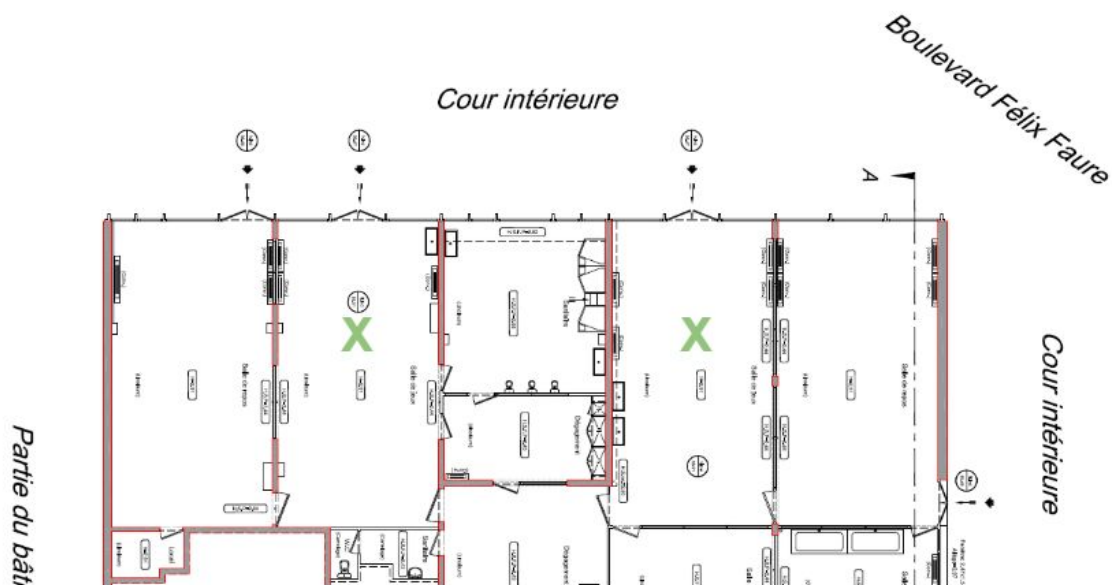
Elle a été choisie pour les raisons suivantes :

- Vétuste et en bordure du Périphérique (200 m. à vol d'oiseau environ), elle est supposée être exposée à une pollution particulaire élevée. On constate lors de sa visite que les ouvrants dans les espaces de vie sont régulièrement ouverts, côté Sud, pour assurer l'aération.



*Situation de la crèche Marguerite Le Maut*

- La crèche dispose de deux salles d'activités très similaires de part leur activité (occupation par des groupes d'enfants proches en nombre, âge, activités et horaires), la taille (50 m<sup>2</sup> environ), la disposition (ouvrants côté Sud, portes côté Nord-Est et Nord-Ouest) permettant probablement un comparatif des mesures entre les deux espaces.



Plan partiel de la crèche. Les salles d'activités utilisées pour l'expérimentation sont marquées d'une croix verte. Le Sud est en haut de ce plan.

## Protocole expérimental :

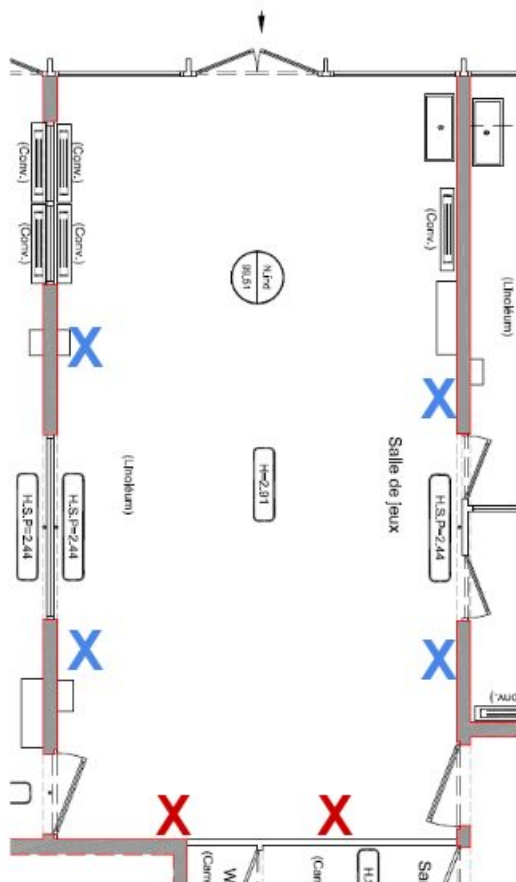
Les deux salles d'activités utilisées pour cette expérimentation sont appelées LILAS et LOTUS.

- **LILAS** est utilisée comme **salle témoin** : elle est équipée de moyens de mesure, mais pas de purificateurs d'air
- **LOTUS** est utilisée comme **salle pilote** : elle est équipée de moyens de mesure et de purificateurs d'air

Le déroulement de l'expérimentation est en 3 phases :

1. Novembre-Décembre 2019 : caractérisation de la **situation initiale dans les deux salles**. Pendant cette phase les purificateurs d'air ne sont pas installés. Il s'agit de vérifier que les deux espaces sont comparables et de quantifier un éventuel écart de mesure de pollution particulaire entre les deux salles, qui pourra être utilisé comme biais lors de l'analyse des résultats.
2. Janvier-Février 2020 : installation et mise en fonctionnement des purificateurs d'air CYCLO dans la salle LOTUS le 7 janvier 2020 pour établissement d'un **comparatif des salles pilote et témoin**.
3. Mai 2020 : **analyse des mesures**. Du fait du confinement, la récupération des données stockées complètes n'a pas pu être effectuée auparavant.

Les moyens de mesure sont positionnés de façon identique dans les deux salles. Ces positions, ainsi que celles des dispositifs CYCLOS, sont indiquées sur l'illustration ci-dessous. A noter que VEOLIA a de plus mis à disposition deux capteurs complémentaires, un par salle, qui ont été installés également de façon similaire dans les deux pièces.



*Disposition des CYCLOS (croix bleues) et des moyens de mesure (croix rouges) dans les salles*

Tous ces équipements sont installés en partie haute des cloisons, hors de portée des enfants. Les images suivantes montrent les appareils en situation.



*Moyens de mesure sur la cloison Nord d'une des deux salles.*



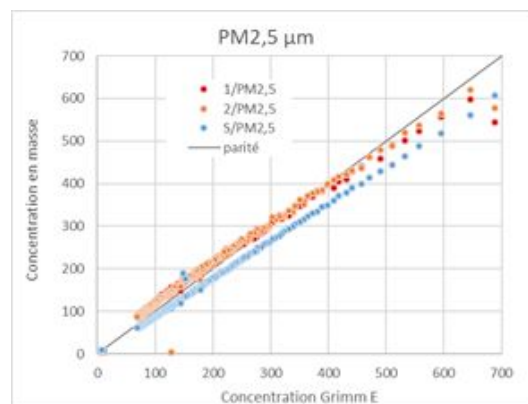
*Purificateur d'air CYCLO tel qu'installé sur la cloison Est de la salle LOTUS*

## Moyens de mesure :

Chaque salle est équipée de deux capteurs de qualité de l'air IQair AirVisual.

Ces appareils présentent les avantages suivants :

- Capacité de stockage de données importante, pour une utilisation non connectée sur une période longue (pas de Wifi dans une crèche)
- Qualité des mesures reconnue :
  - ce capteur a été lauréat du Challenge Microcapteurs 2019 du AIRLab de la Ville de Paris dans la catégorie "monitoring Air Intérieur", avec une note d'exactitude des mesures de particules supérieure à 9/10
  - TEQOYA a fait qualifier ce capteur auprès du laboratoire LOCIE (Université Savoie Mont Blanc), avec des résultats robustes de fiabilité des mesures sur les PM2.5




*Microcapteur AirVisual et résultats de mesure de PM2.5 au LOCIE par comparaison avec des analyseurs scientifiques de type GRIMM.*

Par ailleurs, pour compléter et renforcer la fiabilité des analyses, la société VEOLIA OFIS a installé et analysé les données de mesure de deux capteurs complémentaires, un par salle. Ce capteur RAMX de marque HAGER est connecté par réseau SIGFOX, permettant à VEOLIA de réaliser l'analyse des mesures à distance.

### INSTALLATION RAMX SENSOR - HAGER

Specific guidelines for installing HAGER sensors.

<b>AT A MINIMUM DISTANCE</b> from any surface (wall, ceiling, any object): <b>10cm</b>	<b>AT A MINIMUM HEIGHT</b> above the floor: about 0.8 to 1.2m (table, desk, shelf...)
<b>VERTICALLY POSITIONED</b> as the air inlet is located on the back of the sensor	



## Dispositif de purification de l'air :

Le dispositif utilisé pour cette expérimentation est un prototype du produit en développement CYCLO. Ce dispositif est un purificateur d'air de type électrofiltre, également appelé précipitateur électrostatique. Il utilise la technologie brevetée de ionisation sans ozone de TEQOYA et résout les deux défauts des électrofiltres conventionnels :

- absence d'émission d'oxydants (ozone, oxydes d'azote, radicaux libres) et donc absence de réaction avec les polluants chimiques
- absence de décharges électrostatiques et donc absence de nuisances sonores et sécurité d'utilisation

Autres caractéristiques pour l'adapter à des applications de type crèche :

- compacité (1,5 kg, 30 x 15 cm) pour faciliter son installation et son entretien
- très faible consommation d'énergie (<2 W)
- absence de consommables (filtre nettoyable)

Le débit d'air traité par le prototype est de 60 m<sup>3</sup>/h. Il est à noter que la version industrialisée prévoit un débit supérieur à 100 m<sup>3</sup>/h pour réduire à 3 le nombre d'appareils installés pour un espace de 50 m<sup>2</sup>.

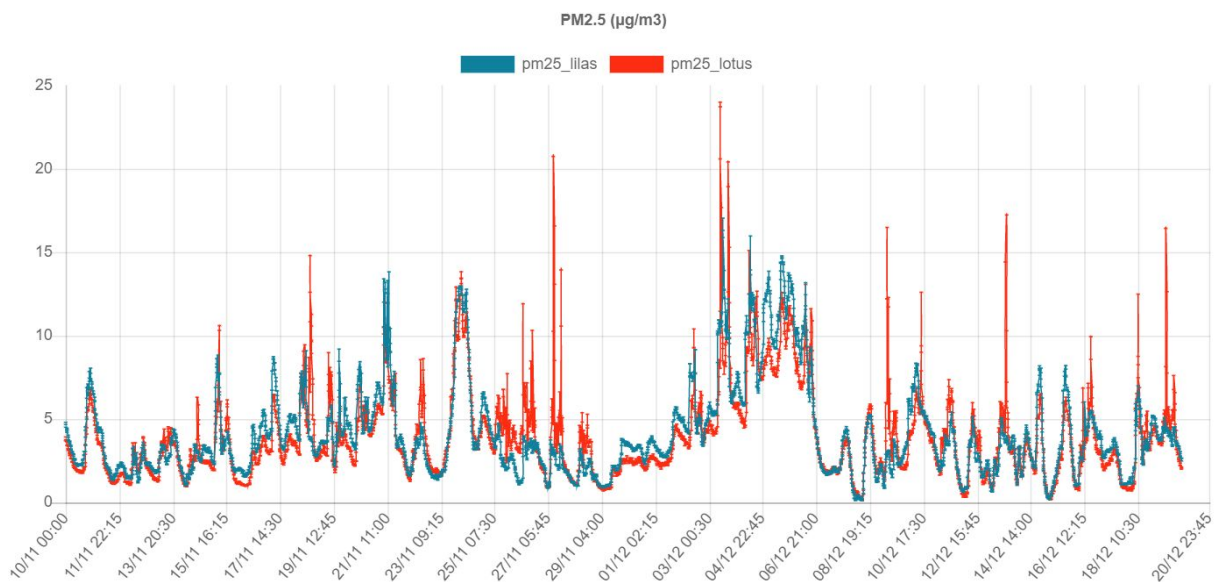


*Purificateur d'air CYCLO tel qu'installé temporairement dans la crèche Marguerite Le Maut*

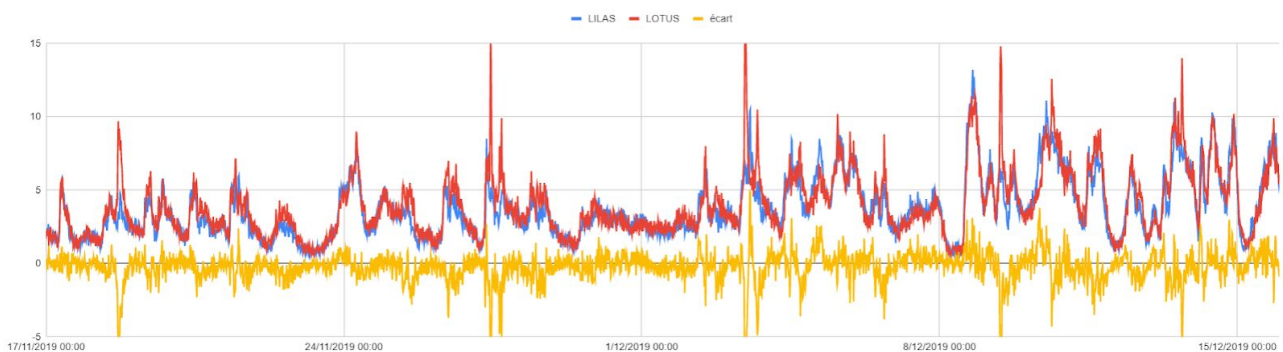
## Résultats :

### Phase 1 - situation initiale dans les deux salles

Avant installation des dispositifs de purification de l'air, les deux salles ont des comportements très similaires du point de vue de la densité de particules dans l'air.



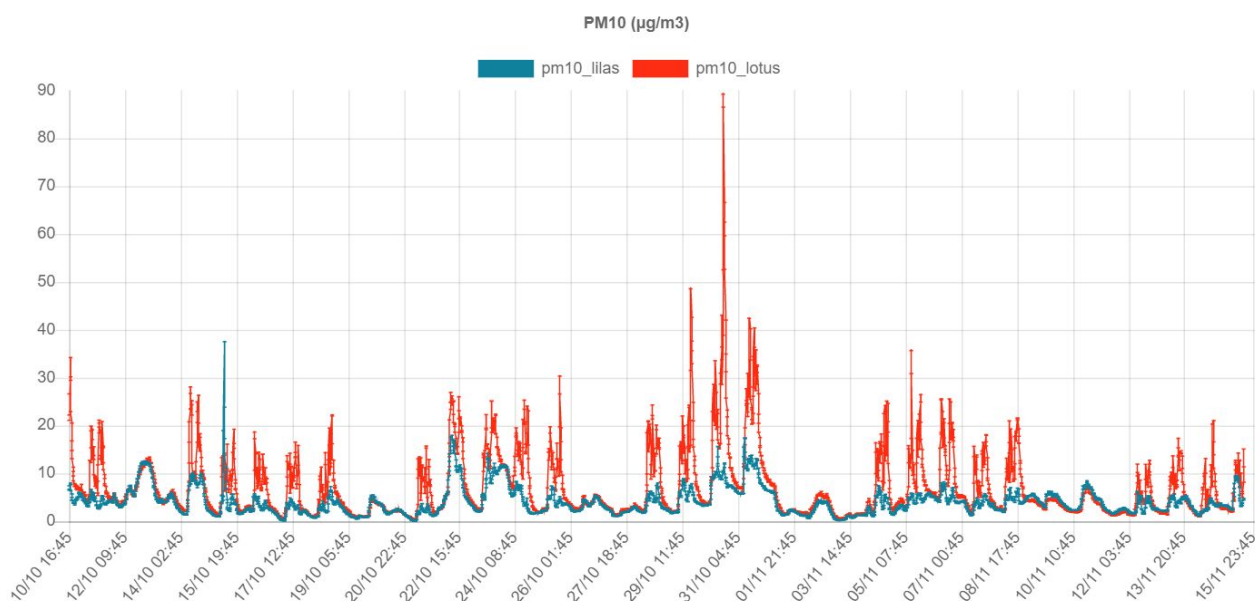
*Indice PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dans la salle LOTUS (en rouge) et LILAS (en bleu), mesuré par TEQOYA*



*Densité de particules ( $\text{Millions}/\text{m}^3$ ) dans la salle LOTUS (en rouge) et LILAS (en bleu), mesuré par VEOLIA ; en jaune, l'écart entre les deux courbes*

A noter que la différence est plus importante concernant l'indice PM10 pendant les heures d'occupation des locaux, ce qui est probablement lié au fait que le groupe d'enfants accueilli dans la salle LOTUS est plus grand.





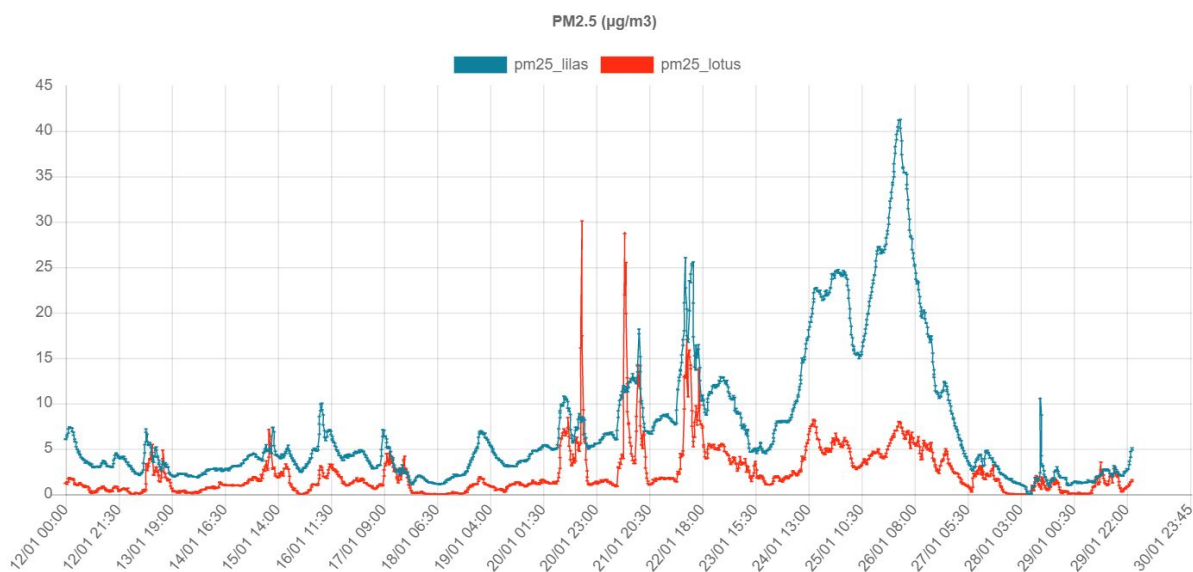
Indice PM10 dans la salle LOTUS (en rouge) et LILAS (en bleu), mesuré par TEQOYA

Ces relevés valident la possibilité d'évaluer l'impact de CYCLO par comparaison entre les deux salles, en utilisant les mesures de PM2.5 dans les deux salles.

A l'issue de cette phase, il a été décidé d'installer les CYCLO dans la salle LOTUS, la plus polluée des deux.

### Phase 2 - impact de l'utilisation des CYCLO

Les relevés de PM2.5 après installation des CYCLO montrent clairement la baisse de pollution dans la salle LOTUS.



Indice PM2.5 dans la salle LOTUS (en rouge) et LILAS (en bleu), mesuré par TEQOYA, après installation des CYCLO dans la salle LOTUS

Les relevés de TEQOYA et VEOLIA donnent des résultats remarquablement similaires, malgré la différence de moyen de mesure, de période de mesure et d'unité de mesure.

Unité :	PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
	Moyenne LILAS	Moyenne LOTUS
période du 10/10/2019 au 20/12/2019	3.77	4.01
période du 07/01/2020 au 18/02/2020	4.97	1.74
Réduction dans la salle LOTUS par comparaison à la salle LILAS :		65%
Réduction dans la salle LOTUS par comparaison à la période antérieure :		57%
Référence LOTUS tenant compte de la déviation LILAS :		5.27
<b>Réduction dans la salle LOTUS par comparaison à la période antérieure corrigée de la déviation en salle LILAS :</b>		<b>67%</b>

*Comparatif des valeurs moyennes de PM2.5 entre les deux phases, mesurées par TEQOYA*

Unité :	densité particulaire - Mpart/m <sup>3</sup>	
	Moyenne LILAS	Moyenne LOTUS
période du 17/11/2019 au 20/12/2019	3.62	3.87
période du 07/01/2020 au 27/01/2020	4.98	1.73
Réduction dans la salle LOTUS par comparaison à la salle LILAS :		65%
Réduction dans la salle LOTUS par comparaison à la période antérieure :		55%
Référence LOTUS tenant compte de la déviation LILAS :		5.33
<b>Réduction dans la salle LOTUS par comparaison à la période antérieure corrigée de la déviation en salle LILAS :</b>		<b>67%</b>

*Comparatif des valeurs moyennes de quantité de particules (Mpart/m<sup>3</sup>) entre les deux phases, mesurées par VEOLIA*

## Conclusions :

On observe une réduction de 67%, soit une division par 3, de la pollution aux particules dans la salle LOTUS, équipée des dispositifs de purification de l'air. Ce résultat est quantifié de façon très cohérente par deux moyens de mesure différents.

Par ailleurs il est à noter que les équipes de la crèche n'ont pas noté de gêne, notamment acoustique, liée à la mise en fonctionnement des dispositifs CYCLOS.

Enfin, après expérimentation, la performance de filtration des appareils a été mesurée en laboratoire, avant et après leur nettoyage. La variation de performance des 4 appareils avant et après nettoyage n'a pas dépassé 10%.