



## OFIS

*Solutions innovantes de  
gestion de la qualité de  
l'air dans les  
établissements recevant du  
public*

Jean-Charles PONELLE  
Responsable Qualité de l'Air  
Jc.ponelle@ofis-consult.com  
Mobile : 06 29 25 45 89

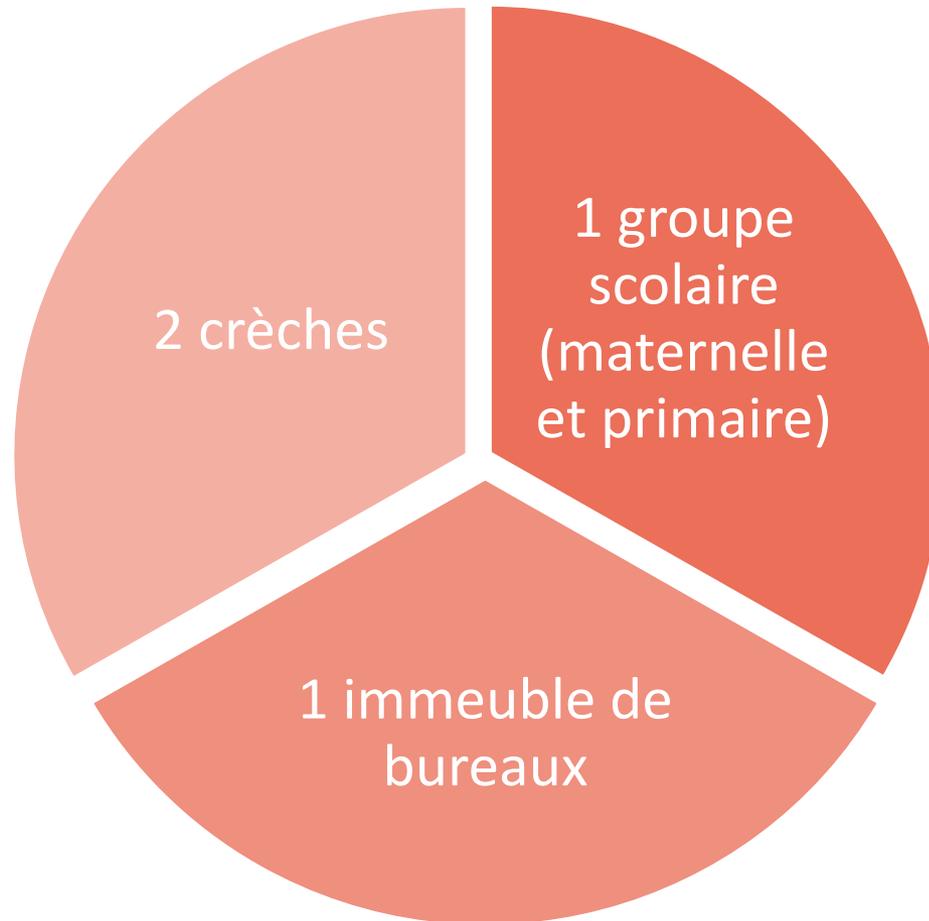


# Campagne Pilote sur 5 bâtiments

Campagne de mesures, diagnostic préliminaire pour préparer l'expérimentation des services suivants :

- monitoring de la QAI et actions correctrices (crèches, maternelles, écoles)
- monitoring du confinement en temps réel et actions correctrices (crèches, maternelles, écoles)
- monitoring de la QAI et actions correctrices (bureaux)

# Campagne pilote sur 5 bâtiments



# Capteurs de qualité d'air



**Pyrescom Class'Air+**

CO<sub>2</sub>



**EcoLogicSense**

Particules  
(PM<sub>2,5</sub> et  
PM<sub>10</sub>)



**Azimut Fireflies**

Température  
Hygrométrie  
CO<sub>2</sub>  
COV Totaux  
COV Légers  
Particules  
(PM<sub>1</sub>)

Des capteurs intelligents  
pour suivre les  
paramètres essentiels de  
la qualité de l'air des  
espaces intérieurs

# Capteurs Class'Air Pyrescom



La solution **CLASS'AIR** a été élaborée à partir de **capteurs de confort** (CO<sub>2</sub>, Température, Hygrométrie, pression), déjà éprouvés depuis plusieurs années sur des sites instrumentés, via la solution BATNRJ.

Ces capteurs **CLASS'AIR**, ayant connus un fort succès sur le secteur des contrôles réglementés de la QAI dans les ERP, grâce à leur fiabilité et à la qualité des mesures notamment, les capteurs à LEDs « **CLASS'AIR +** » en sont dérivés et sont **destinés à un usage pédagogique** à destination des communes et de leurs enseignants.

Ces capteurs « **CLASS'AIR +** » ont été volontairement conçus :

- Pour mesurer la **qualité de l'air intérieur** en enregistrant les **données de CO<sub>2</sub>** (ainsi que les mesures complémentaires : température, hygrométrie, pression).
- «Neutres» pour qu'ils puissent se «fondre» naturellement et discrètement dans les salles de classe et de la petite enfance.
- A **usage pédagogique** car « équipés » de **3 indicateurs lumineux** (LEDs) afin d'informer et avertir les personnes dans la pièce de dépassements de seuils (programmables via le logiciel associé) :

● LED verte allumée	→	qualité d'air bonne
● LED jaune allumée	→	qualité d'air moyenne, il est conseillé de ventiler la zone
● LED rouge allumée	→	qualité d'air mauvaise, il est nécessaire de ventiler la zone ou d'aérer la pièce

# Périodes de surveillance

Les capteurs sont placés dans chaque local pour une période d'un mois



# *Les crèches et les écoles*

# Obligations réglementaires – Les ERP

## Pré-diagnostic

évaluation des moyens d'aération (ouvrants, bouches de soufflage...)

## 2 Possibilités

### Bonnes pratiques

- formation et sensibilisation à la qualité de l'air intérieur,
- grilles d'auto-diagnostic
- stratégie d'échantillonnage pour des mesures ciblées

### Campagne de de surveillance

1 campagne en chauffe, 1 campagne hors chauffe  
CO<sub>2</sub> ,Benzène, Formaldéhyde  
Déclaration au préfet en cas de dépassement

# Surveillance obligatoire de certains ERP à partir de 2018

## Confinement

- Indice pour le CO<sub>2</sub> (en période de chauffage)

## Benzène et formaldéhyde

- moyenne des 2 campagnes pour les valeurs guides

SUBSTANCE	Valeur limite pour laquelle des investigations supplémentaires doivent être menées et pour laquelle le préfet doit être informé
Formaldéhyde	> 100 µg/m <sup>3</sup>
Benzène	> 10 µg/m <sup>3</sup>
CO <sub>2</sub>	Indice de confinement = 5

# Surveillance obligatoire de certains ERP à partir de 2018

Décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011 relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène

SUBSTANCE	VALEUR-GUIDE POUR L'AIR INTÉRIEUR	
Formaldéhyde	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une exposition de longue durée à compter du 1er janvier 2015	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une exposition de longue durée à compter du 1er janvier 2023
Benzène	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une exposition de longue durée à compter du 1er janvier 2013	2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une exposition de longue durée à compter du 1er janvier 2016

# Guide Pratique



**GRILLE DESTINÉE À LA PERSONNE EN CHARGE DES ACTIVITÉS DANS LA PIÈCE ET NE CONCERNE QUE LE PÉRIMÈTRE DE LA PIÈCE**  
**Enseignant, animateur, puéricultrice**

Nom de l'établissement :

Adresse :

Personne remplissant la grille : Nom  Prénom  N°/Prénom de carte :

Équipements

- Né pas utiliser d'appareil de chauffage à combustion.
- Vérifier l'absence de photocopieurs, imprimantes, télécopieurs.

Bonne pratique respectée ?  
   50

Activités

- Stocker les produits utilisés aux activités (peintures, colle...) dans un local de rangement spécifique, ventilé, et ne communiquant pas avec la pièce.
- Privilégier l'utilisation de livres/magazines pour enfants pour tableaux (un label européen, NF Environnement, ou Blue Angel, Nordic Environment, Oeko-tex).
- Né pas utiliser de bougies ou faire brûler de l'encens.
- Limiter le recours à des produits d'ac, des bombes aérosols, des dissolvants.

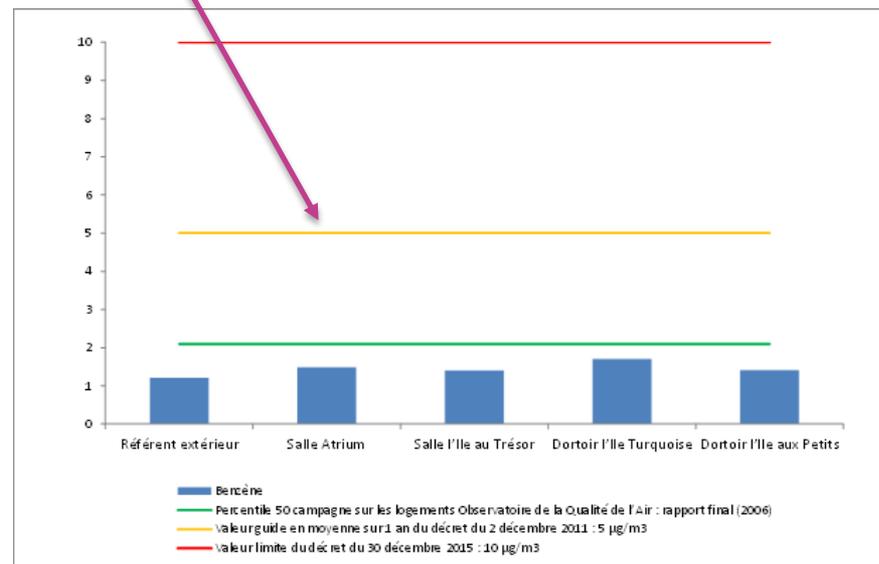
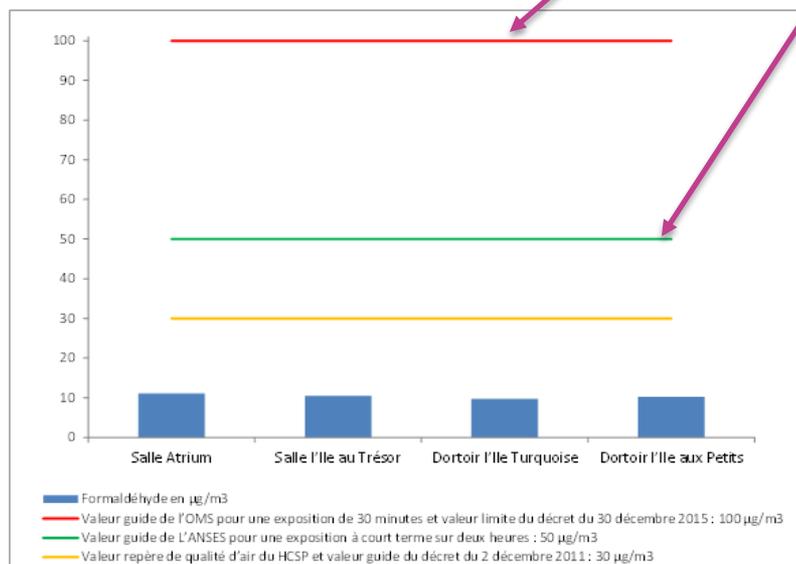
Bonne pratique respectée ?  
   50



		Catégories d'intervenants			
		Equipe de gestion	Services techniques	Personnel d'entretien	Responsable d'activités
Thématiques	Organisation du site	X	X		
	Équipements		X		X
	Matériaux (construction, revêtements, mobiliers)	X	X		
	Activités (pédagogiques, ménage, travaux,...)	X	X	X	X
	Aération/Ventilation	X	X	X	X
	Observations			X	X

# Crèche avec ventilation double flux

## Valeurs guides et valeurs seuils



Pièce instrumentée	Indice de confinement	Interprétation
Salle Atrium	0	Confinement nul
Salle l'Île au Trésor	0	Confinement nul
Dortoir l'Île Turquoise	1	Confinement faible
Dortoir l'Île aux Petits	0	Confinement nul

# Crèche avec ventilation double flux

Formaldéhyde	Benzène	Confinement
		

## Préconisations

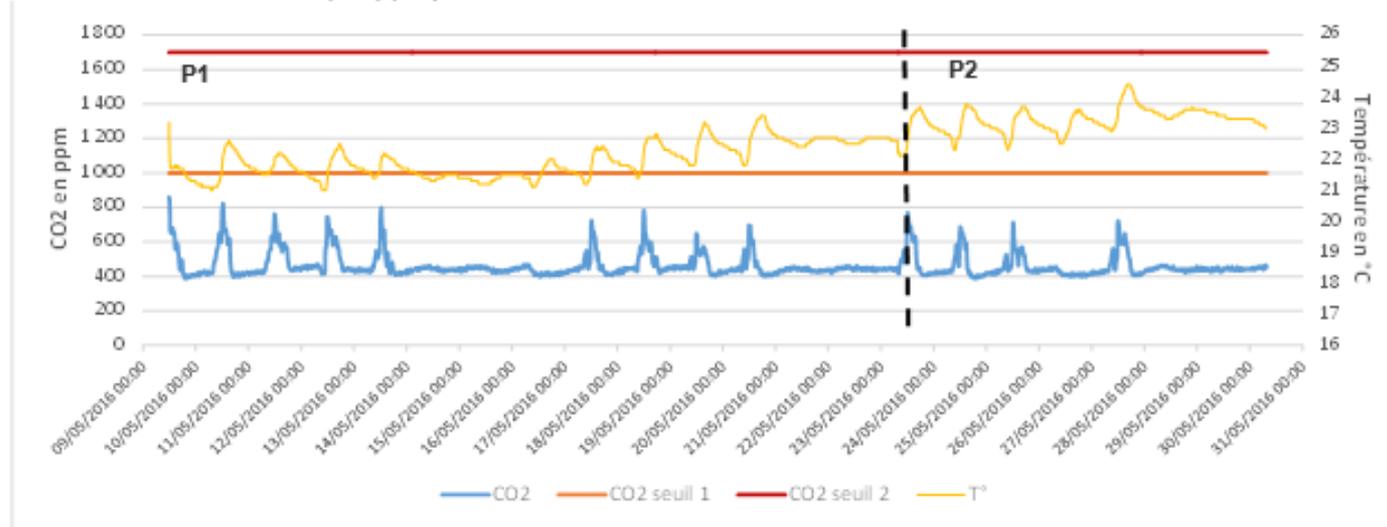
Vérifier le débit d'air neuf soufflé dans le local turquoise afin de le comparer au débit minimum à respecter en fonction du taux d'occupation (18 m<sup>3</sup>/h et par occupant pour des dortoirs).

La pose d'un capteur de mesure en continu de CO<sub>2</sub> permettra de vérifier l'efficacité des réglages effectués.

Un monitoring en continu sur d'autres polluants (Composés Organiques Volatils, particules) renseignera sur l'impact de la ventilation (enrichissement éventuel en période d'arrêt de la ventilation).

# Crèche avec ventilation double flux

Concentrations en CO<sub>2</sub> (en ppm)



Valeur seuil recommandée par le Code du Travail : 1 000 ppm

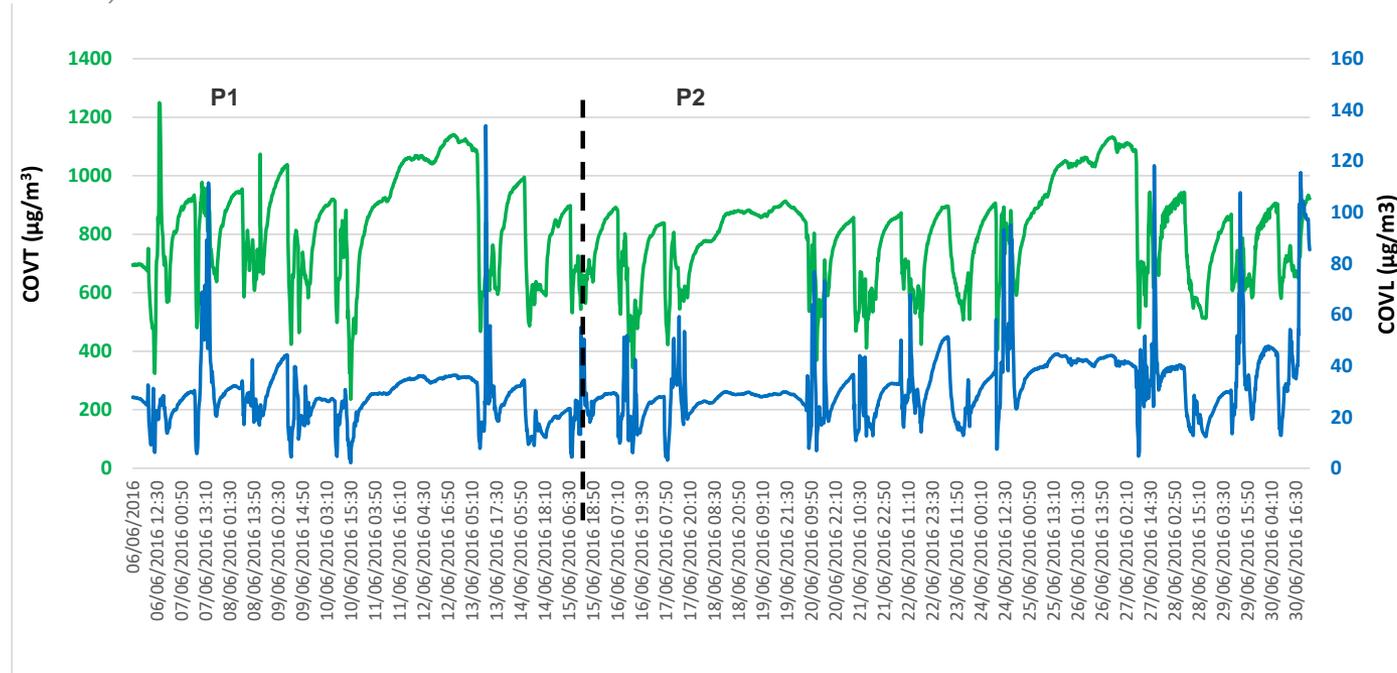
Semaine	Indice de confinement	Valeur minimale	Valeur maximale	Valeur moyenne
P1	0	413	860	585
P2	0	431	724	563



Un renouvellement suffisant proportionnellement au nombre d'occupants

# Crèche avec ventilation double flux

Concentrations en COV Légers (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  équivalent formaldéhyde) et en COV Totaux (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  équivalent toluène)



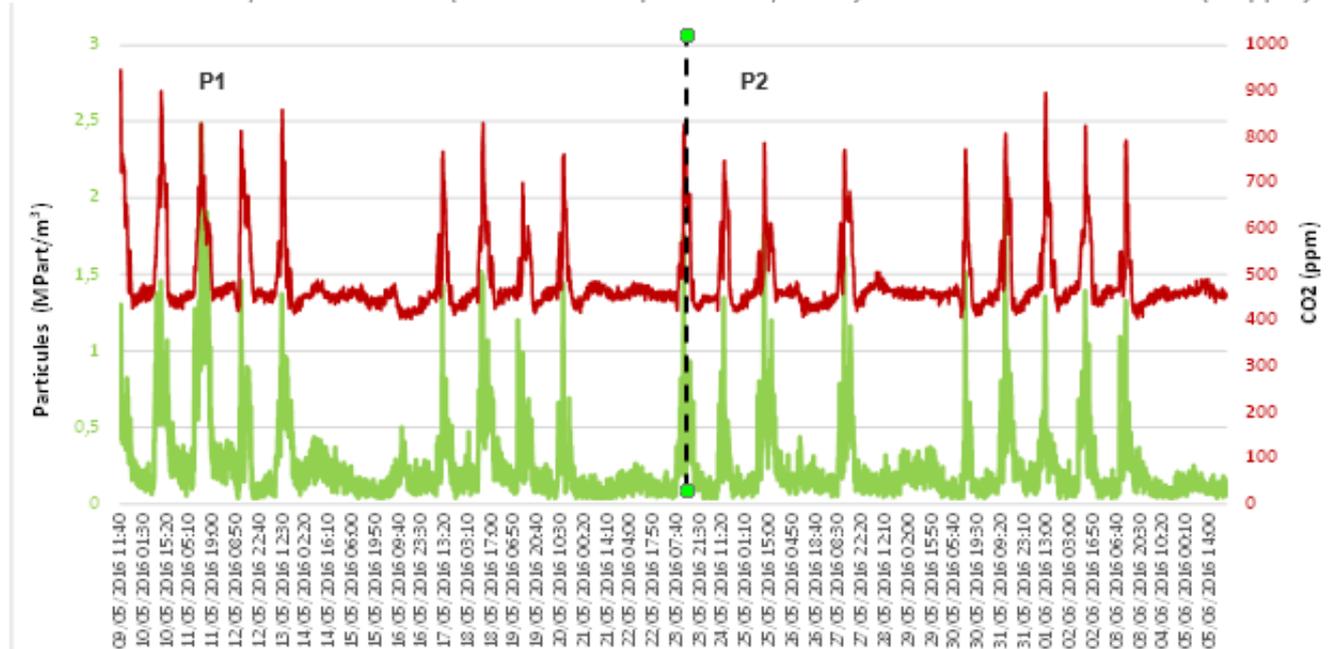
Semaine	COVL			COVT		
	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy
P1	2	134	28	236	1 250	698
P2	5	208	32	311	945	594



Apport d'air neuf mécanique : dilution des sources des polluants intérieurs

# Crèche avec ventilation double flux

Concentrations en particules fines (en millions de particules par m<sup>3</sup>) et concentrations en CO<sub>2</sub> (en ppm)



Période	PM1		
	Min	Max	Moy
P1	0	2	1
P2	0	2	1



Une concentration particulaire en partie liée à l'activité humaine

# Crèche avec ventilation double flux : une qualité de l'air maîtrisée

## CO<sub>2</sub>

- Apport d'air neuf suffisant proportionnellement au nombre d'occupants
- Capteurs CO<sub>2</sub> à LED absence d'impact sur la qualité de l'air (voyant au vert sur l'ensemble des périodes)

## COV totaux et légers

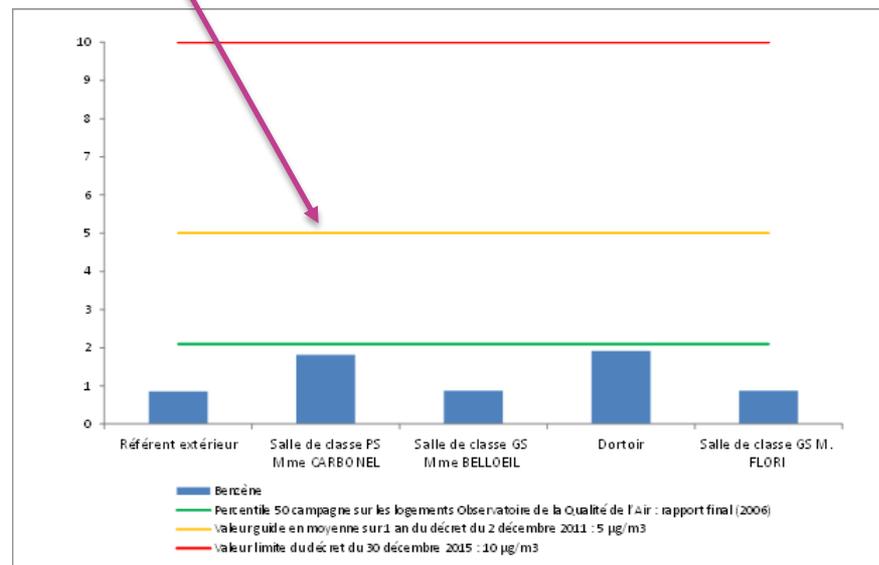
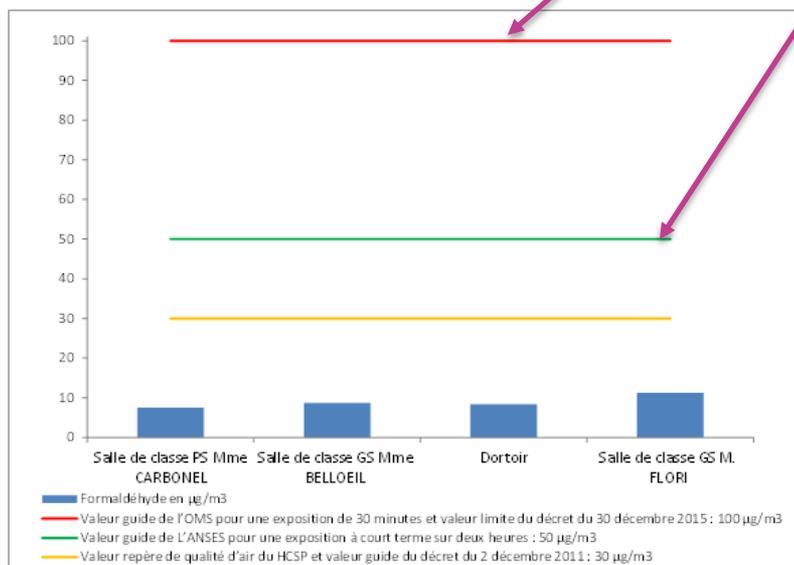
- Pics ponctuels liés aux périodes de nettoyage
- Estimation du bruit de fond en COV lié aux matériaux et mobiliers

## Particules

- Variation de la concentration particulaire est liée à l'activité humaine (corrélation avec le CO<sub>2</sub>)

# Ecole maternelle en ventilation naturelle

## Valeurs guides et valeurs seuils



Pièce instrumentée	Indice de confinement	Interprétation
Salle de classe PS	2	Confinement moyen
Salle de classe GS	2	Confinement moyen
Dortoir	4	Confinement très élevé
Salle de classe GS	3	Confinement élevé

# Ecole maternelle

Formaldéhyde	Benzène	Confinement
		

## Préconisations

Les concentrations en CO<sub>2</sub> enregistrées en période d'occupation sont élevées et mettent en évidence un renouvellement d'air globalement insuffisant dans les 4 locaux.

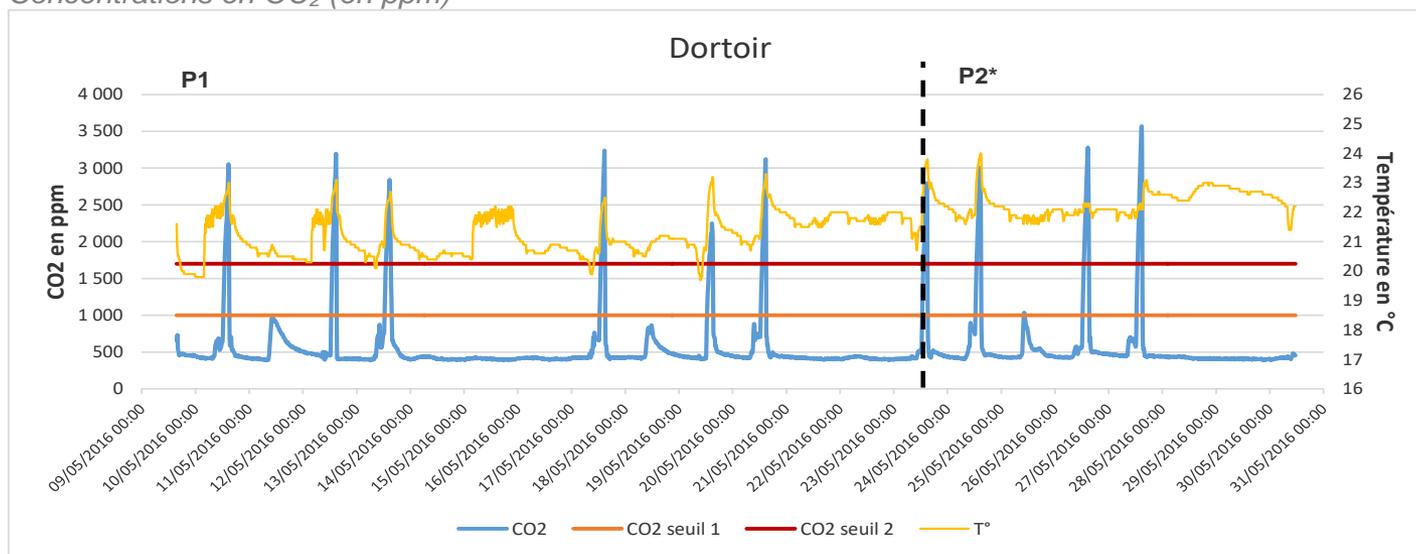
**Il est souhaitable d'améliorer les conditions d'aération des locaux par l'ouverture régulière des portes et fenêtres durant les périodes d'occupation, afin d'assurer un renouvellement d'air satisfaisant.**

La pose de capteurs de mesure en continu de CO<sub>2</sub> munis d'un système de signalisation lumineuse (LED) permettra d'adopter les bonnes pratiques en matière d'aération des locaux, en alertant les occupants lorsque les concentrations en CO<sub>2</sub> ne sont pas satisfaisantes.

Un monitoring en continu de la qualité d'air pendant cette période permettra d'évaluer l'impact des bonnes pratiques en matière de renouvellement d'air sur l'accumulation des autres polluants (Composés Organiques Volatils, particules), ainsi que l'impact des différentes activités scolaires sur la qualité d'air intérieur (collage, peinture, etc.).

# Ecole maternelle :dortoir

Concentrations en CO<sub>2</sub> (en ppm)



\* les fenêtres ne sont pas ouvertes pendant la sieste

Période	Indice de confinement	Valeur minimale	Valeur maximale	Valeur moyenne
P1	3	409	3 239	1 555
P2	4	487	3 569	1 739

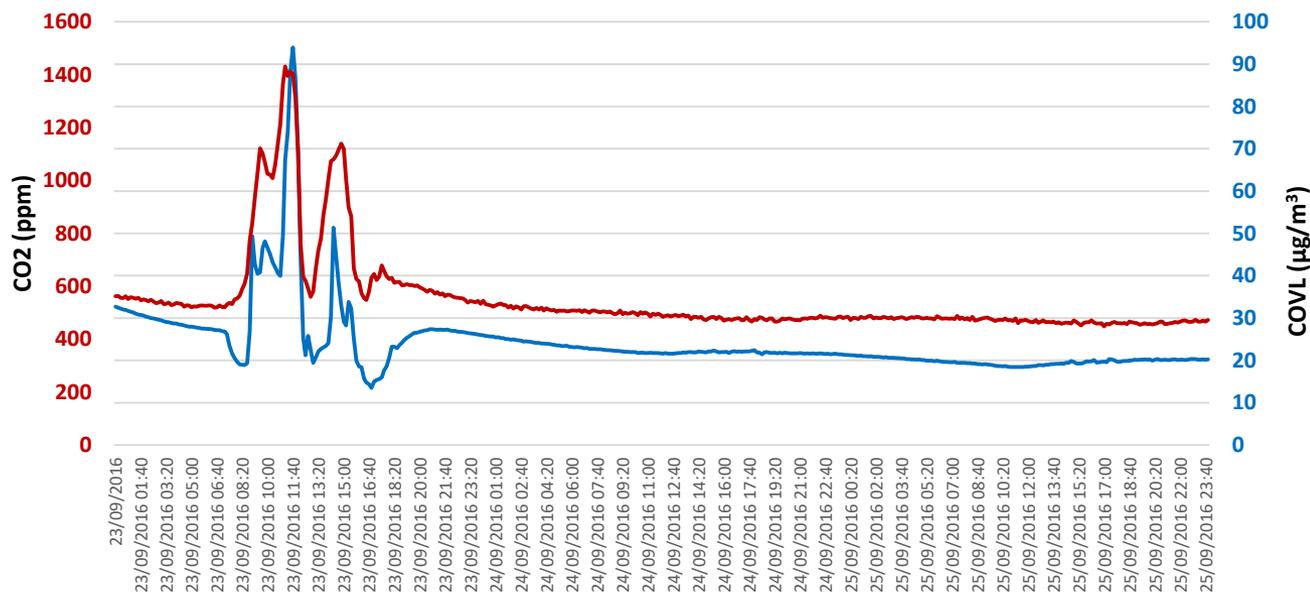


La mise en place de capteurs lumineux ne permet pas dans tous les cas d'améliorer le renouvellement de l'air

# Ecole maternelle

## Concentrations en COV légers et CO<sub>2</sub>

CO<sub>2</sub> / COVL

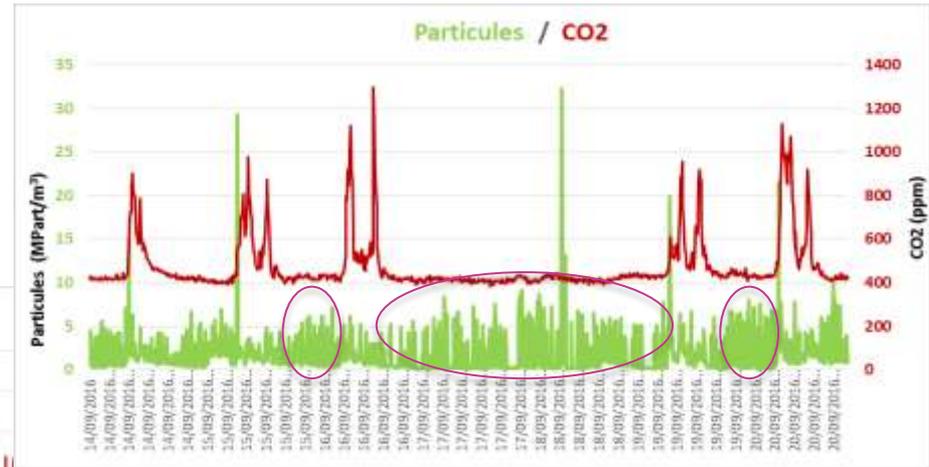
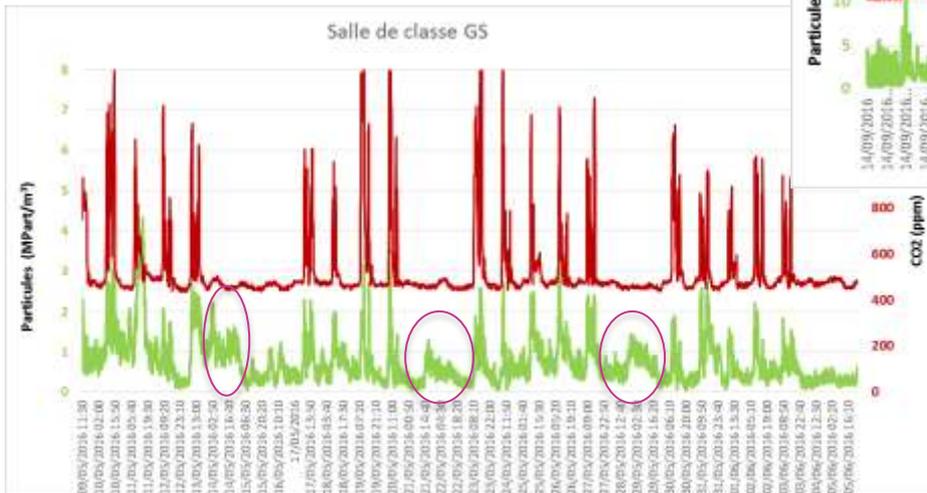


Pics ponctuels liés à la fois à l'activité humaine dans les locaux (peinture, coloriage, etc.), émettrice de polluants de type COV légers, mais aussi aux opérations de nettoyage, émettrices de COV plus volatils de type alcools



# Ecole maternelle : ventilation naturelle

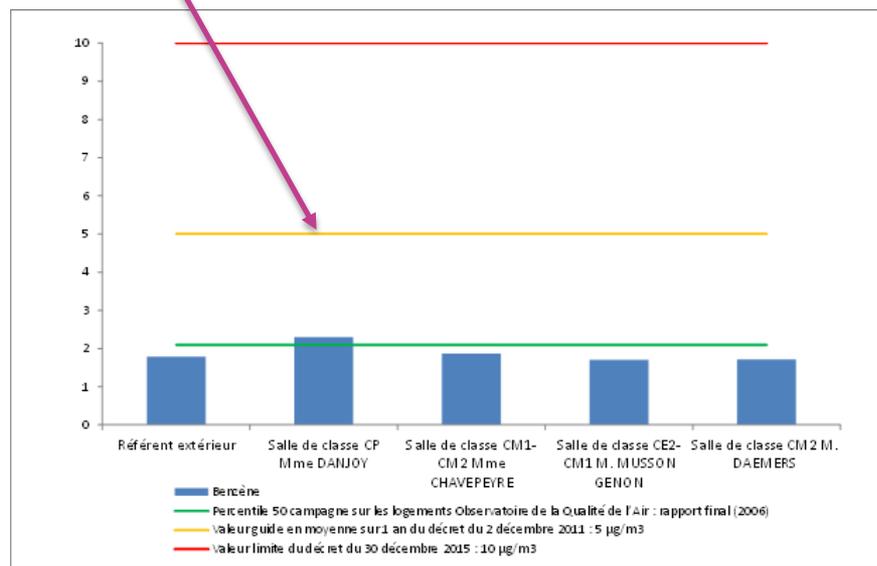
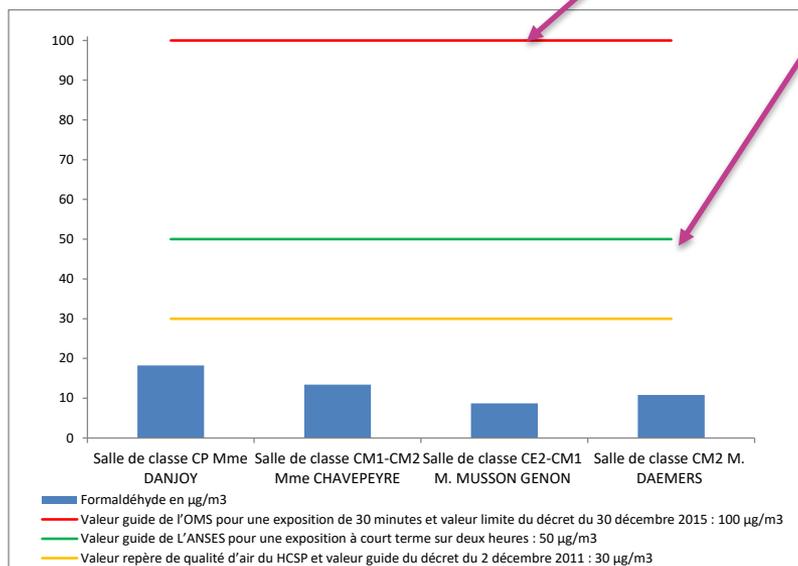
## Concentrations particulaires



Variation des concentrations particulaires même hors activité humaine :  
concentration particulaire liée à l'activité humaine et à la pollution atmosphérique

# Ecole primaire ventilation naturelle

## Valeurs guides et valeurs seuils



### Pièce instrumentée

Salle de classe

### Indice de confinement

3

### Interprétation

Confinement élevé

Salle de classe CM1-CM2

3

Confinement élevé

Salle de classe CE2-CM1

3

Confinement élevé

Salle de classe CM2 M.

3

Confinement élevé

Formaldéhyde



Benzène



Confinement



## Préconisations

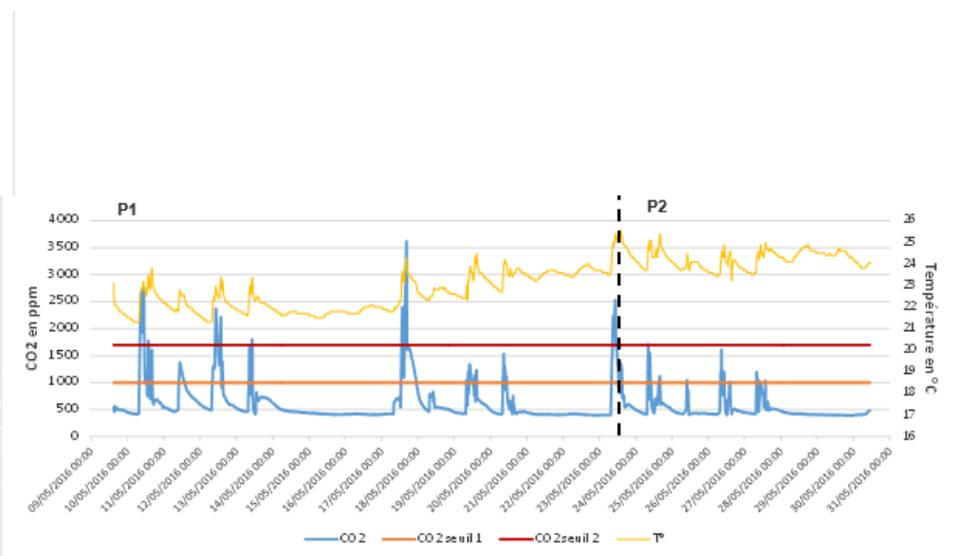
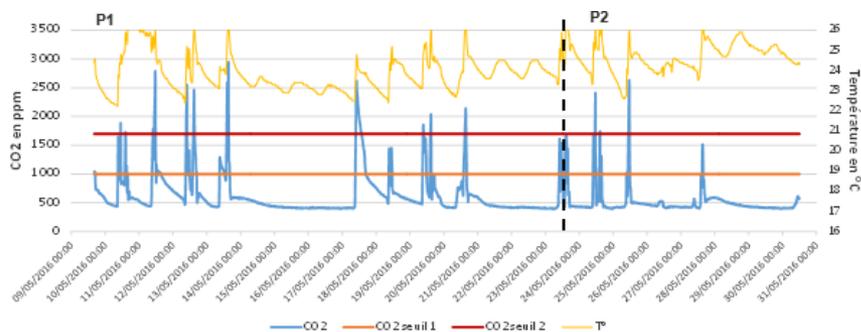
Les concentrations en CO<sub>2</sub> enregistrées en période d'occupation sont élevées et mettent en évidence un renouvellement d'air globalement insuffisant dans les 4 locaux.

**Il est souhaitable d'améliorer les conditions d'aération des locaux par l'ouverture régulière des portes et fenêtres durant les périodes d'occupation, afin d'assurer un renouvellement d'air satisfaisant.**

**La pose de capteurs de mesure en continu de CO<sub>2</sub> munis d'un système de signalisation lumineuse (LED) permettra d'adopter les bonnes pratiques en matière d'aération des locaux, en alertant les occupants lorsque les concentrations en CO<sub>2</sub> ne sont pas satisfaisantes.**

# Ecole primaire

## Concentrations en CO<sub>2</sub> (en ppm)



Période	Indice de confinement	Valeur minimale	Valeur maximale	Valeur moyenne
sans led	2	403	2 920	1 100
avec led	1	400	2 618	779

Période	Indice de confinement	Valeur minimale	Valeur maximale	Valeur moyenne
P1	2	419	3 620	1 080
P2	1	404	1 712	716



Sensibilisation des occupants à l'aide de capteurs CO<sub>2</sub> lumineux pour l'ouverture régulière : impact sur l'indice de confinement.

A confirmer en période de chauffe avec des températures extérieures plus basses



# L'efficacité d'une information sur le niveau de confinement

## CO<sub>2</sub>

- Apport d'air neuf insuffisant proportionnellement au nombre d'occupants
- Capteurs CO<sub>2</sub> à LED impact à confirmer en période de chauffe

## COV totaux et légers

- Pics ponctuels liés aux périodes de nettoyage
- Estimation du bruit de fond en COV lié aux matériaux et mobiliers

## Particules

- Variation de la concentration particulaire est liée à l'activité humaine ainsi qu'à la pollution extérieur

# *Immeuble de bureaux*

# Code du Travail

**Article R. 422-1 à 6 :** « Dans les locaux fermés où le personnel est appelé à séjourner, l'air doit être renouvelé de façon à :

- Maintenir un état de pureté de l'atmosphère propre à préserver la santé des travailleurs ;
- Éviter les élévations exagérées de température, les odeurs désagréables et les condensations. »

Désignation des locaux	Débit minimal d'air neuf par occupant en m <sup>3</sup> par heure
Bureaux, locaux sans travail physique	25
Locaux de restauration, de vente, de réunion	30
Ateliers et locaux avec travail physique léger	45
Autres ateliers et locaux	60

# Immeuble de bureaux

Formaldéhyde	Benzène	Confinement
●	●	●

**L'audit mené sur l'immeuble de bureau démontre que les installations de traitement d'air délivrent globalement un air de bonne qualité.**

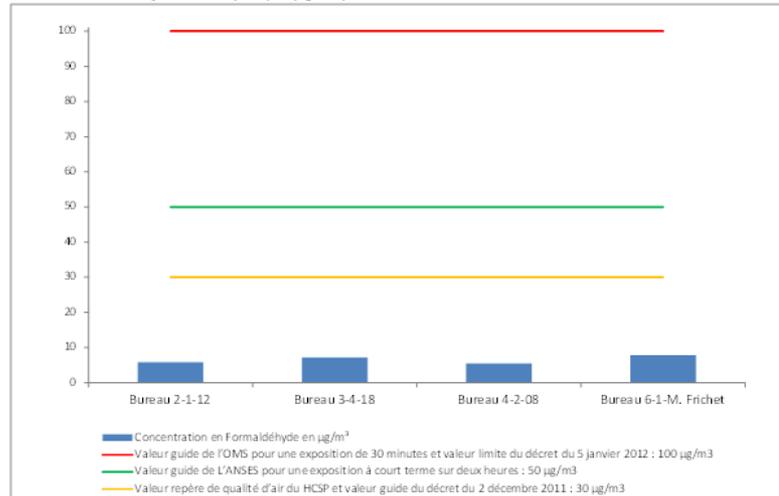
Les paramètres contrôlés au niveau des centrales de traitement de l'air et de différents locaux (soufflage et ambiance) sont dans l'ensemble satisfaisants.

**Toutefois, les mesures mettent en évidence des concentrations en flore fongique et bactérienne élevées dans certains locaux, et un confinement dans un bureau.**

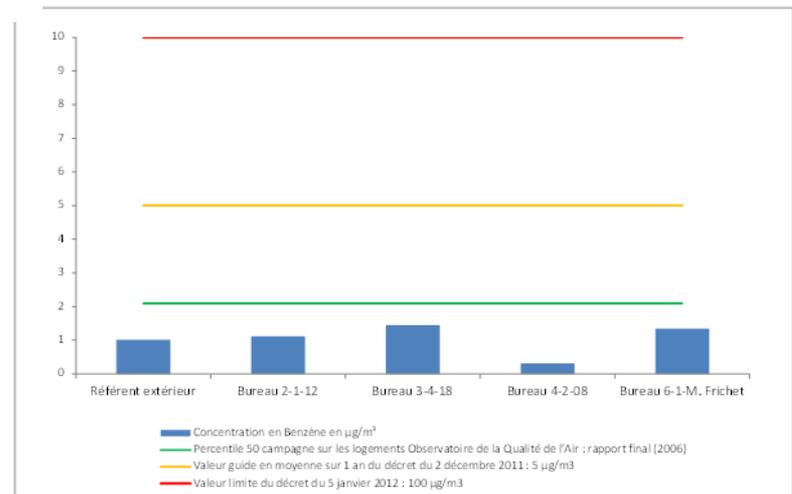
**Par ailleurs, les rendements de filtration calculés au niveau des centrales de traitement d'air sont médiocres.**

# Immeuble de bureaux

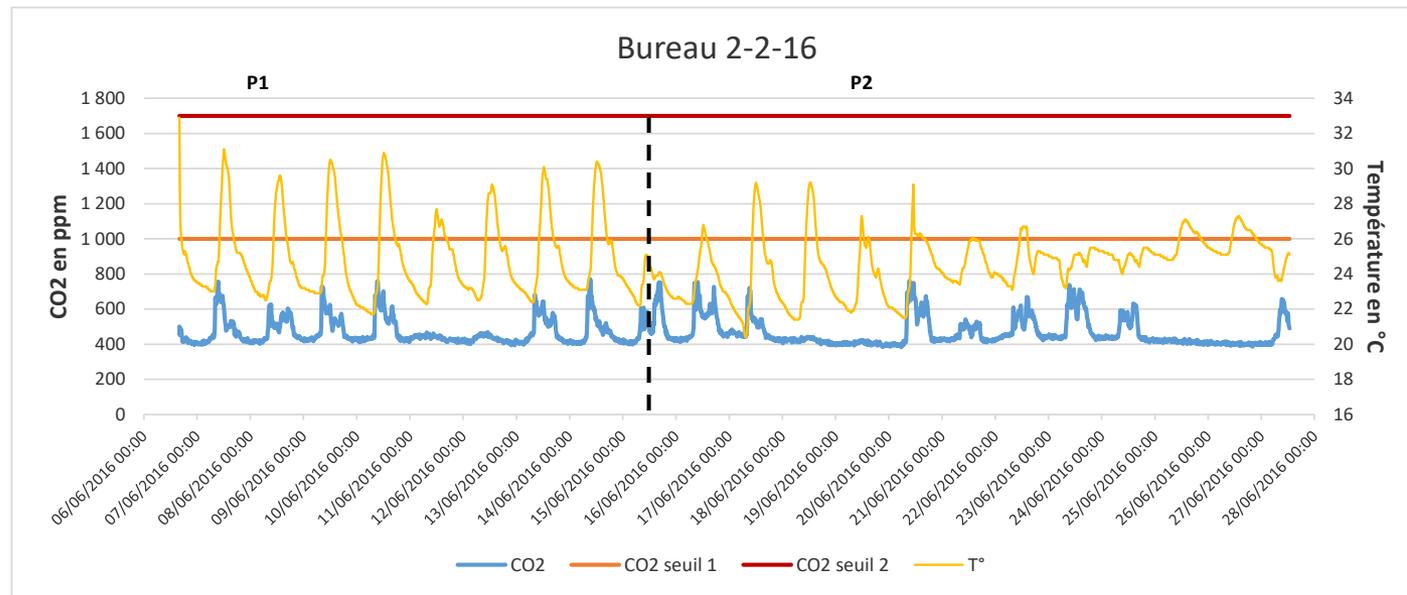
Concentrations en formaldéhyde (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



Concentrations en benzène (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



# Immeuble de bureaux

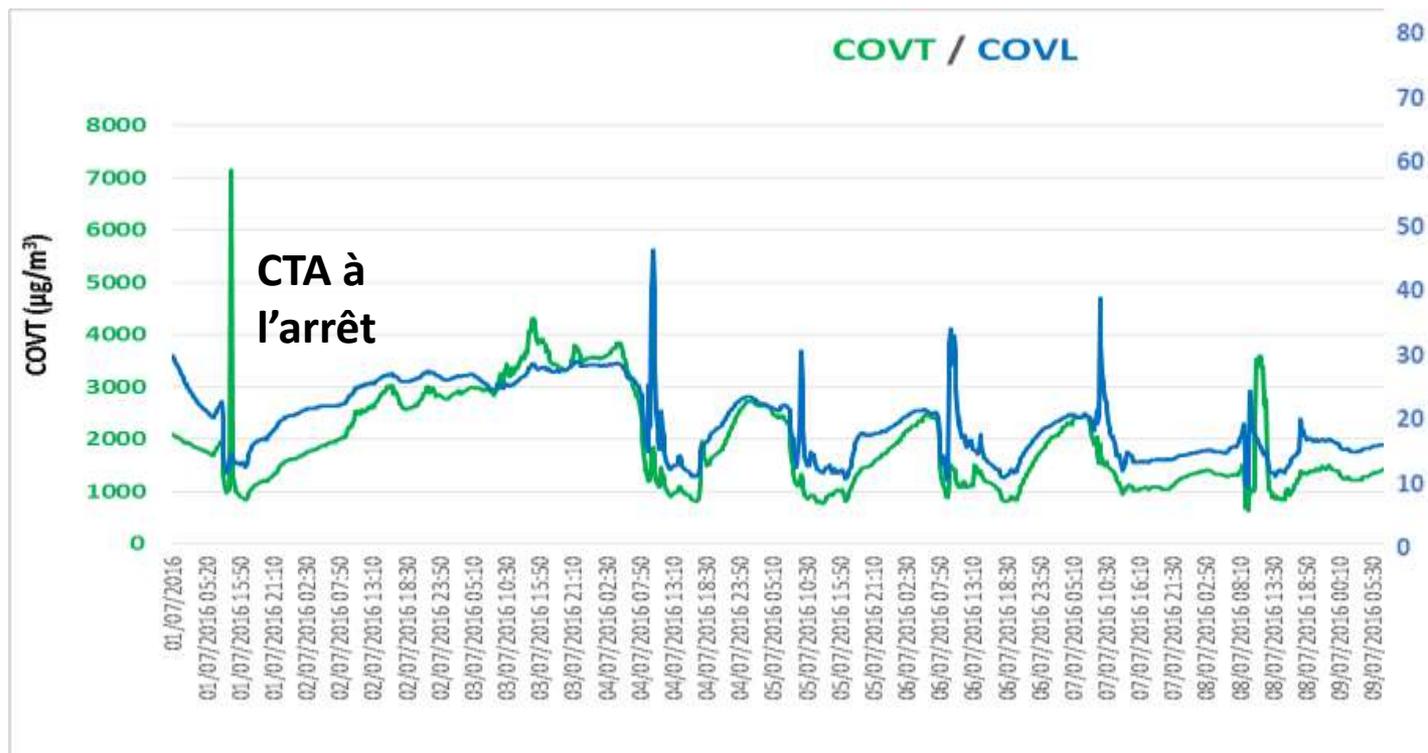


Période	Valeur minimale	Valeur maximale	Valeur moyenne
P1	452	769	560
P2	435	760	578



Un renouvellement suffisant proportionnellement au nombre d'occupants

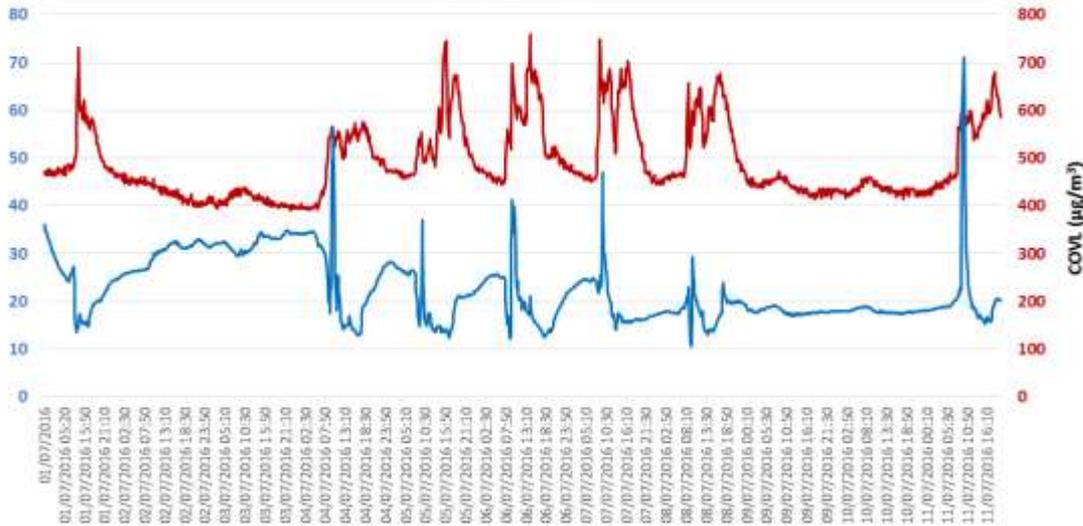
# Immeuble de bureaux ventilation double flux



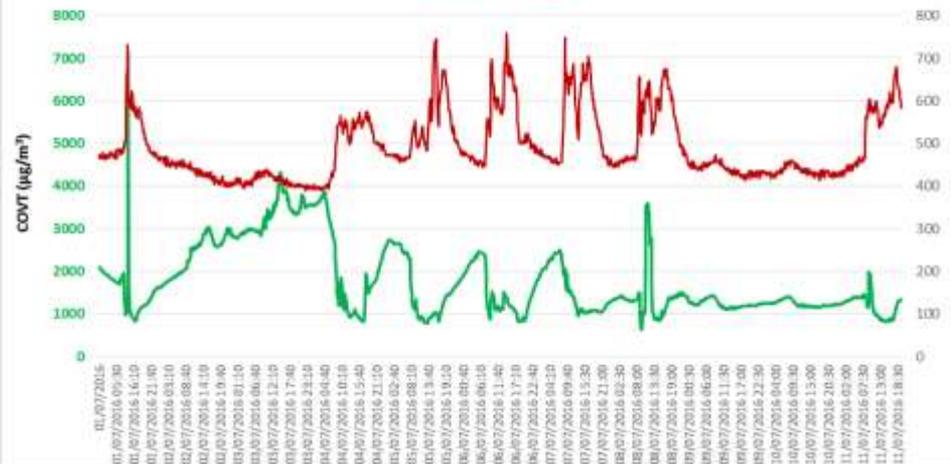
Identifier la part d'émission des COV liée au bâti et à l'activité humaine  
Evaluer l'exposition réelle du personnel

# Immeuble de bureaux ventilation double flux

CO2 / COVL

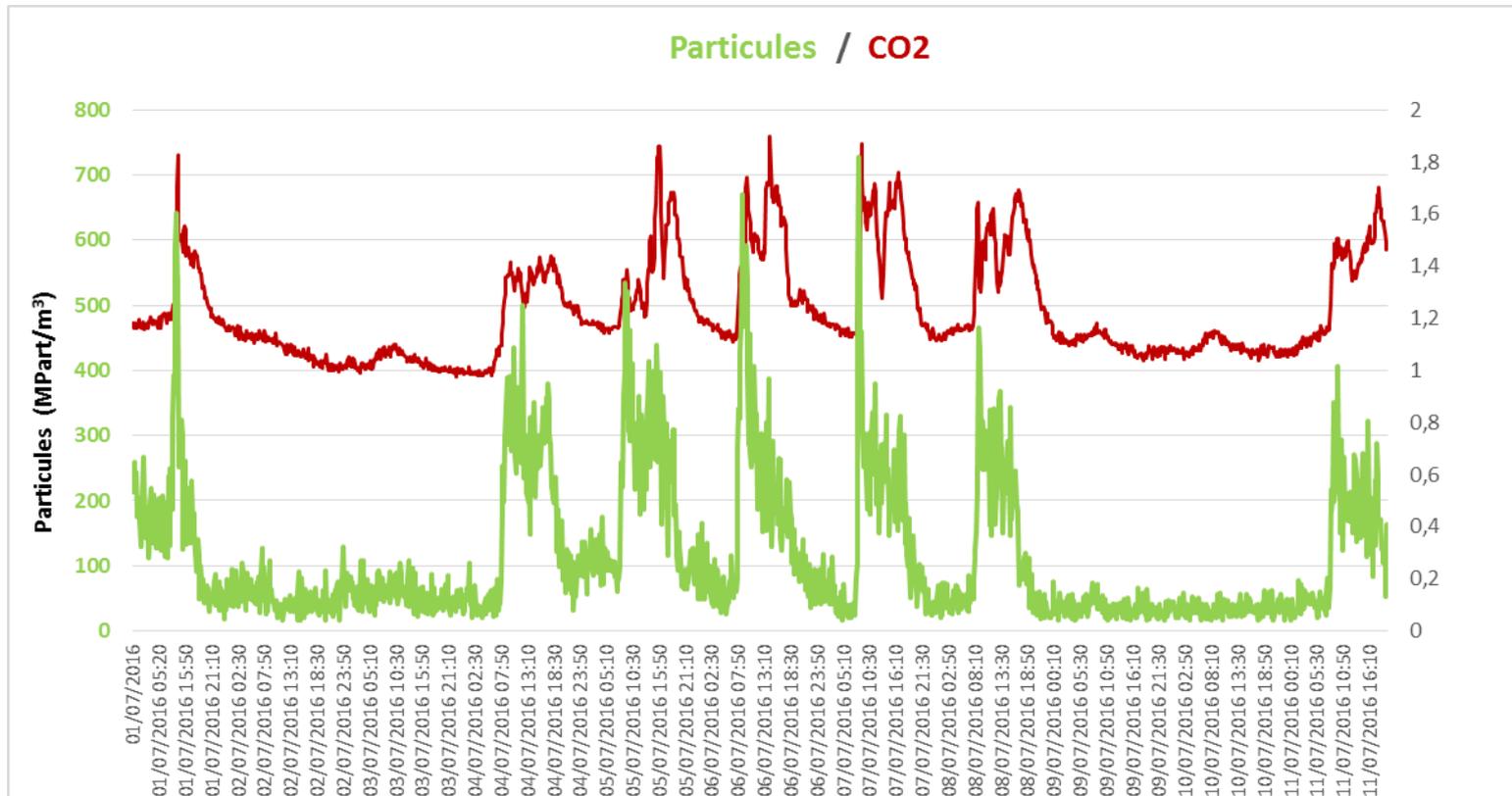


COVL / CO2



La ventilation permet la dilution des polluants intérieurs

# Immeuble de bureaux ventilation double flux



**Etanchéité du bâtiment**  
**Filtration perfectible**

# Immeuble de bureaux : ventilation double flux

## CO<sub>2</sub>

- Apport d'air neuf suffisant proportionnellement au nombre d'occupants
- Capteurs CO<sub>2</sub> à LED absence d'impact sur la qualité de l'air (voyant au vert sur l'emble des périodes)

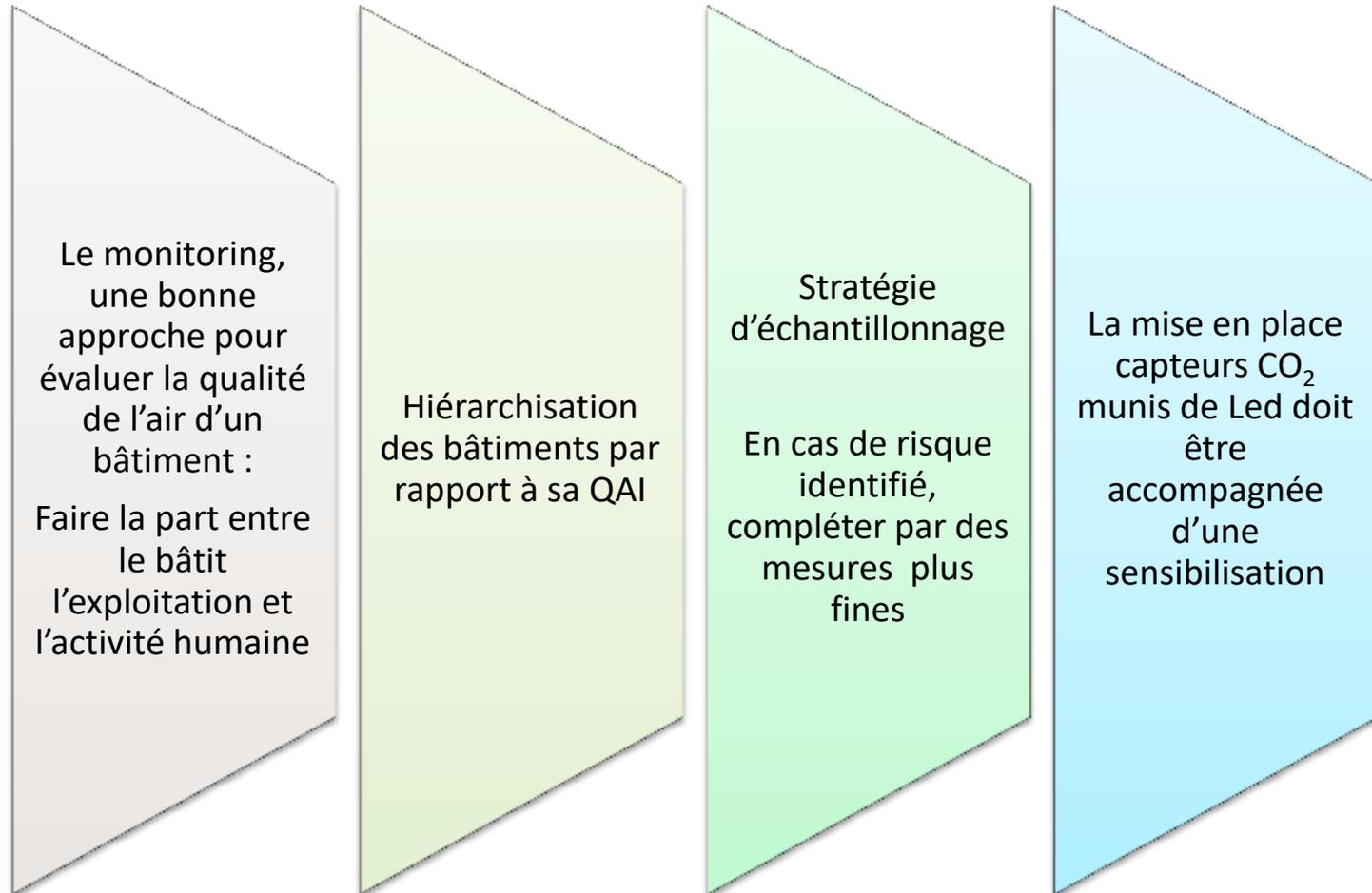
## COV totaux et légers

- Enrichissement en COV à l'arrêt des CTA
- Estimation du bruit de fond en COV lié aux **matériaux et mobiliers**
- Evaluation de **l'exposition** réelle des occupants

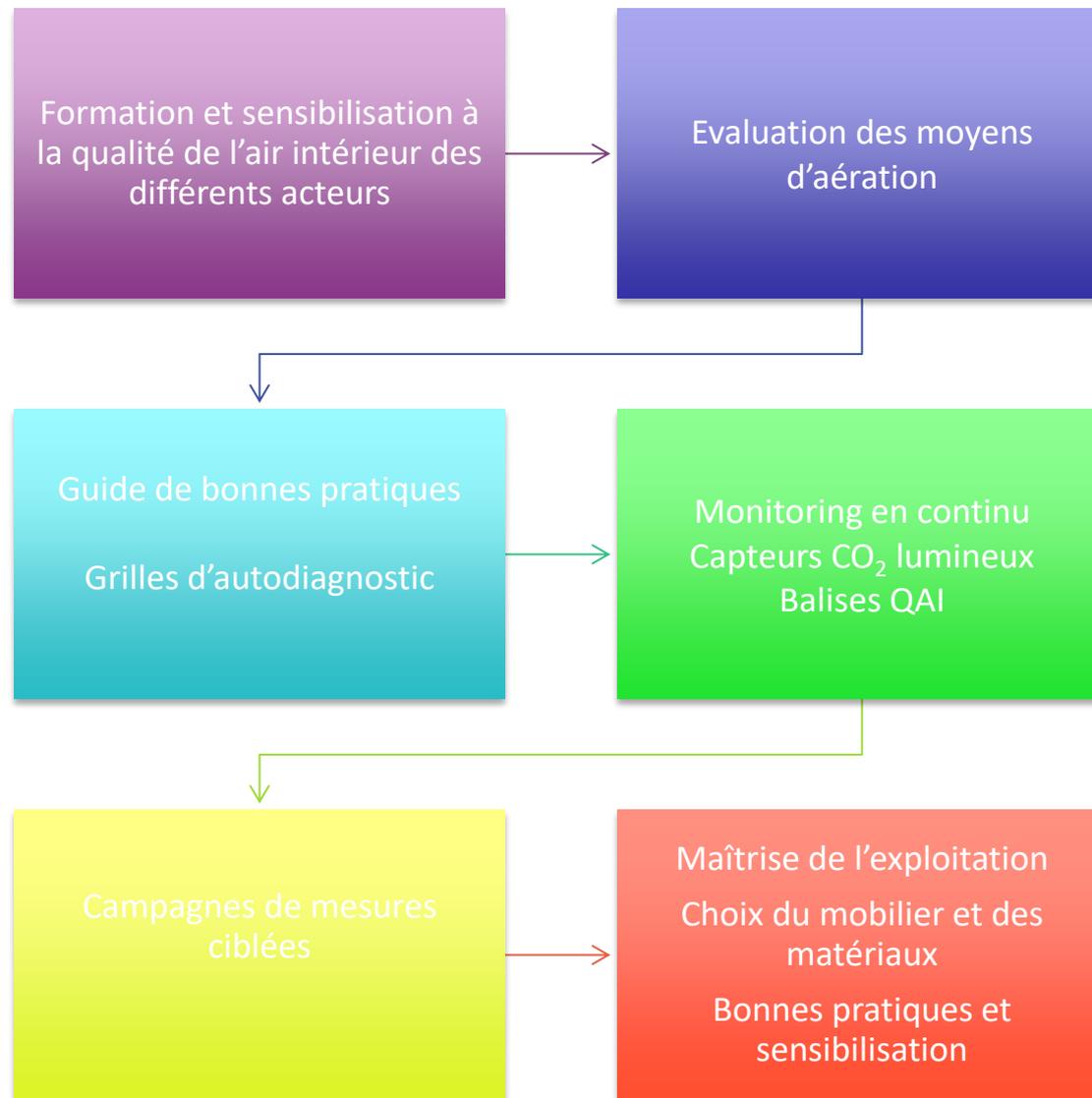
## Particules

- Variation de la concentration particulaire est liée à l'activité humaine (corrélation avec le CO<sub>2</sub>).
- Maitrise de la concentration particulaire par la filtration et le renouvellement de l'air

# Bilan et perspectives



# Bilan et perspectives



**Impliquer**

**Connaître**

**Anticiper**