



OFIS

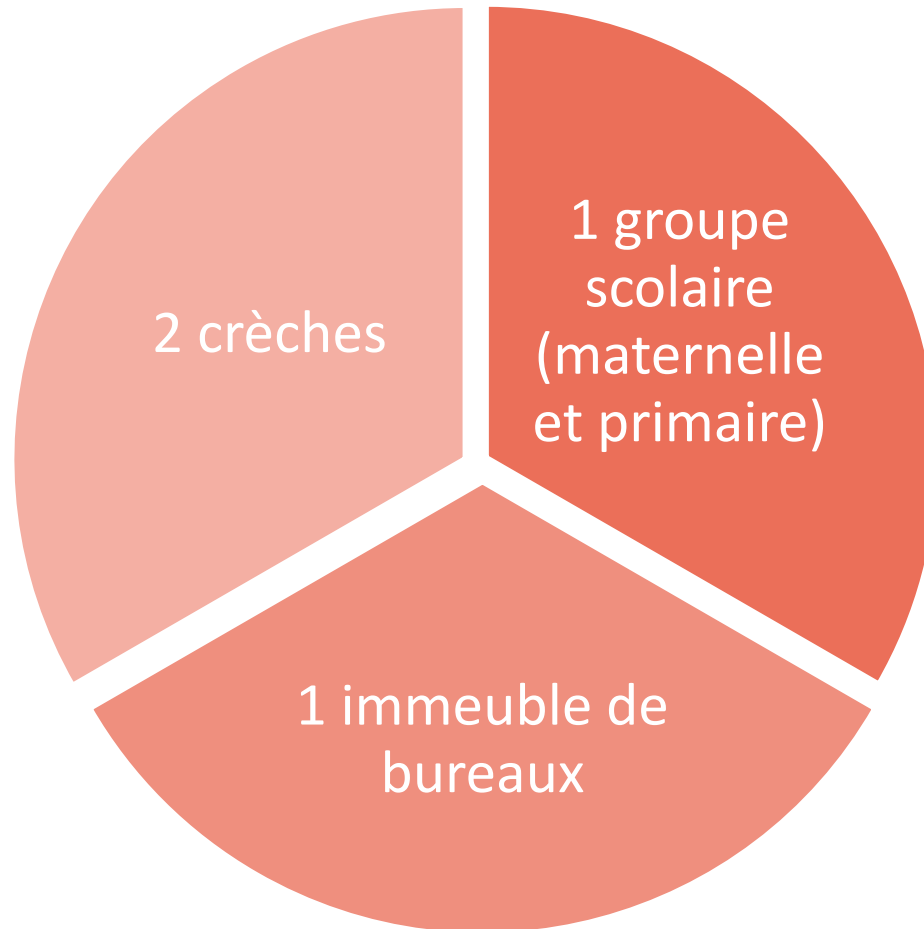
*Solutions innovantes de
gestion de la qualité de
l'air dans les
établissements recevant du
public*

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+

CO₂



EcoLogicSense

Particules
(PM_{2,5} et
PM₁₀)



Azimut Fireflies

Température
Hygrométrie
CO₂
COV Totaux
COV Légers
Particules
(PM₁)

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** (CO₂, 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 CO₂** (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 |

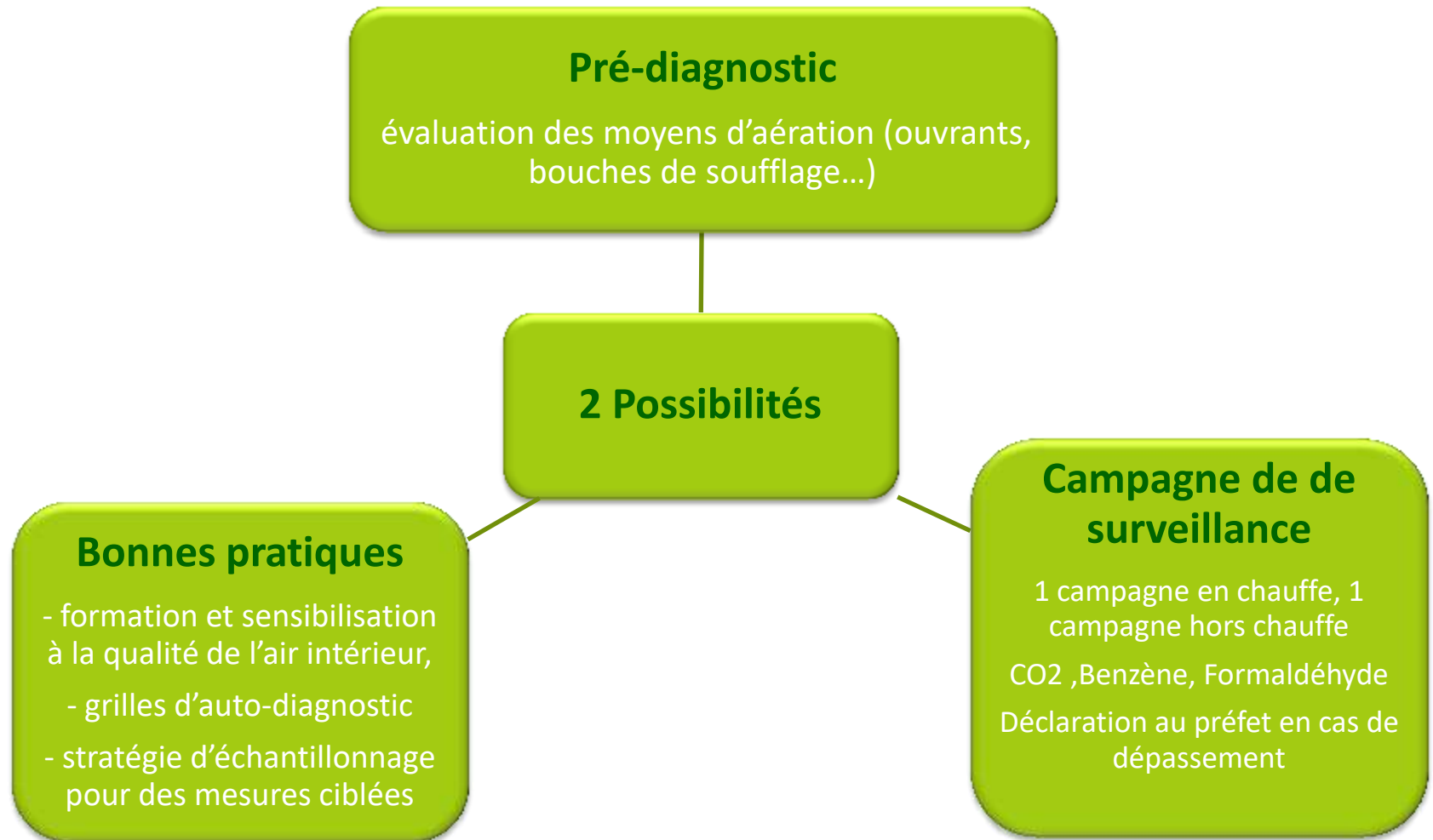
Périodes de surveillance

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



Les crèches et les écoles

Obligations réglementaires – Les ERP



Surveillance obligatoire de certains ERP à partir de 2018

Confinement

- Indice pour le CO₂ (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 ³ |
| Benzène | > 10 µg/m ³ |
| CO ₂ | 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

Date : _____

Nom de l'établissement : _____

Adresse : _____

Personne remplissant la grille : Nom : _____ Prénom : _____ N°/Prénom de salle : _____

Équipements

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

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, Öko-tex).
- Ne pas utiliser de bougies ou faire brûler de l'encens.
- Limiter le recours à des produits d'ac, des lames abrasifs, des dissolvants.

Bonne pratique respectée ?

| | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|----|
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 50 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |

Bonne pratique respectée ?

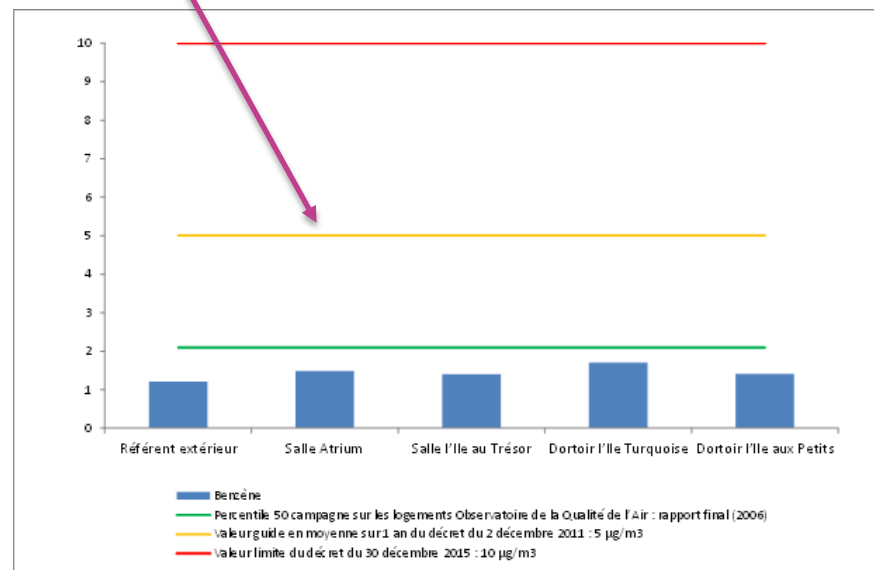
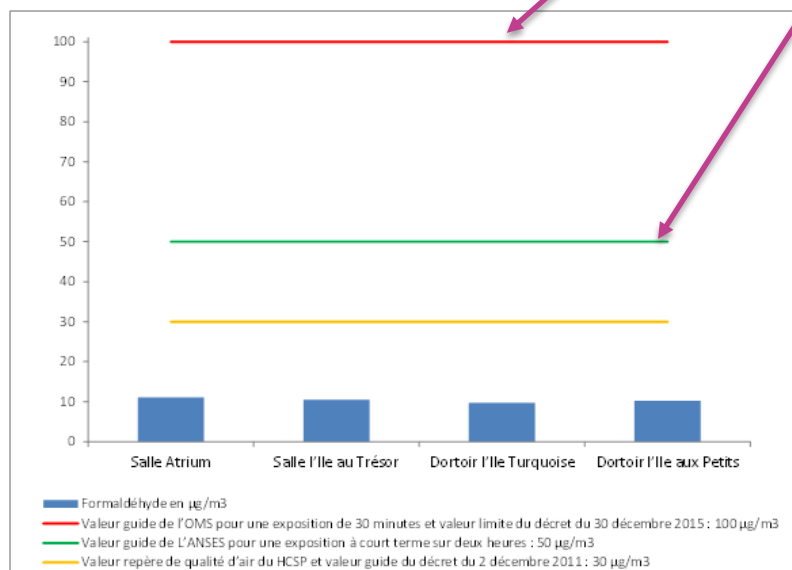
| | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|----|
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 50 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |



| | | 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

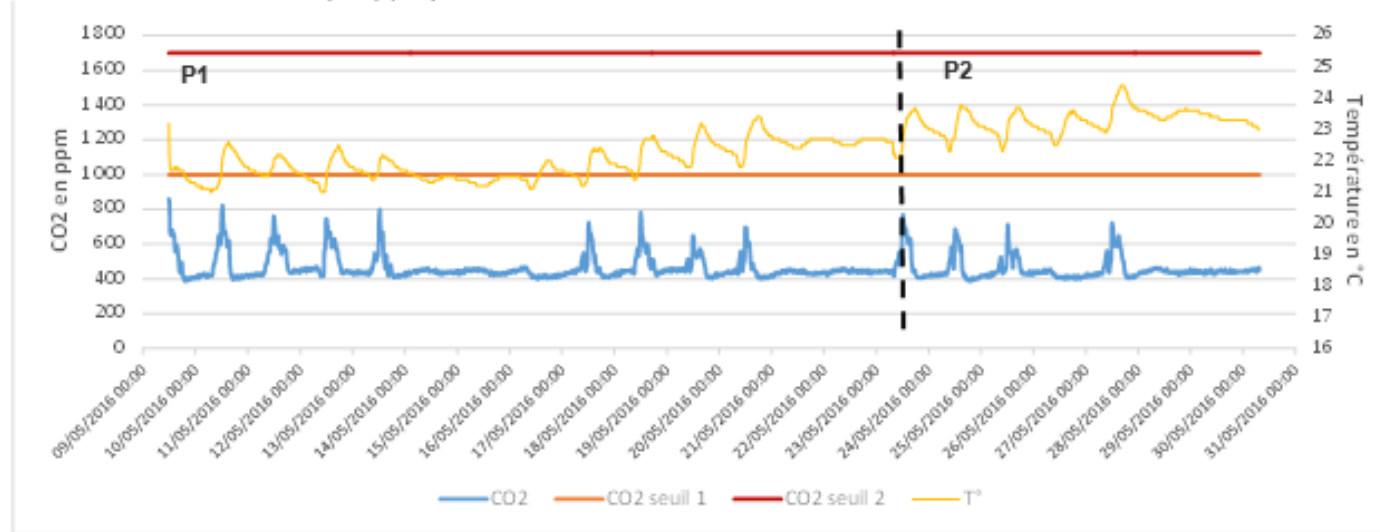
Vérifier le débit d'air neuf soufflé dans le local turquoise afin de le comparer au débit minimum à respecter en fonction du taux d'occupation (18 m³/h et par occupant pour des dortoirs).

La pose d'un capteur de mesure en continu de CO₂ 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 CO₂ (en ppm)



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

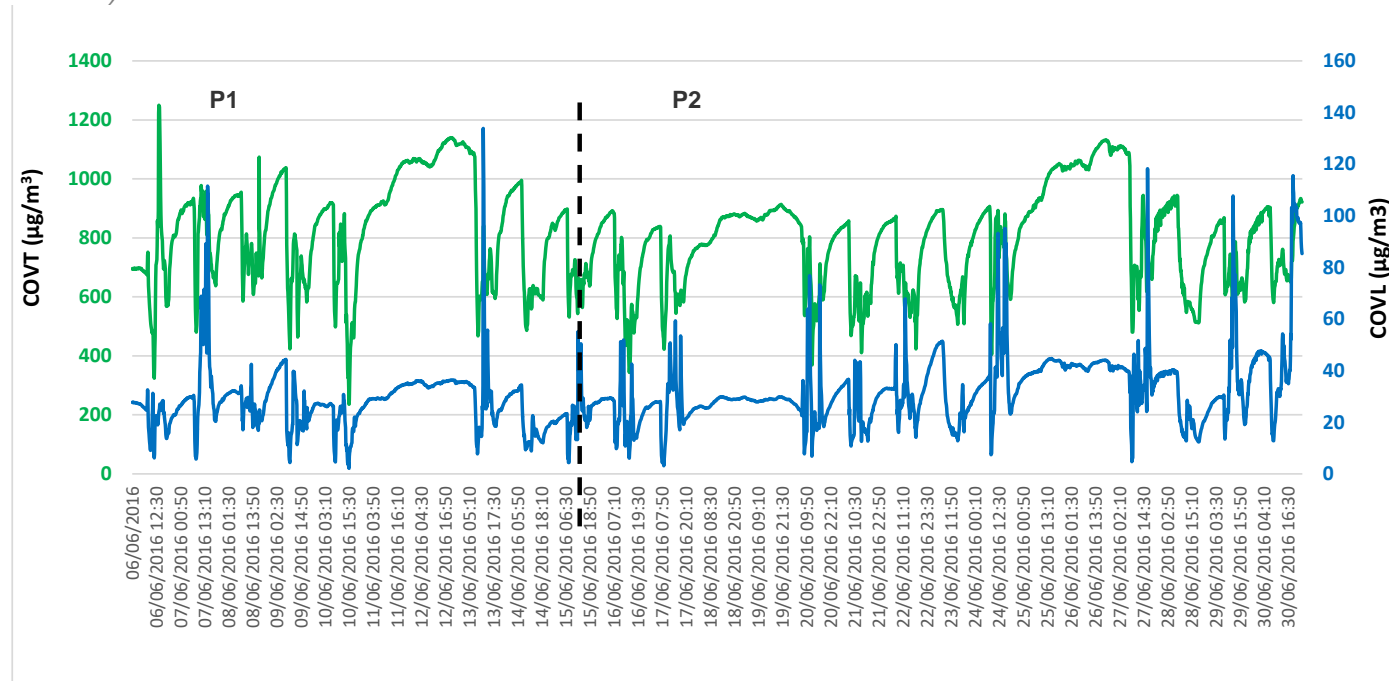
| Semaine | Indice de confinement | Valeur minimale | Valeur maximale | Valeur moyenne |
|---------|-----------------------|-----------------|-----------------|----------------|
| P1 | 0 | 413 | 860 | 585 |
| P2 | 0 | 431 | 724 | 563 |



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)



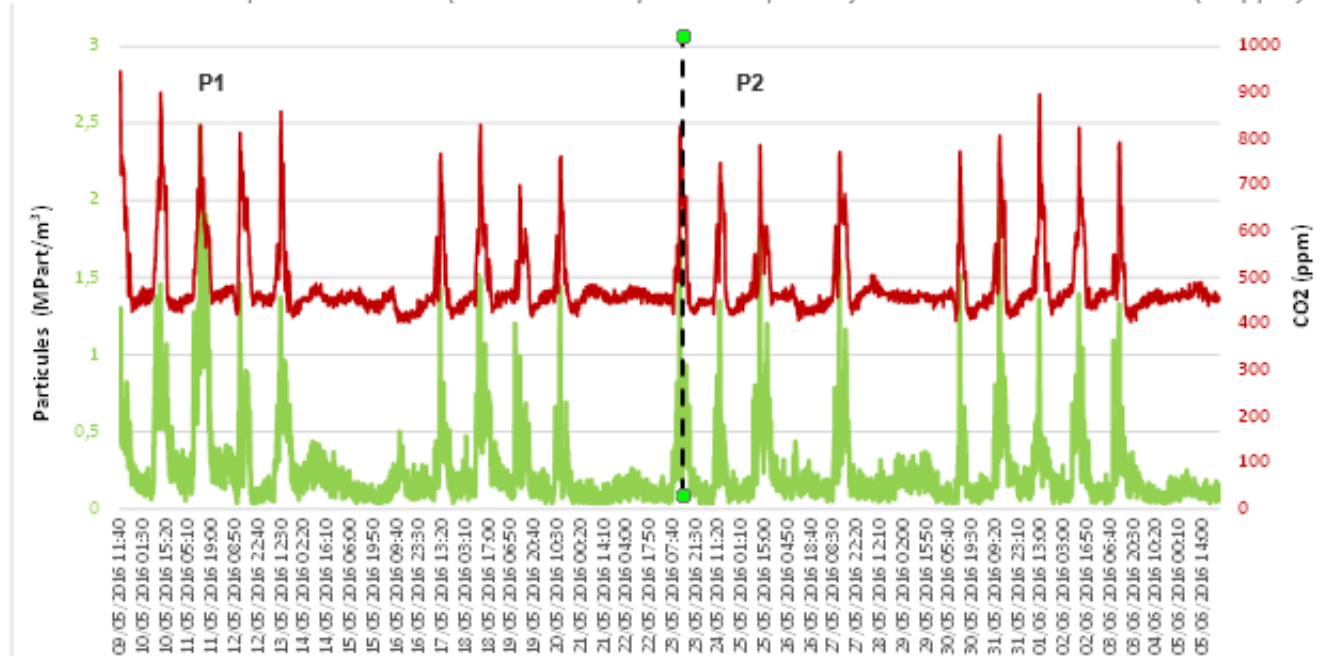
| Semaine | COVL | | | COVT | | |
|---------|------|-----|-----|------|-------|-----|
| | Min | Max | Moy | Min | Max | Moy |
| P1 | 2 | 134 | 28 | 236 | 1 250 | 698 |
| P2 | 5 | 208 | 32 | 311 | 945 | 594 |



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 m³) et concentrations en CO₂ (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

CO₂

- Apport d'air neuf suffisant proportionnellement au nombre d'occupants
- Capteurs CO₂ à LED absence d'impact sur la qualité de l'air (voyant au vert sur l'ensemble des périodes)

COV totaux et légers

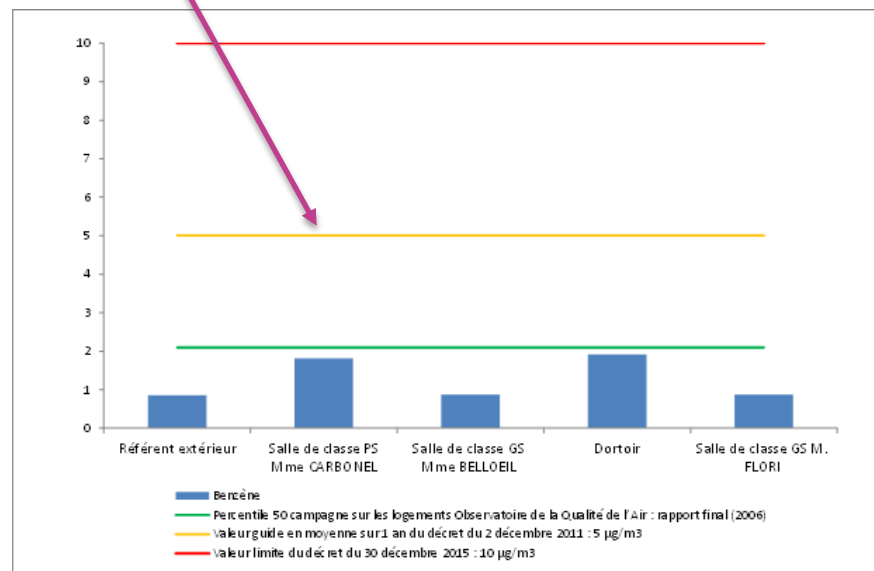
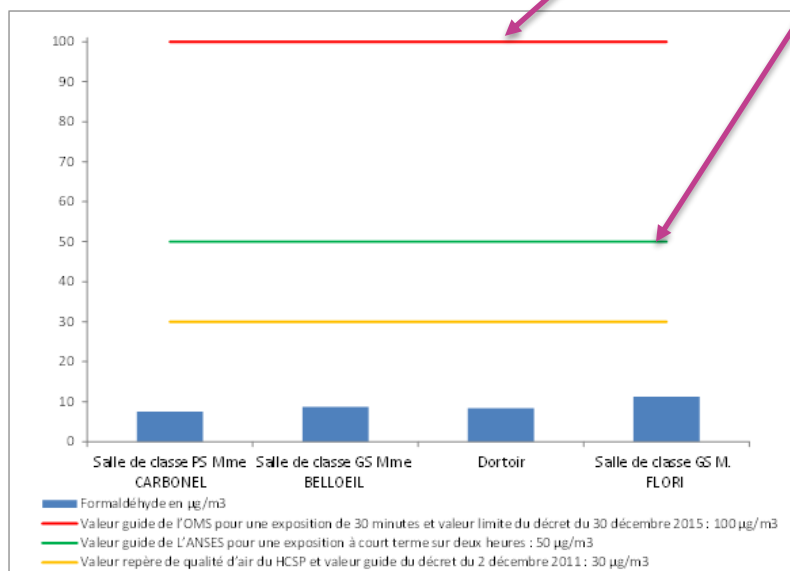
- Pics ponctuels liés aux périodes de nettoyage
- Estimation du bruit de fond en COV lié aux matériaux et mobiliers

Particules

- Variation de la concentration particulaire est liée à l'activité humaine (corrélation avec le CO₂)

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 CO₂ enregistrées en période d'occupation sont élevées et mettent en évidence un renouvellement d'air globalement insuffisant dans les 4 locaux.

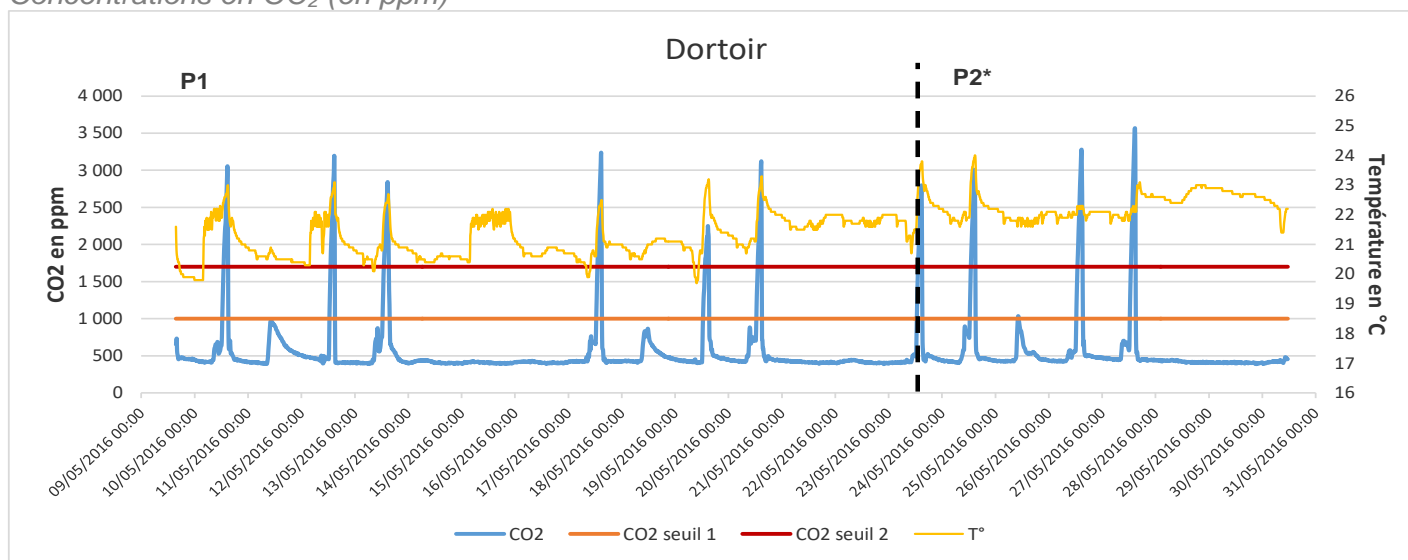
Il est souhaitable d'améliorer les conditions d'aération des locaux par l'ouverture régulière des portes et fenêtres durant les périodes d'occupation, afin d'assurer un renouvellement d'air satisfaisant.

La pose de capteurs de mesure en continu de CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ (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 |

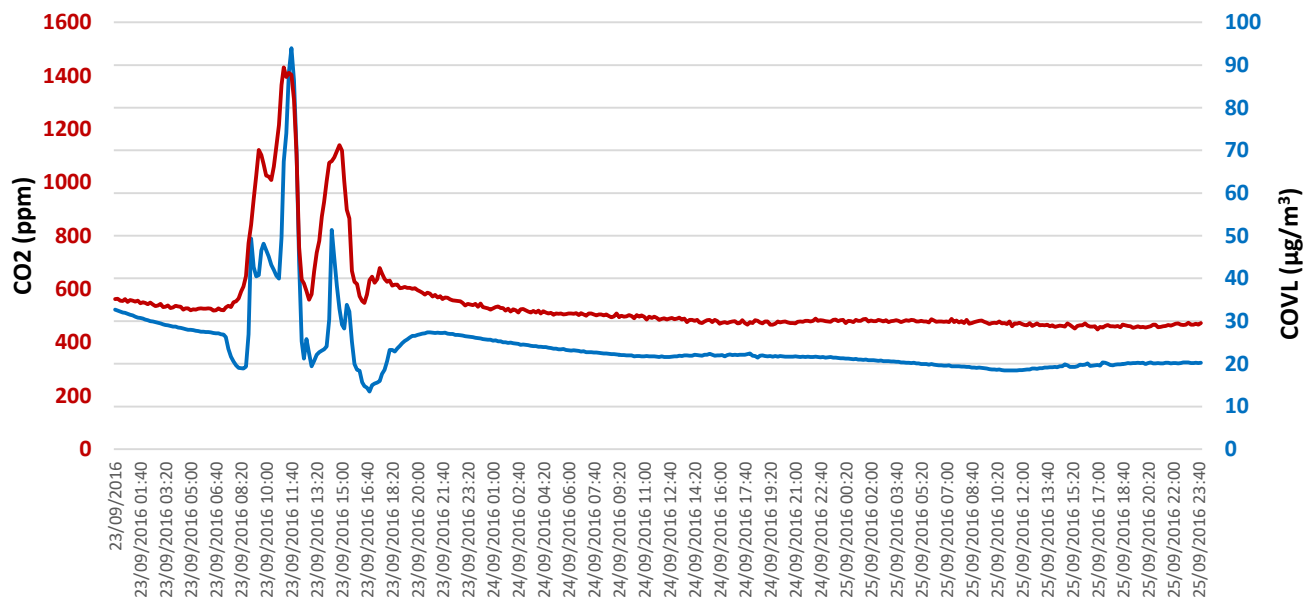


La mise en place de capteurs lumineux ne permet pas dans tous les cas d'améliorer le renouvellement de l'air

Ecole maternelle

Concentrations en COV légers et CO₂

CO₂ / COVL

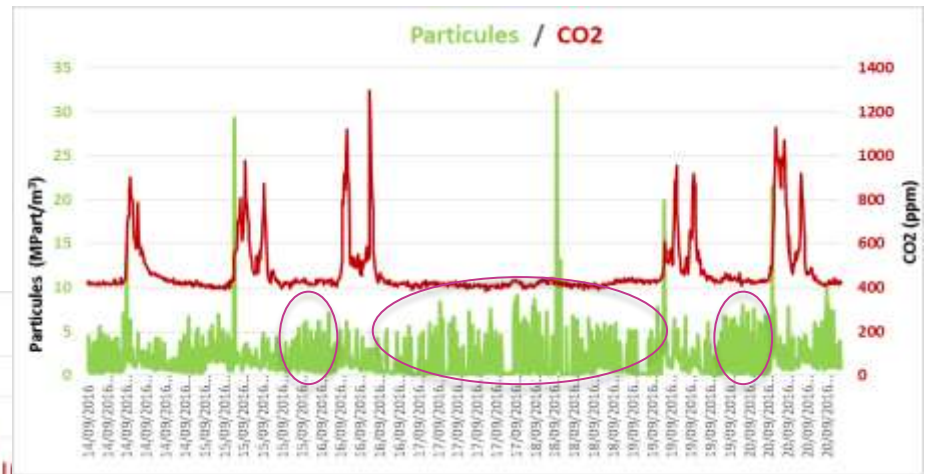
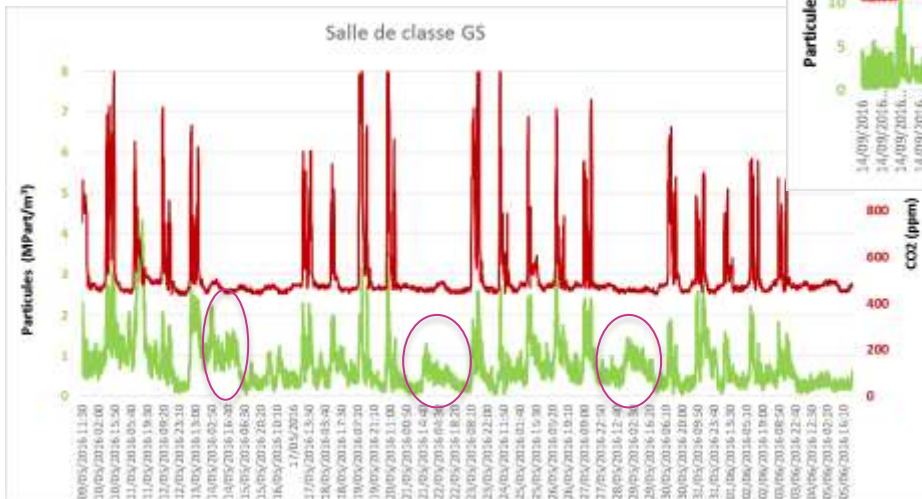


Pics ponctuels liés à la fois à l'activité humaine dans les locaux (peinture, coloriage, etc.), émettrice de polluants de type COV légers, mais aussi aux opérations de nettoyage, émettrices de COV plus volatils de type alcools



Ecole maternelle : ventilation naturelle

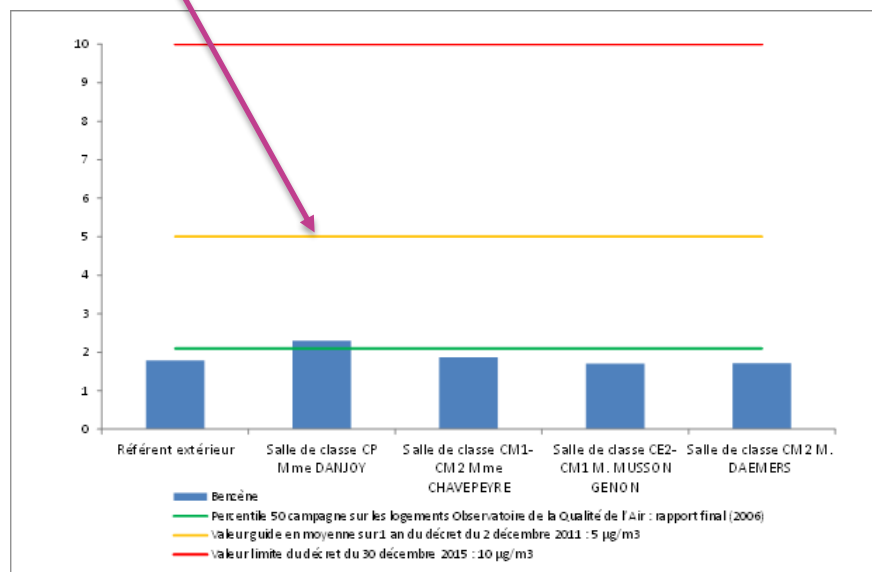
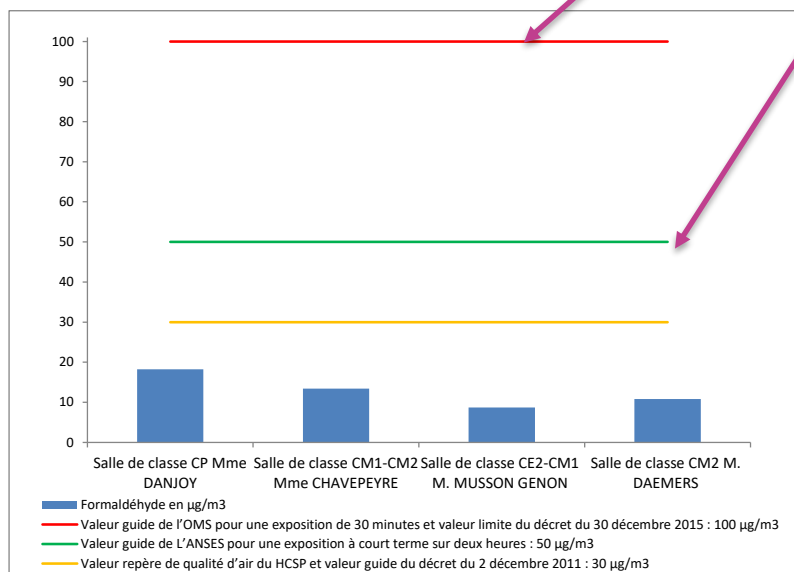
Concentrations particulaires



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

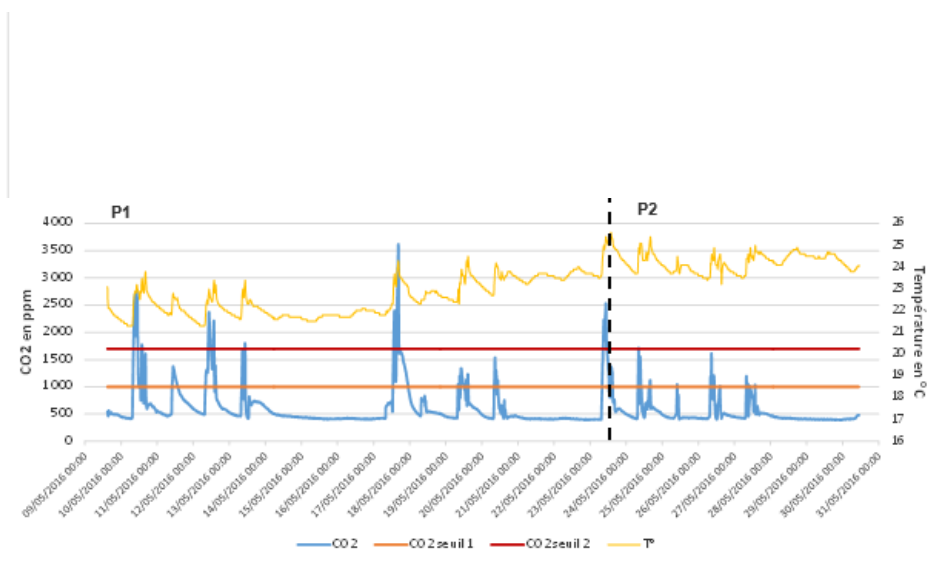
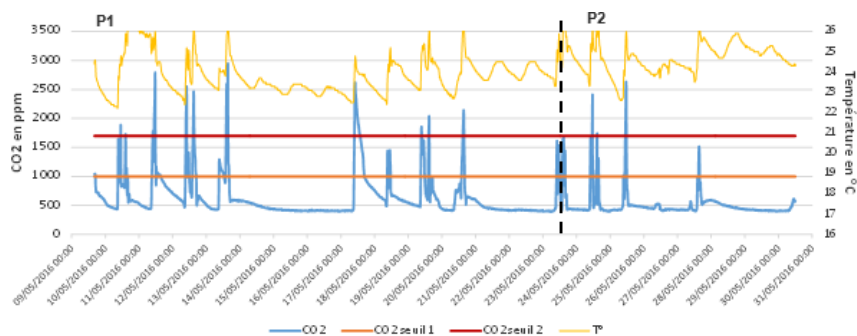
Les concentrations en CO₂ enregistrées en période d'occupation sont élevées et mettent en évidence un renouvellement d'air globalement insuffisant dans les 4 locaux.

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 CO₂ 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 CO₂ ne sont pas satisfaisantes.

Ecole primaire

Concentrations en CO₂ (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 CO₂ 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

CO₂

- Apport d'air neuf insuffisant proportionnellement au nombre d'occupants
- Capteurs CO₂ 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 ³ 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.

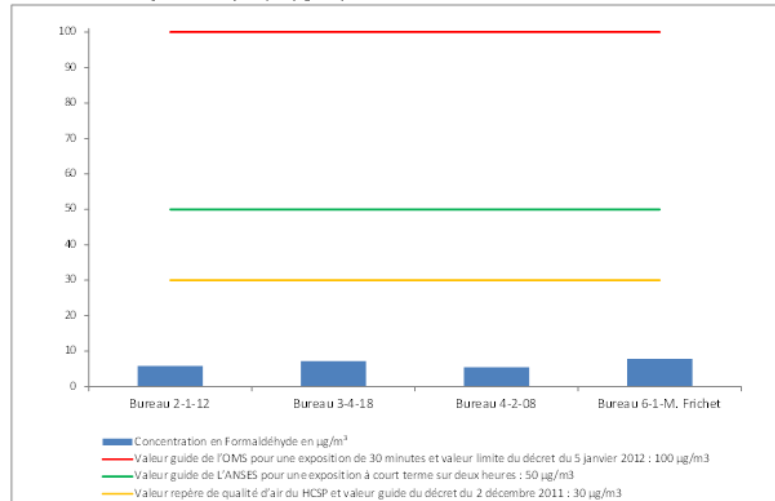
Les paramètres contrôlés au niveau des centrales de traitement de l'air et de différents locaux (soufflage et ambiance) sont dans l'ensemble satisfaisants.

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

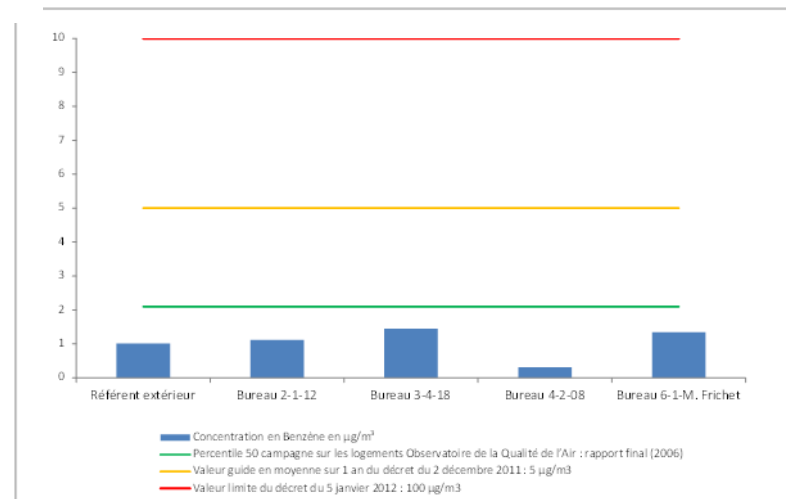
Par ailleurs, les rendements de filtration calculés au niveau des centrales de traitement d'air sont médiocres.

Immeuble de bureaux

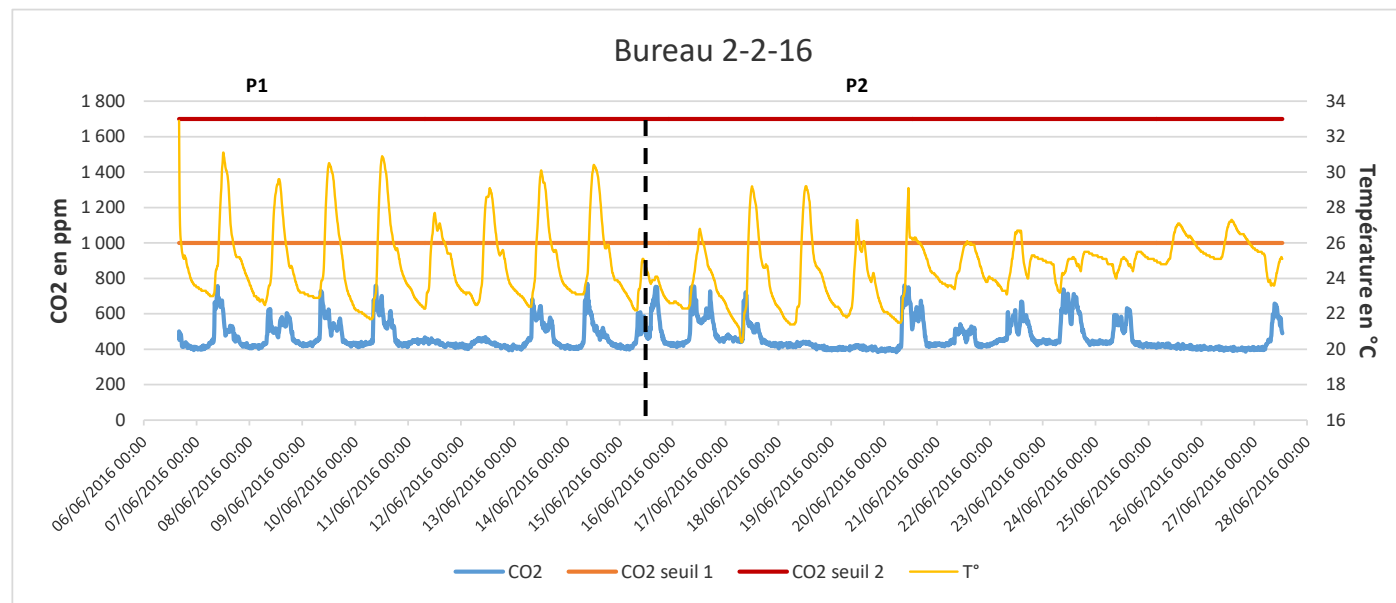
Concentrations en formaldéhyde (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)



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



Immeuble de bureaux

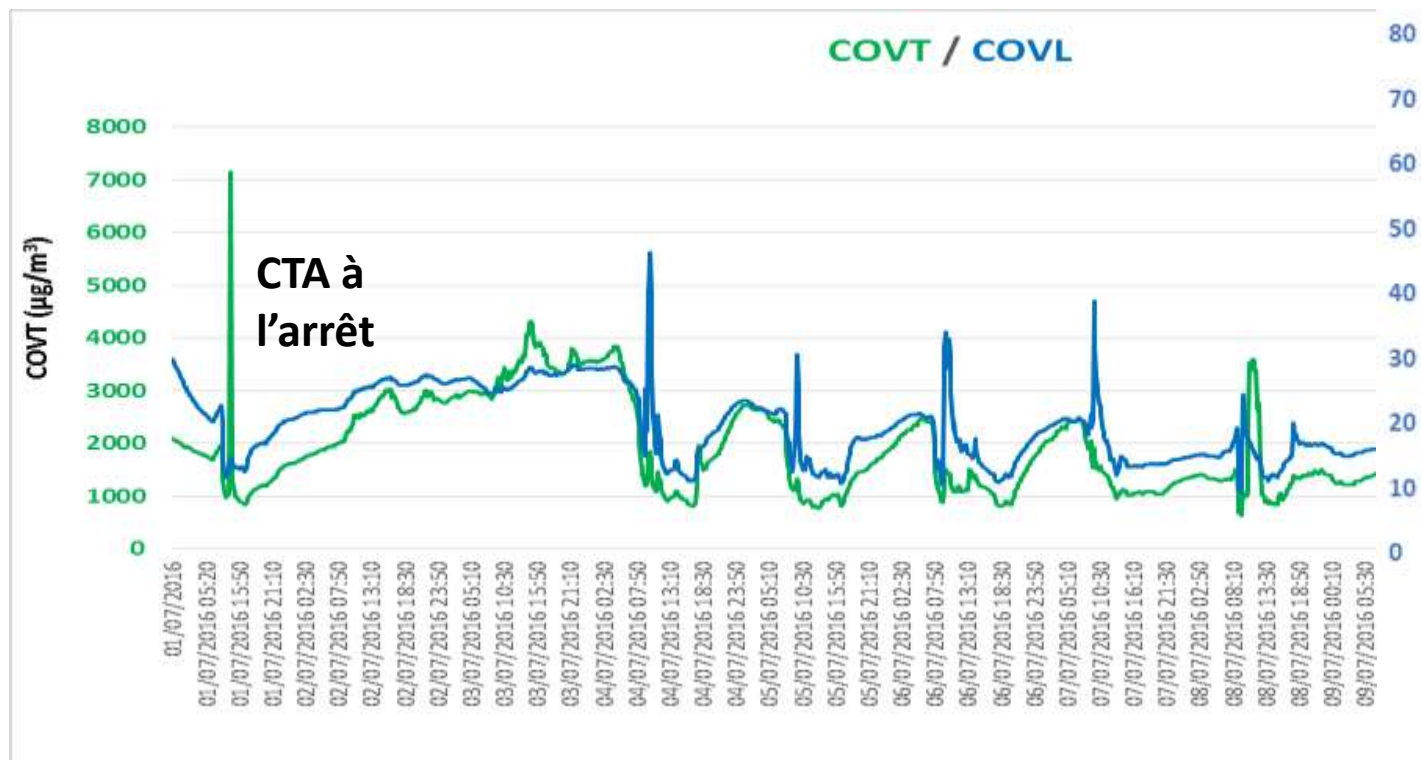


| Période | Valeur minimale | Valeur maximale | Valeur moyenne |
|---------|-----------------|-----------------|----------------|
| P1 | 452 | 769 | 560 |
| P2 | 435 | 760 | 578 |



Un renouvellement suffisant proportionnellement au nombre d'occupants

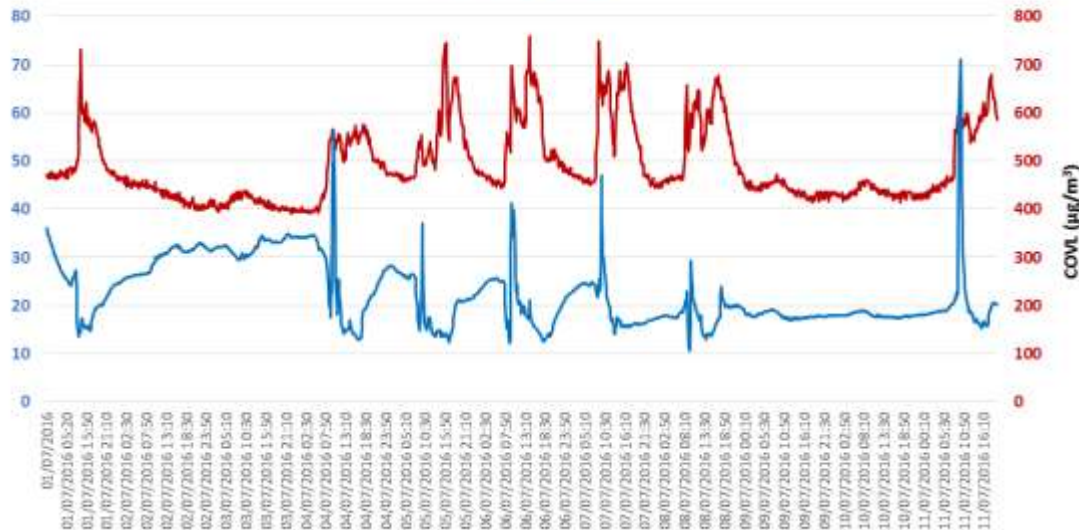
Immeuble de bureaux ventilation double flux



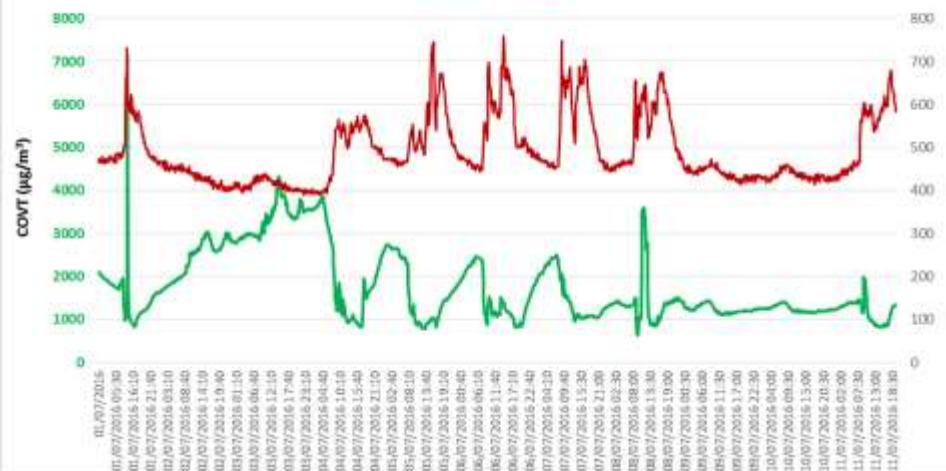
Identifier la part d'émission des COV liée au bâti et à l'activité humaine
Evaluer l'exposition réelle du personnel

Immeuble de bureaux ventilation double flux

CO2 / COVL

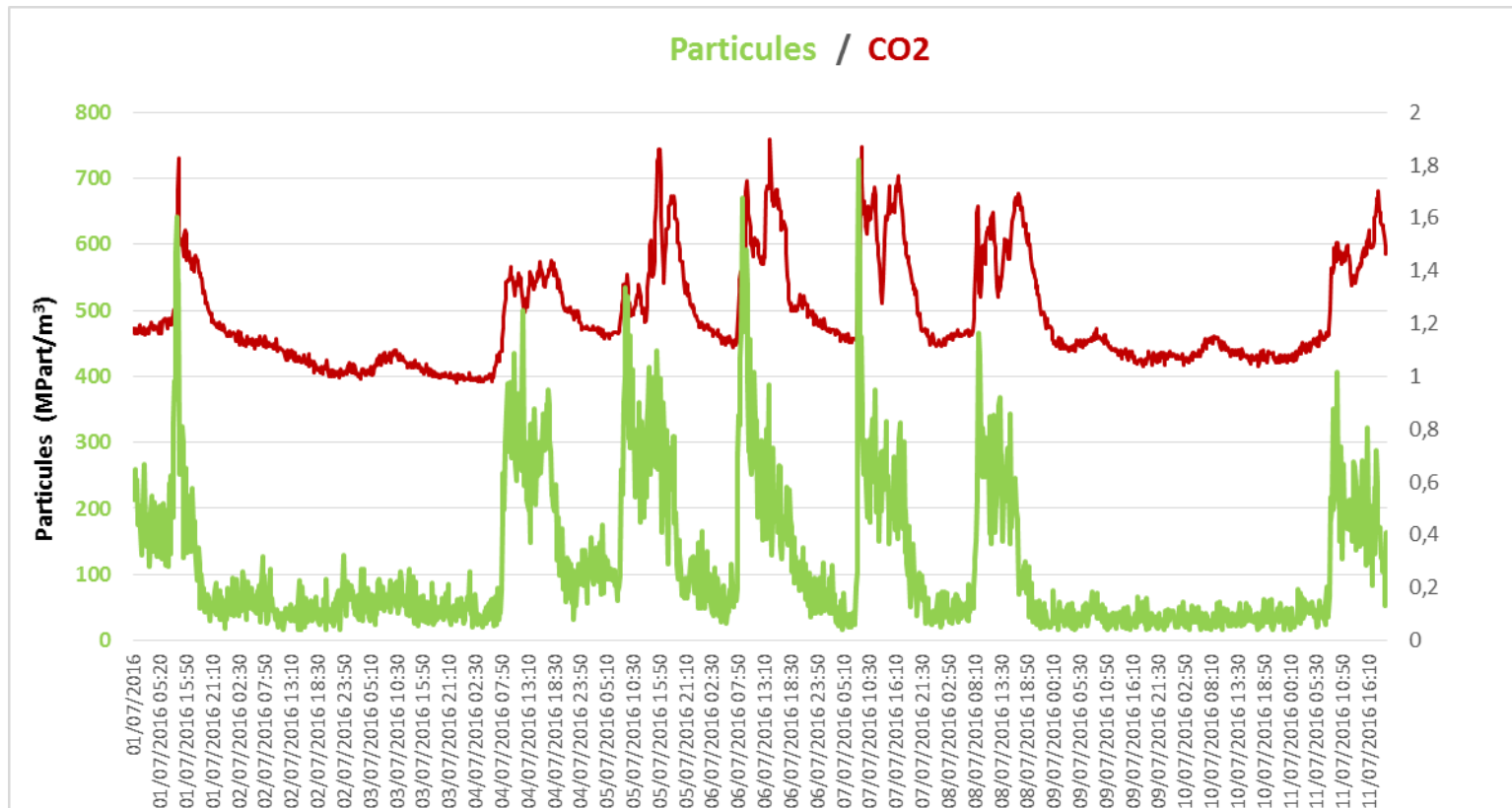


COVL / CO2



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

CO₂

- Apport d'air neuf suffisant proportionnellement au nombre d'occupants
- Capteurs CO₂ 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 CO₂).
- Maitrise de la concentration particulaire par la filtration et le renouvellement de l'air

Bilan et perspectives

Le monitoring,
une bonne
approche pour
évaluer la qualité
de l'air d'un
bâtiment :

Faire la part entre
le bâti
l'exploitation et
l'activité humaine

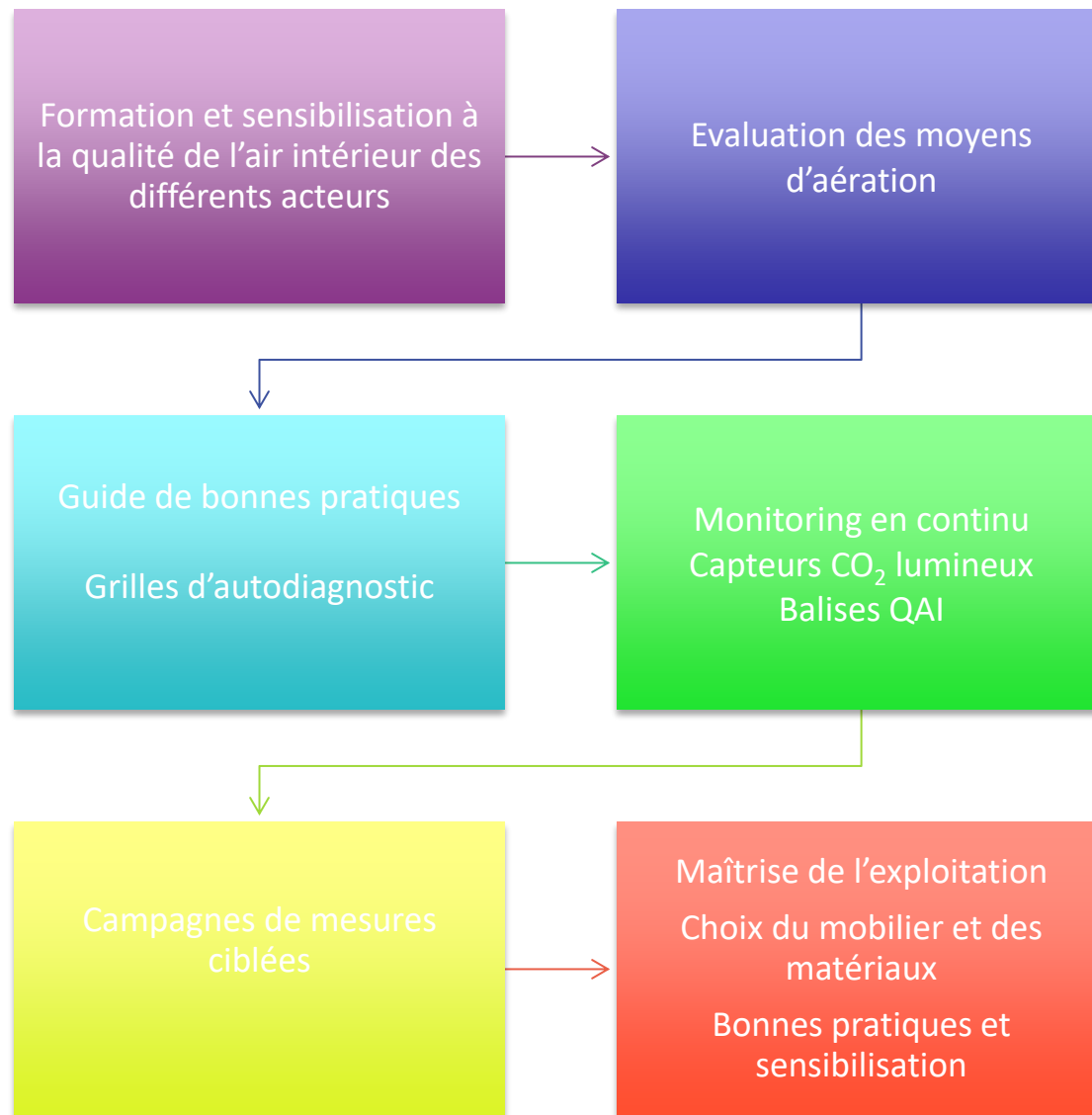
Hiérarchisation
des bâtiments par
rapport à sa QAI

Stratégie
d'échantillonnage

En cas de risque
identifié,
compléter par des
mesures plus
fines

La mise en place
capteurs CO₂
munis de Led doit
être
accompagnée
d'une
sensibilisation

Bilan et perspectives



Impliquer

Connaître

Anticiper