



COLLOQUE

AGIR SUR MON TERRITOIRE POUR AMÉLIORER LA QUALITÉ DE L'AIR DANS ET AUTOUR DES ÉCOLES

1 & 2 DECEMBRE 2022



Direction régionale de l'environnement,
de l'aménagement et du logement

EVALUATION DE L'EXPOSITION AIR-BRUIT DANS LES ECOLES : LE PROJET SCOL'AIR

**Christine BUGAJNY, Manon SANTERNE, Virginie DUNEZ,
Emmanuel ROUX, Geoffrey POT**

LE CEREMA



Expert public de référence pour accompagner le triple défi de la transition écologique, énergétique et numérique des territoires



LE CEREMA





LE PROJET SCOL'AIR



Source : De l'injustice sociale dans l'air : pauvreté des enfants et pollution de l'air – UNICEF, 2021

Un taux d'occupation élevé, un mobilier dense, une utilisation de divers produits pour les activités et le nettoyage fréquent des locaux ont des répercussions sur la qualité de l'air dans les écoles, souvent aggravées lorsque le renouvellement d'air est insuffisant (OQAI, 2013).

L'ANSES a estimé à environ 19 milliards d'euros pour une année le coût de la pollution de l'air intérieur, correspondant aux coûts de l'impact sanitaire généré par les 6 polluants retenus (coût estimé des décès prématurés, coût estimé de la prise en charge des soins, coût estimé des pertes de productions, etc.).

Objectifs du projet



- **Objectif 1** : Evaluer l'exposition des enfants aux polluants dans l'air intérieur ainsi que le bruit liés aux activités scolaires ou au bâtiment
- **Objectif 2** : Etudier le transfert de l'air extérieur et du bruit vers l'intérieur des classes
- **Objectif 3** : Formuler des préconisations sur les bonnes pratiques pour orienter et améliorer la QAI et le bruit dans les établissements scolaires



Une stratégie de mesures approfondie : sélection des écoles

- **3 écoles en région HDF** choisies selon :
 - Typologie des bâtiments, ventilation
 - Type d'environnement extérieur
- **12 classes instrumentées**
- **(4/écoles) 24h/24 et 7j/7**

	Ecole A	Ecole B	Ecole C
Localisation	Proximité trafic (autoroute et autres routes...)	Proche site industriel (100m)	Fond urbain
Ouvrants (nombre fonctionnels, type)	19/20 De type à soufflet	9/13 De type à soufflet	13/21 A soufflet ou basculant
Caractéristiques	Pas de ventilation Double vitrage Classes sur une seule orientation	Pas de ventilation Double vitrage Classes sur une seule orientation	Pas de ventilation Double vitrage Classes sur plusieurs orientations
Année de construction	Années 30	Années 30	1978







Une stratégie de mesures approfondie : Diagnostic « bâtiment » des écoles et classes

Bâtiment en béton avec parement en briques construit dans les années 30



+ Analyse des pratiques de ménage (qui, quand, comment, avec quoi)

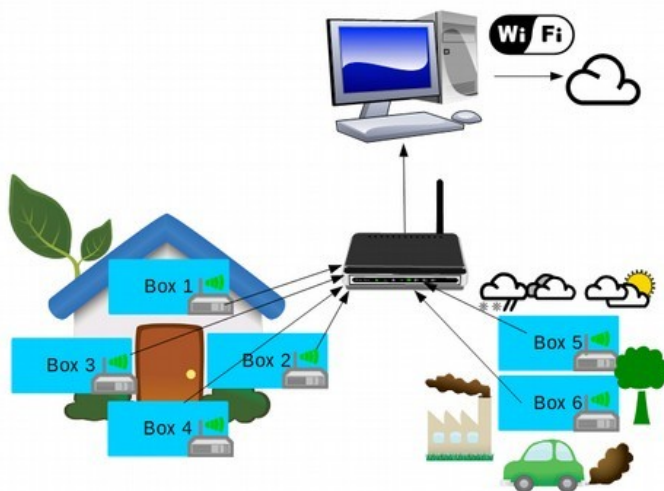
Salle	Etage	Ouvrants	Effectif sur l'année	Surface	Produits utilisés
n°1 CP 	RDC – Aile Sud (Exposition S-E)	- 1/5 ne fonctionne plus - Entrées d'air mais les rideaux gênent l'ouverture	24 élèves, 2 enseignants	60m ² pour 181m ³	De type scolaire: - Vernis (colle, à eau) - Colle (extra-forte, bleue, vinylique) - Gouache (liquide, pâteuse) - Encre de chine Stockage dans armoires non ventilées
n°2 CP 	RDC – Aile Sud (Exposition S-E)	- 5 fonctionnent - Entrées d'air mais les rideaux gênent leur ouverture	23 élèves, 2 enseignants	58m ² pour 174m ³	De type : - Scolaire : vernis (colle, à eau), colle (extra-forte, bleue, vinylique), gouache (liquide, pâteuse), aquarelle liquide, marqueur - Non scolaire : spray nettoyant Stockage dans armoires non ventilées
n°3 CM1 	1 ^{er} étage – Aile Sud (exposition S-E)	- 5 fonctionnent - Entrées d'air mais les rideaux gênent leur ouverture	17 élèves, 2 enseignants	60m ² pour 178m ³	De type : - Scolaire : vernis (colle, à eau), colle (extra-forte, bleue), gouache (liquide, pâteuse), peinture acrylique, encre de chine, encre à dessiner - Non scolaire : brou de noix, dépolluant meubles, cire liquide Stockage dans armoires non ventilées
n°4 CM1 	1 ^{er} étage – Aile Sud (exposition S-E)	- Tous fonctionnent - Entrées d'air mais les rideaux gênent leur ouverture	18 élèves, 2 enseignants	60m ² pour 178m ³	De type : - Scolaire : vernis (colle, à eau), colle (extra-forte, bleue, vinylique), gouache (liquide, pâteuse) - Non scolaire : pigment au chromate de plomb, bombe de couleur Stockage dans armoires non ventilées

Une stratégie de mesures approfondie : Mise en place d'un réseau de capteurs innovant air-bruit

- Mesures en continu 24h/24 pendant 8 semaines



Base de données mesures :



Polluants		Box intérieure	Box extérieure
Paramètres de confort	Température	X	
	Hygrométrie	X	
Confinement : CO ₂		X	
Formaldéhyde		X	
Dioxyde d'azote : NO ₂		X	X
Ozone : O ₃		X	X
Particules : PM _{2,5} , PM ₁₀		X	X
Composés Organiques Volatiles (COVT)		X	
Paramètres acoustiques		X	X
Conditions météorologiques	Température		X
	Hygrométrie		X
	Direction du vent		X
	Vitesse du vent		X

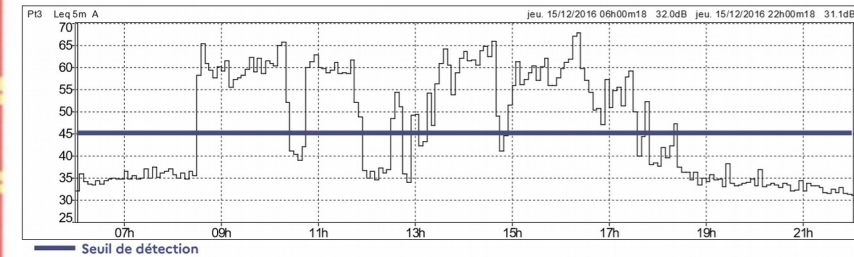
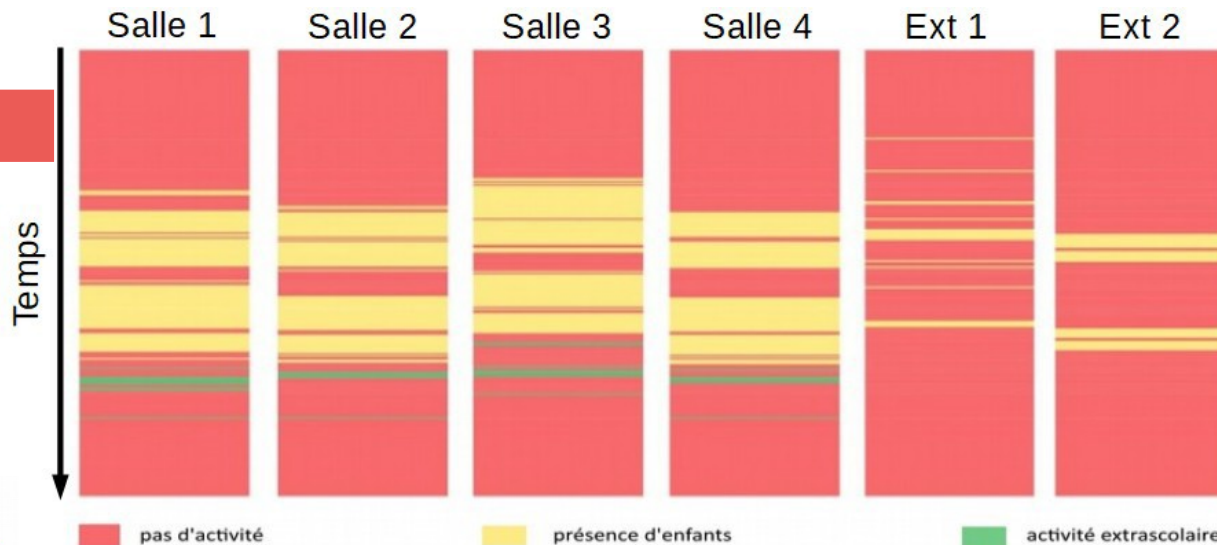


Suivi de l'occupation des salles de classes et des activités

Questionnaire

- **Caractéristiques du bâtiment, des salles et des pratiques de ménage**
- 1 questionnaire / salle
- renseignés par les services techniques et le Cerema
- **Description de l'occupation de la salle et des activités**
- 1 questionnaire / salle / semaine renseignés par les professeurs
- remplissage incomplet ou imprécis (consignes , 2 intervenants ...)

Analyse du bruit

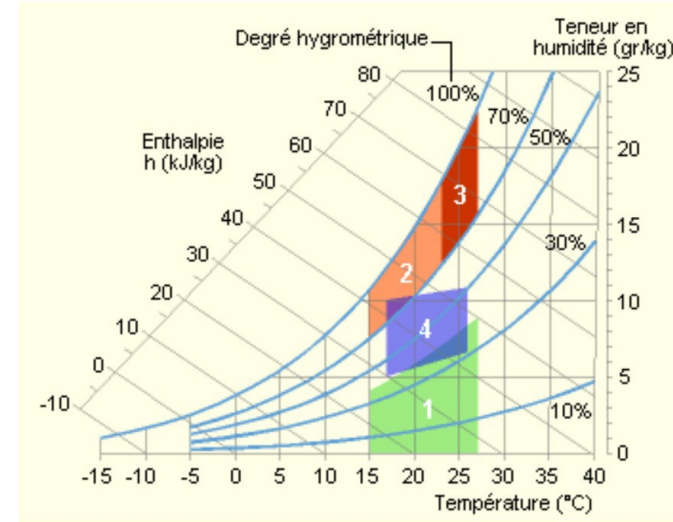
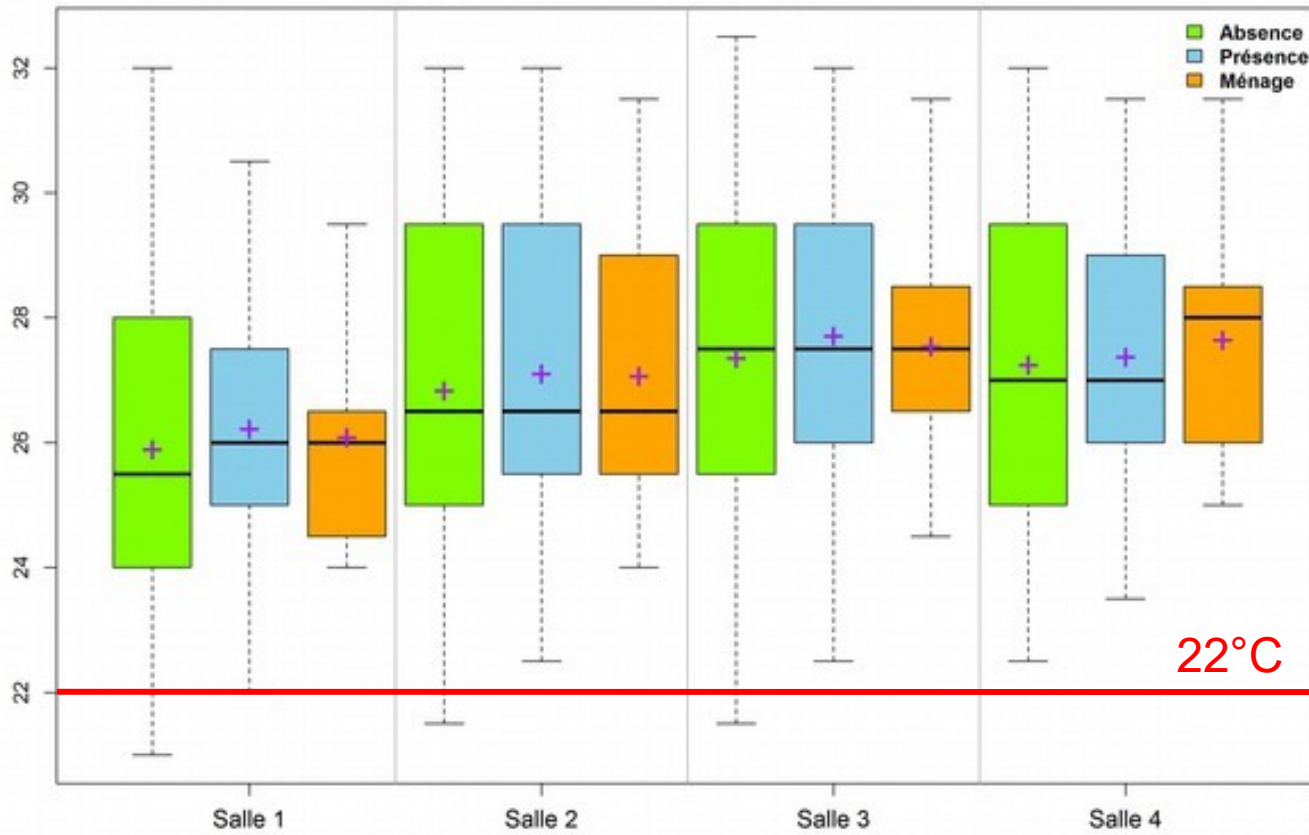


Parole enfants : 2,5kHz

1 & 2 décembre 2022

Paramètres de confort : les températures en été

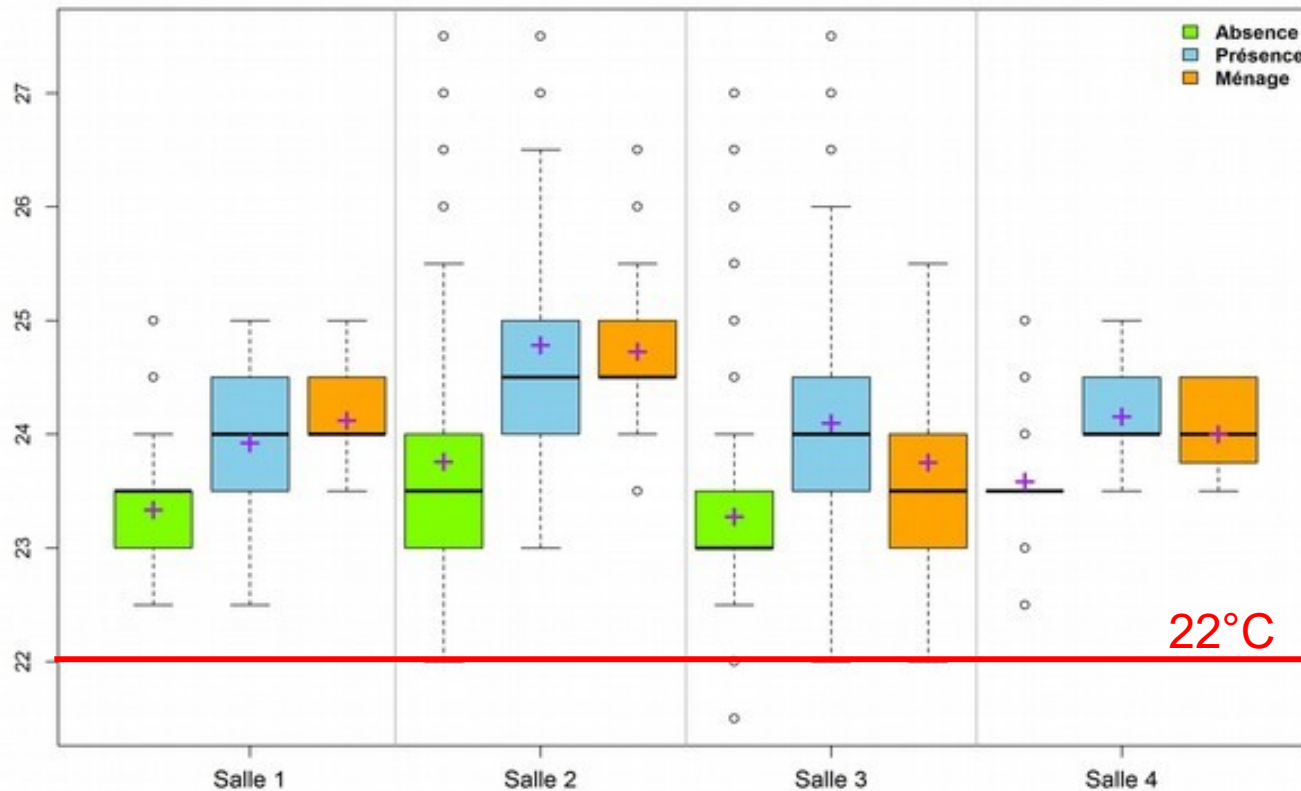
Ecole B - Ete - Temperature (°C)



- Problématique de confort l'été dans les 3 écoles
 - 20 à 40% du temps de présence des élèves avec des $T^{\circ}\text{C} > 28^{\circ}\text{C}$ pour les écoles B et C
- Configuration des locaux ne permettant pas un rafraîchissement de certaines classes

Paramètres de confort : les températures en hiver

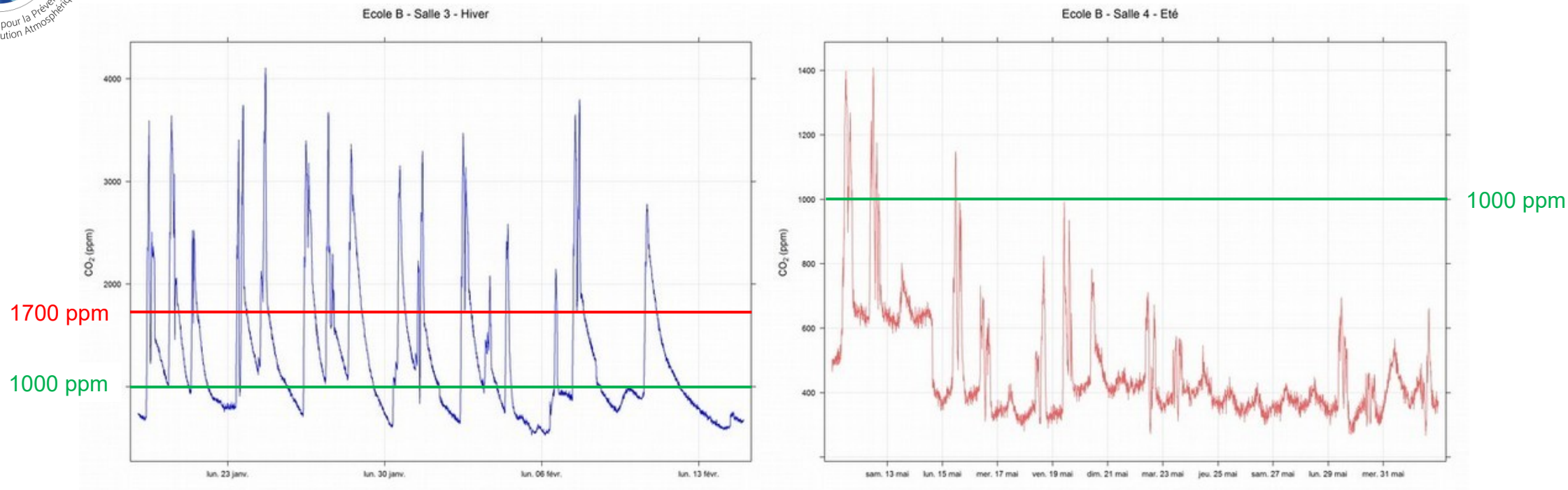
Ecole C - Hiver - Temperature (°C)



- Températures intérieures élevées
- Les résultats montrent que les ouvrants ne sont pas (ou très peu) utilisés pour permettre de renouveler l'air (pas de T° C < 20°C)

22°C

Le confinement (CO₂)



- **Confinement très élevé** dans 2 écoles pas de VMC, ouverture à soufflet, rideaux empêchant l'aération, mobilier devant fenêtres
- **Pratiques d'aération très inégales** selon les classes
- En été, diminution assez nette du confinement par aération des salles

L'indice de confinement

Situation la plus favorable



Situation la plus défavorable

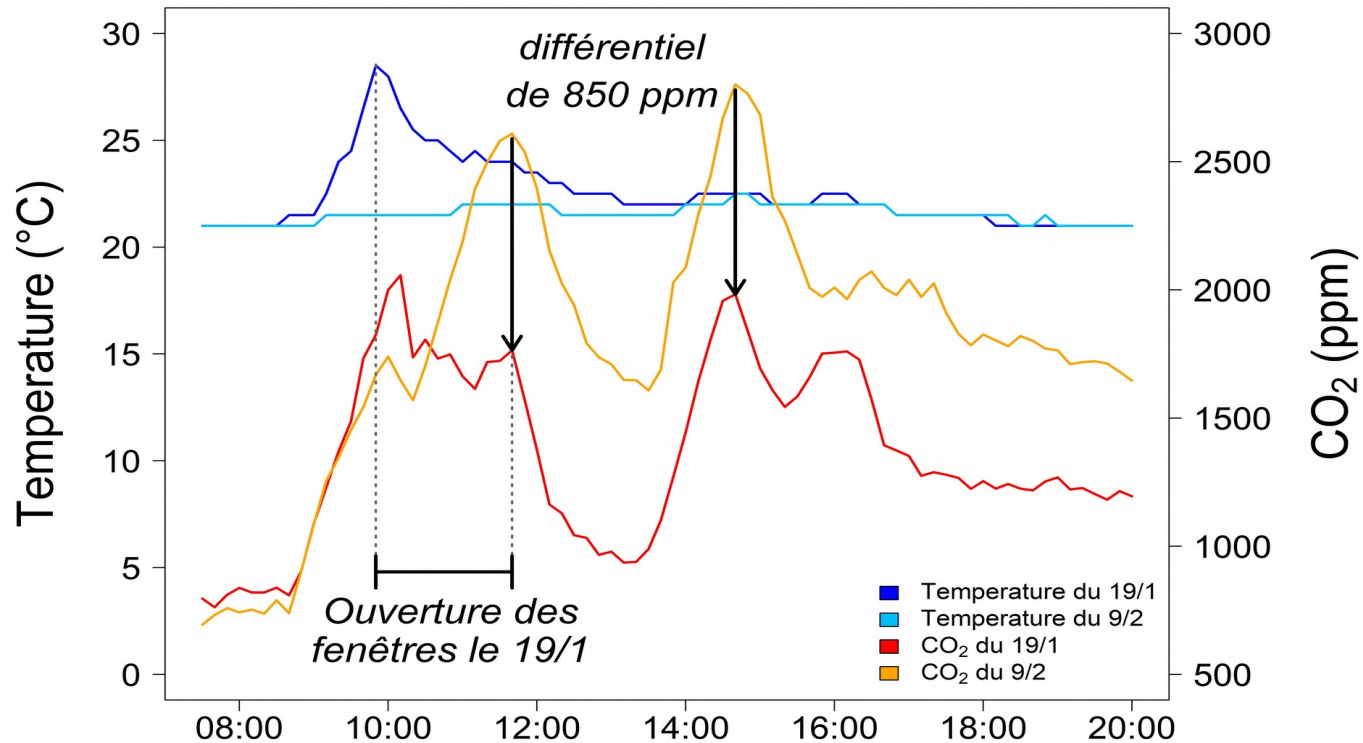
2 écoles ont des indices de confinement de 3 (élevé) à 5 (très élevé) en hiver

		Salle 1	Salle 2	Salle 3	Salle 4
Hiver	<i>Ecole A</i>	4	5	4	4
	<i>Ecole B</i>	4	4	4	3
	<i>Ecole C</i>	3	3	2	2
Été	<i>Ecole A</i>	3	5	2	3
	<i>Ecole B</i>	1	0	1	0
	<i>Ecole C</i>	0	2	1	1

- Valeur Icone = **5** → Diagnostic complémentaire obligatoire dans les deux mois avec information au préfet à réaliser par le gestionnaire dans le cadre de la réglementation sur la surveillance de la QAI dans les ERP
- Résultats en lien avec le nombre d'ouvrants et la manœuvrabilité des ouvrants
- Effets possibles : difficultés de concentrations, céphalées et diminution des capacités scolaires chez l'enfant

Efficacité des pratiques d'aération des fenêtres

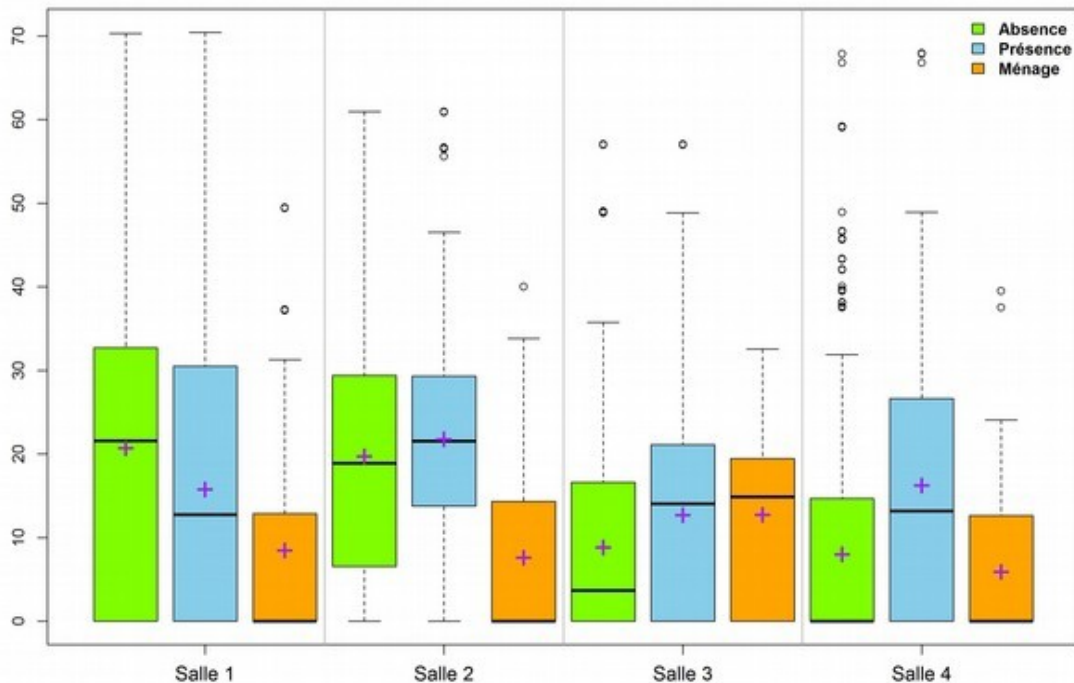
Ecole B - Salle 1



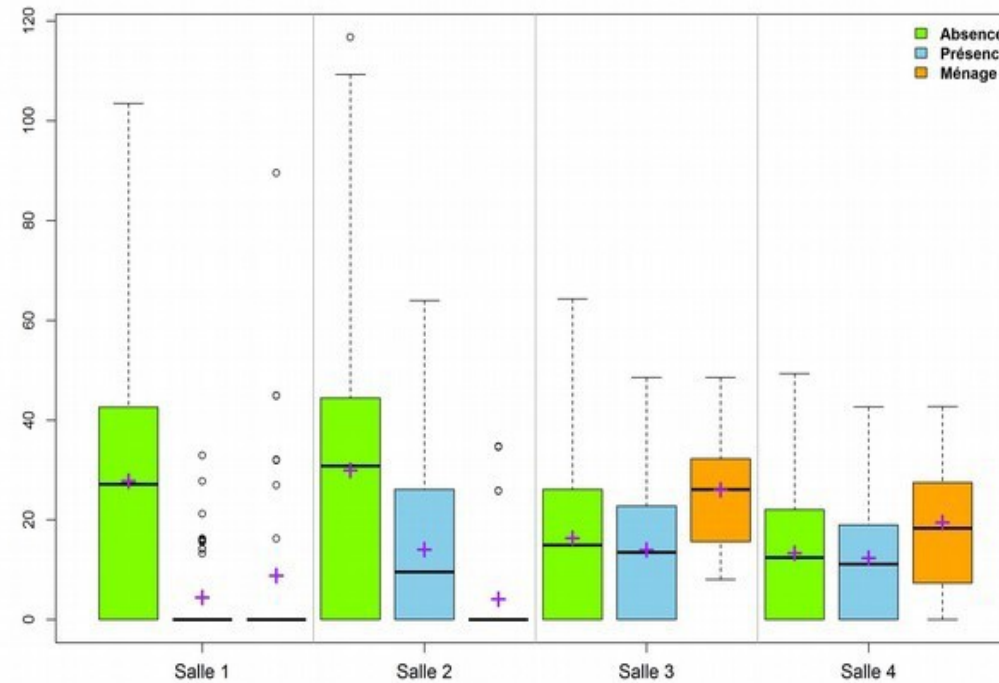
- Hétérogénéité des pratiques d'aération selon les classes et selon les écoles
- Ouverture des fenêtres pendant 5 à 15min **différentiel de plus de 800 ppm** à la fin de la journée (sans baisse de la T°C)

Exposition au formaldéhyde

Ecole A - Hiver - Formaldéhyde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



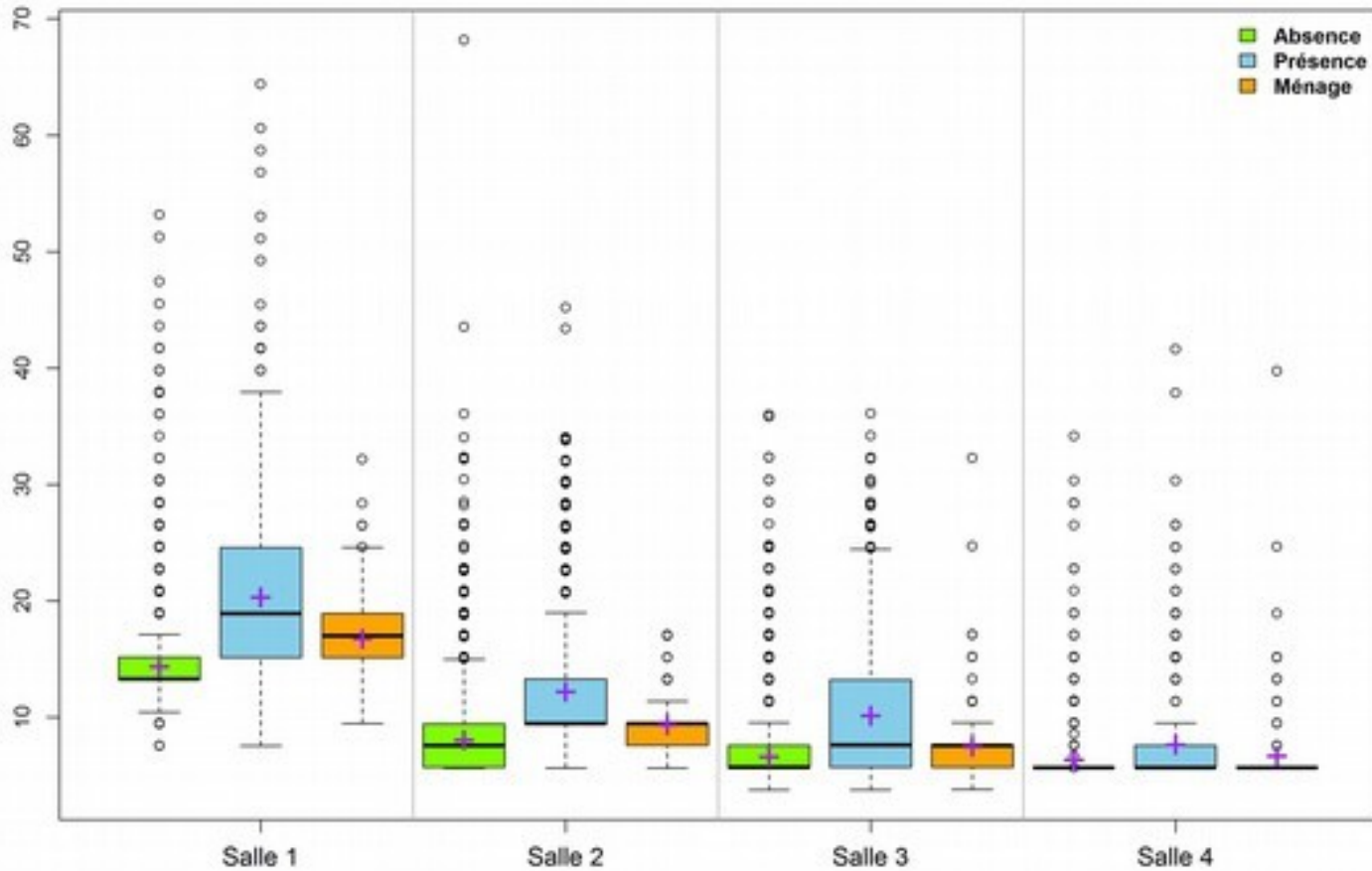
Ecole A - Ete - Formaldéhyde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



- Résultats hétérogènes entre les écoles [Concentrations moyennes en globalité inférieures à la valeur repère de l'HCSP de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$]
- Concentrations plus élevées en période estivale sur la campagne de mesure
- En présence des élèves, les concentrations en formaldéhyde peuvent être plus élevées en hiver

Exposition au NO₂

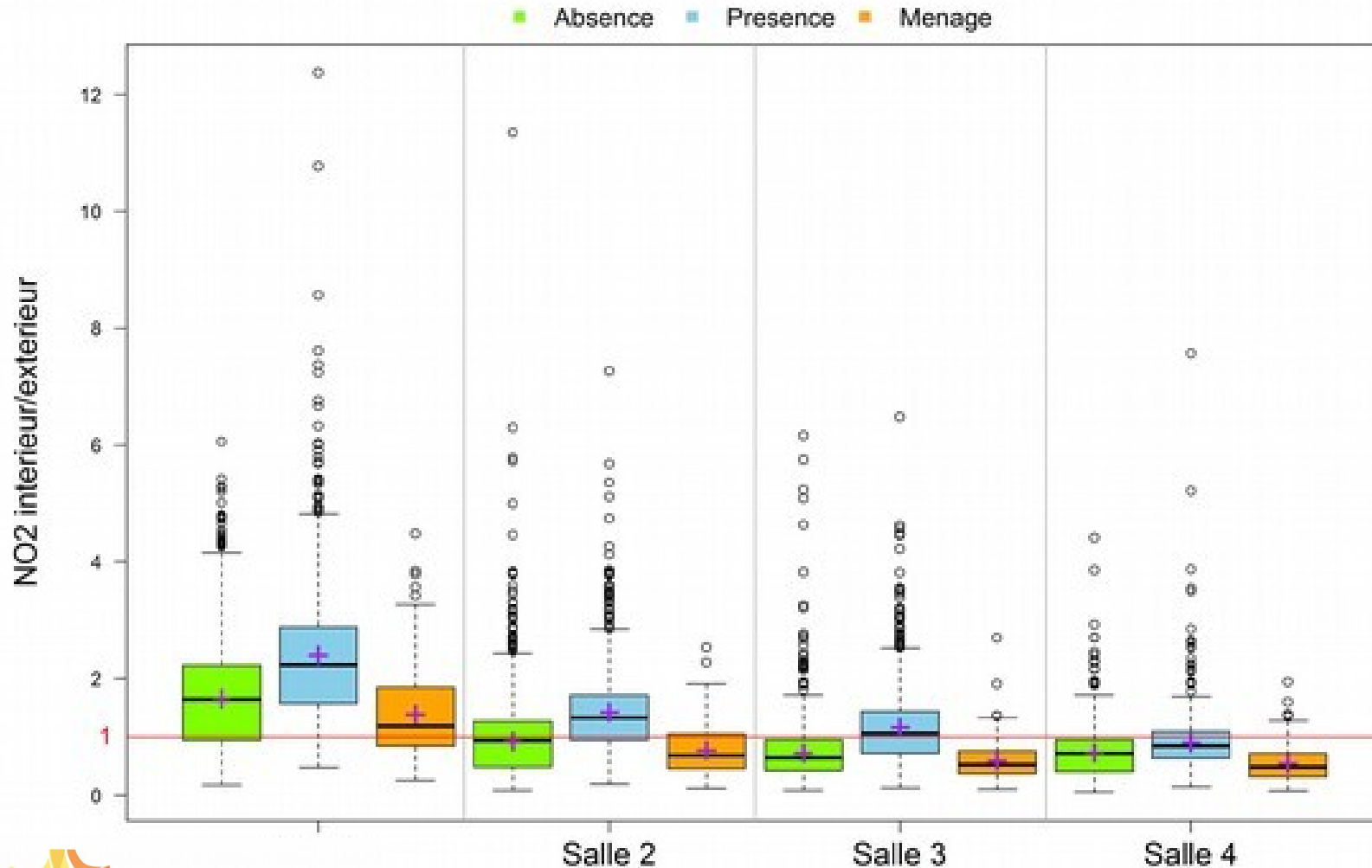
Ecole C - Hiver - NO₂ (µg/m³)



- **Concentrations** moyennes et médianes en présence des élèves **inférieures à la valeur guide de l'ANSES** de 20 µg/m³ pour une exposition longue durée (sauf pour 2/12 classes)

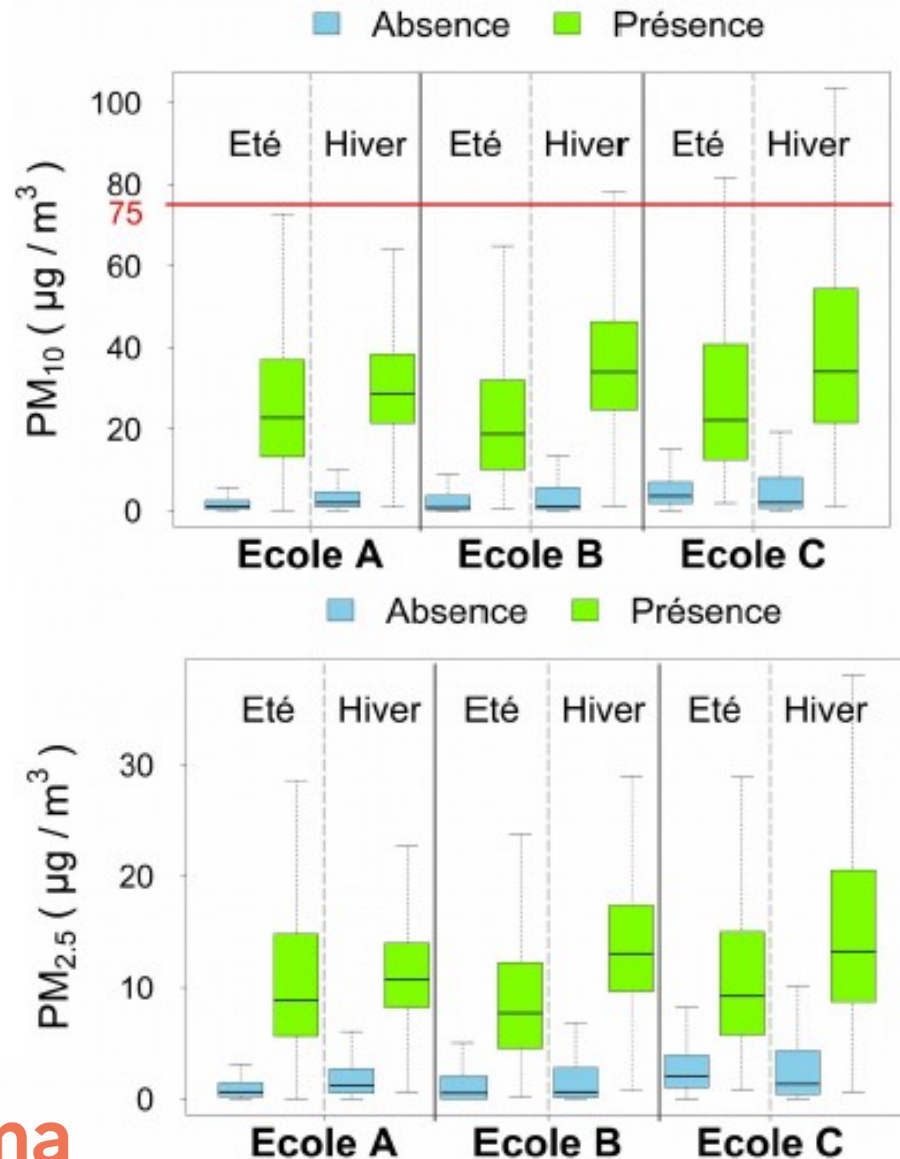
Focus sur le transfert extérieur/intérieur du NO₂

Ecole C - Hiver



- Ratio I/E inférieur ou proche de 1
- Ratios I/E plus importants en période hivernale

Exposition aux PM

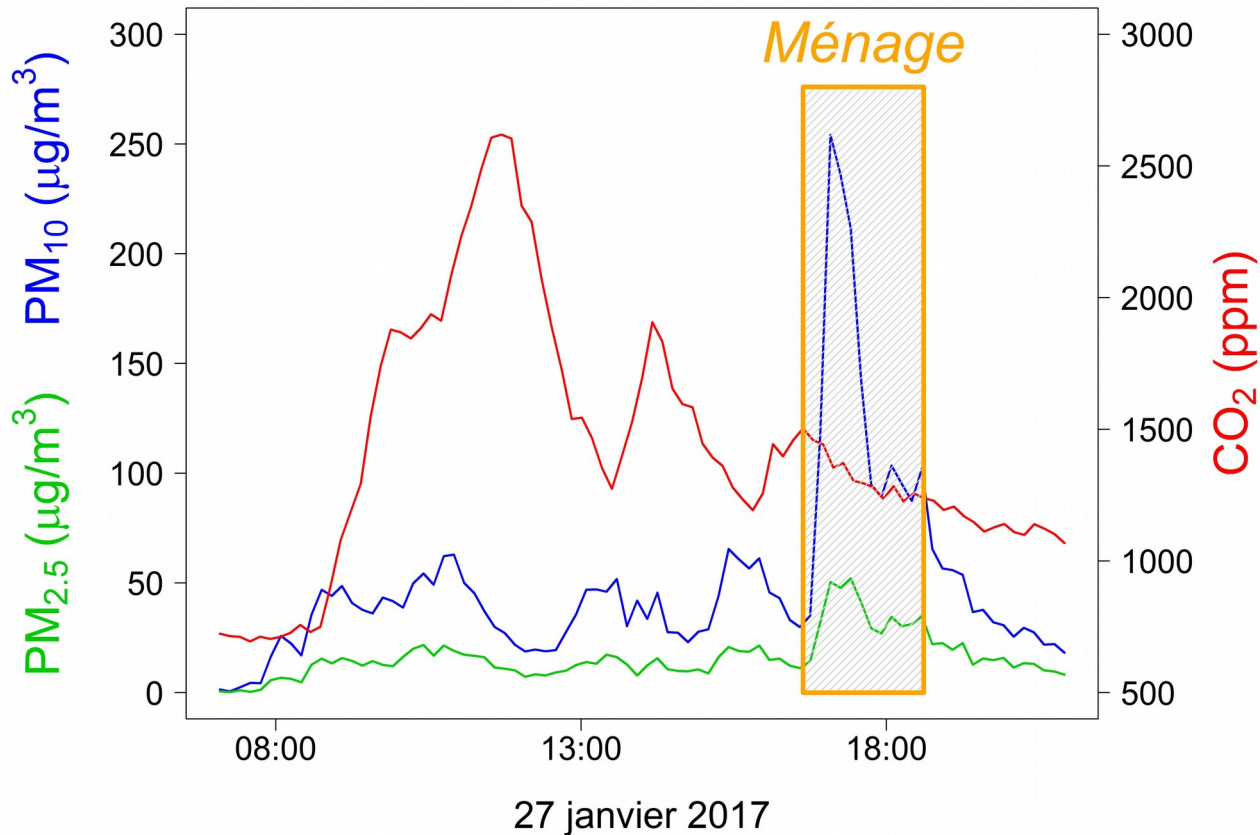


- Dynamique des PM en présence des élèves
- $[PM]_{\text{élèves}} > [PM]_{\text{sans élèves}} = \text{facteur 2 à 10 selon les classes}$
 - En lien avec le phénomène de remise en suspension des PM (mouvements dans les salles)

[Concentration moyenne des PM, en présence des élèves, est supérieure à la valeur cible de l'HCSP (15 µg/m³ pour les PM₁₀ et 10 µg/m³ pour les PM_{2.5}) dans presque toutes les classes]

Impact du ménage sur les concentrations PM

Ecole B - Salle 4

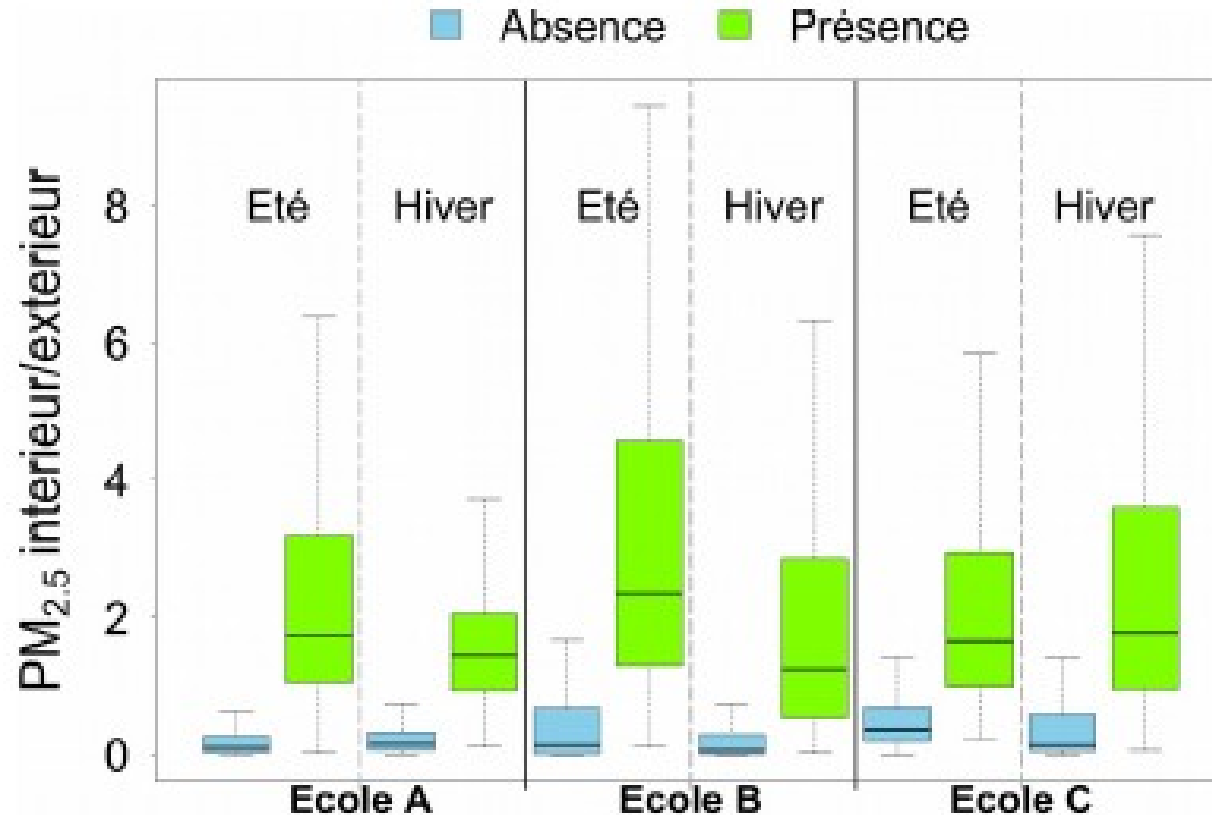


- Concentrations **2 à 3 x plus élevées** en période de **ménage** par rapport à l'occupation des salles en hiver

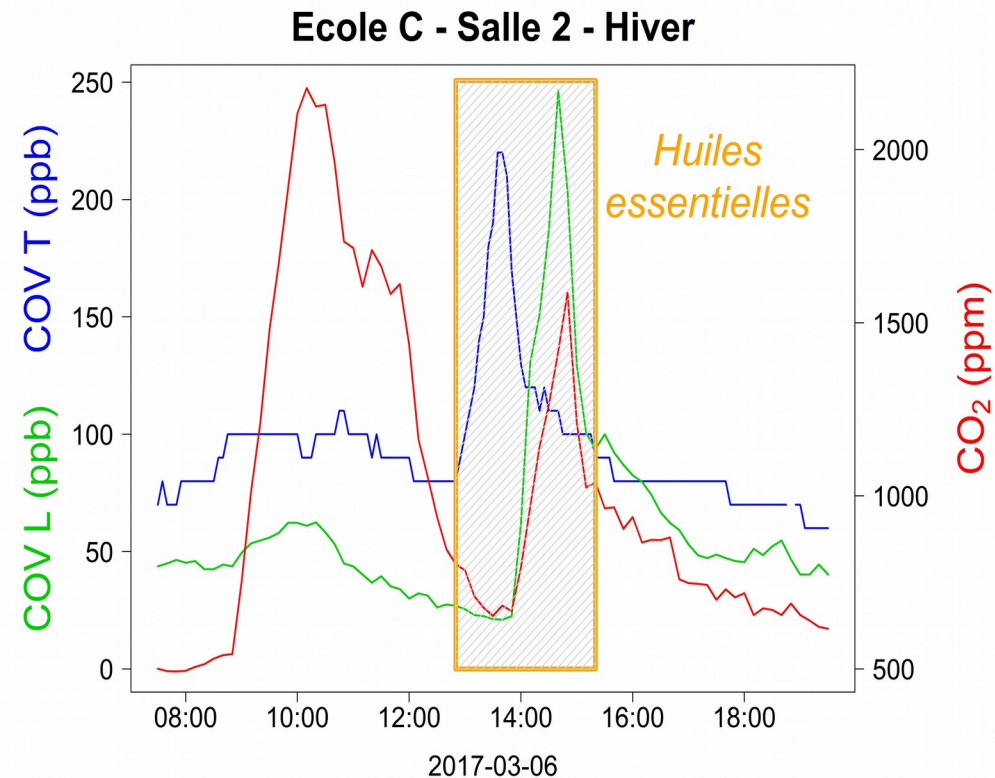
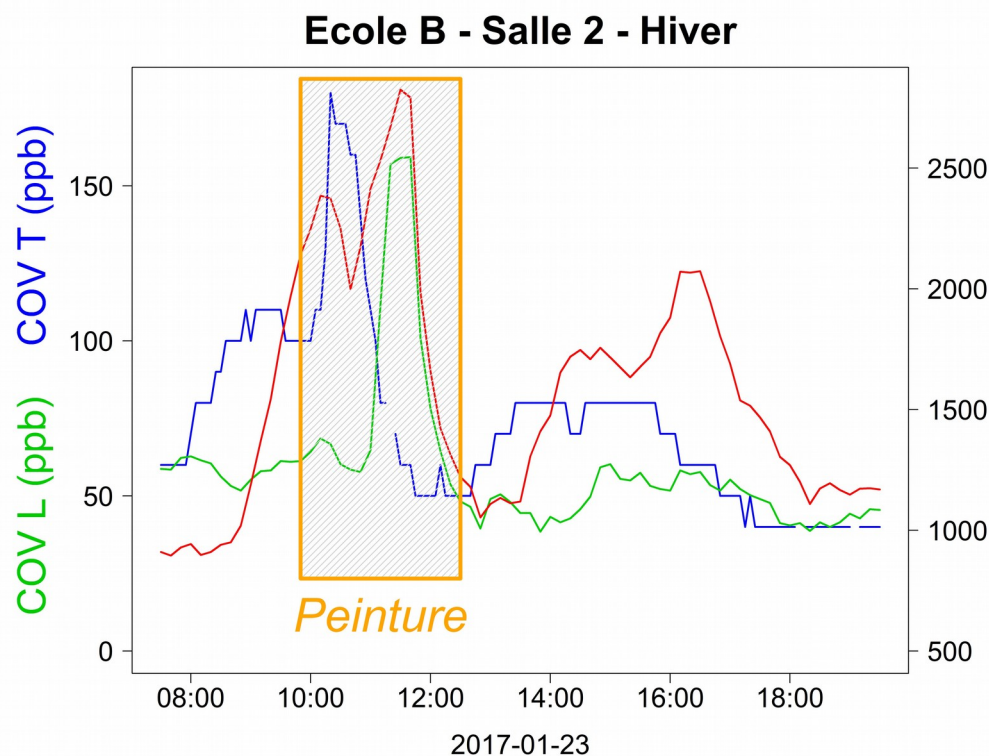
[Valeur d'action rapide de l'HCSP* pour les PM₁₀ et PM_{2,5} dépassée sur un temps court en période de ménage]

* 75 µg/m³ pour PM₁₀ et 50 µg/m³ pour PM_{2,5}

Focus sur le transfert extérieur/intérieur des particules

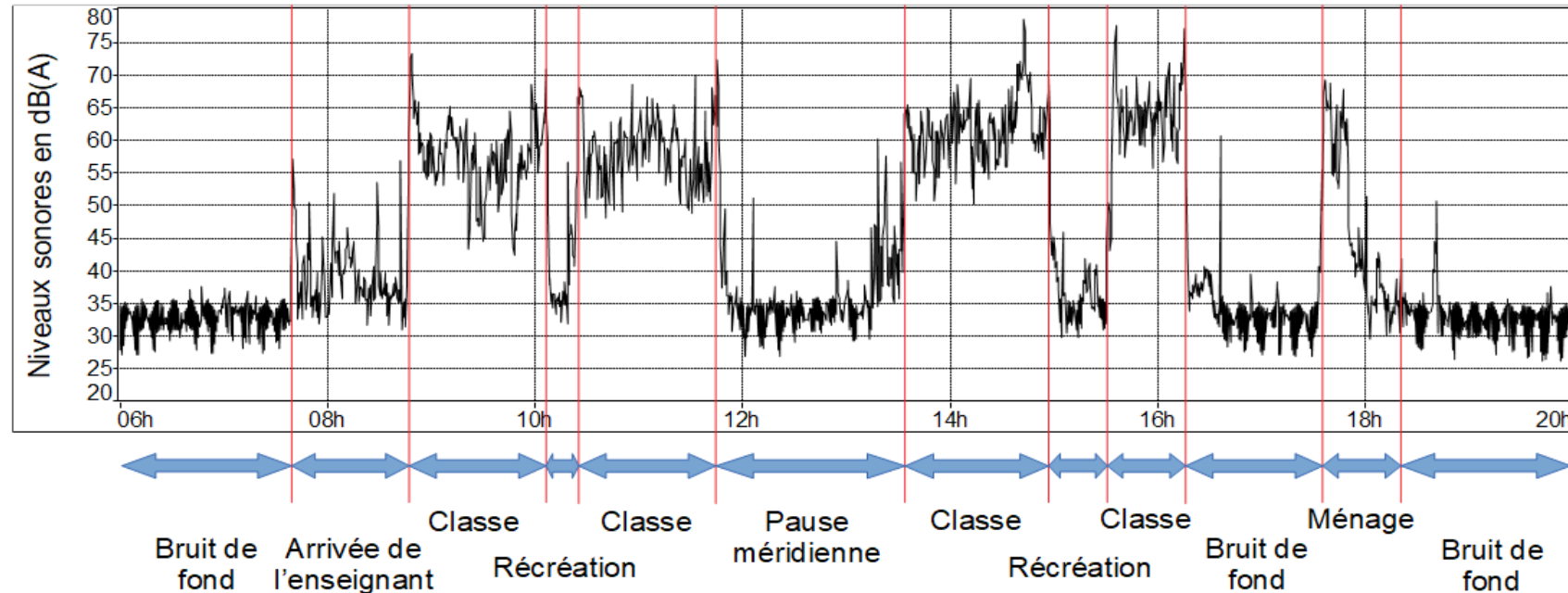


- **Ratio I/E**(en présence des élèves) **> 1** sur toutes les écoles
- Ratio I/E conforme aux données de la littérature
- Les **concentrations en particules les plus importantes** sont principalement liées aux **activités** dans les salles de classe (remise en suspension des particules)



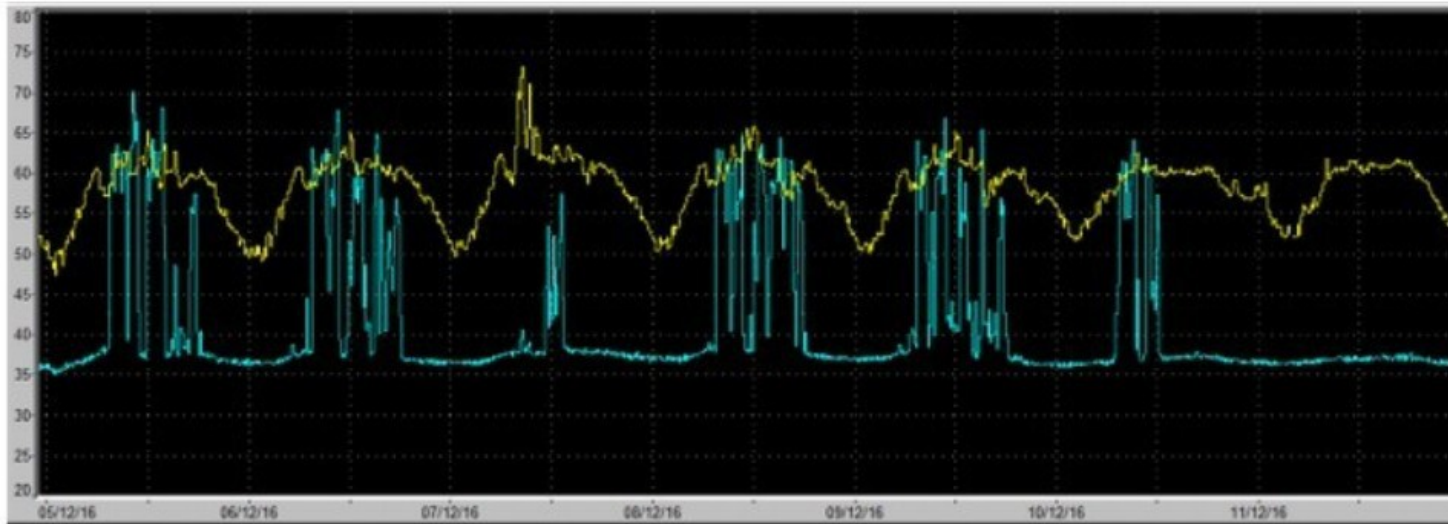
- Corrélation CO₂/COV (absence d'aération)
- **Activités les plus émettrices** : feutres, peintures, Huiles Essentielles
- Présence de bombes aérosols et diffuseur d'Huiles Essentielles
- Le ménage ne semble pas être source de COV

Les niveaux de bruit dans les classes

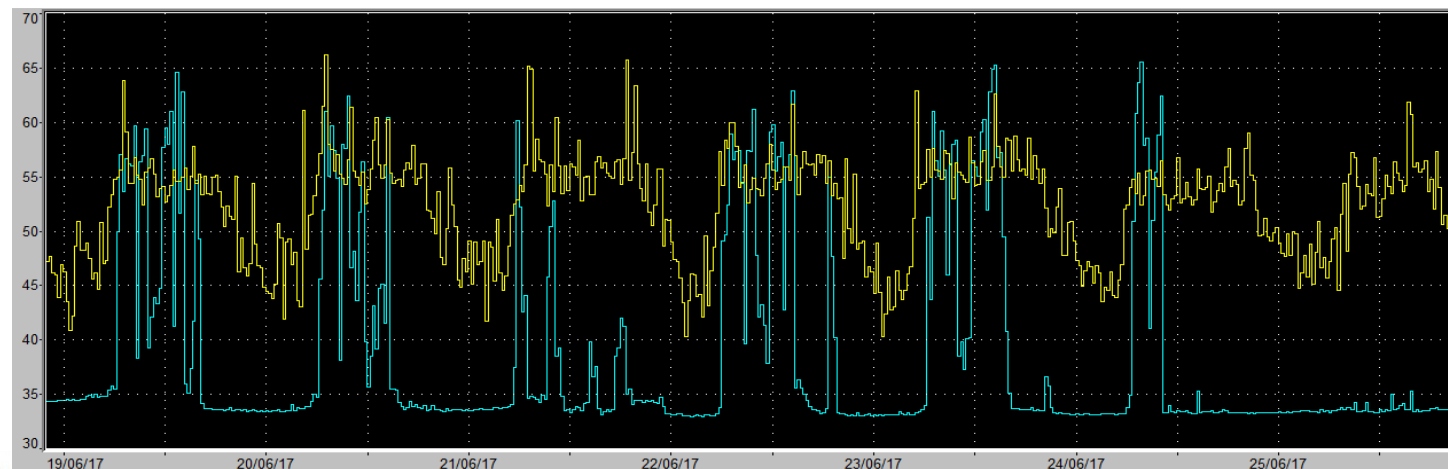
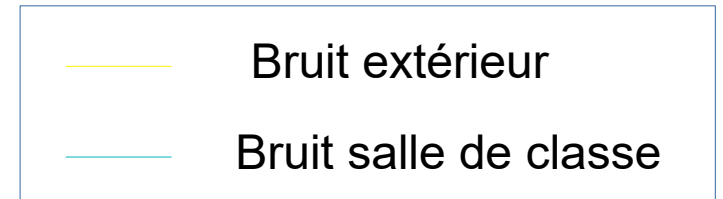


- Niveaux de bruit dans classes majoritairement < 65dB(A) en présence des élèves (OMS, 2001)
- Niveaux de **bruit de fond** dans les classes en l'absence des élèves **légèrement > 35dB(A)** :
 réglage système ventilation, isolation du bâtiment

Les niveaux de bruit extérieurs/intérieurs



Ecole A : Environnement trafic/
autoroute



Ecole C : Environnement urbain

Conclusion

- Une étude pointue qui a mis en avant des constats, pratiques dans les écoles concernées sur la base de capteurs innovants, questionnaires et mesures temporelles très fines (croisement de données)
- Impact de l'environnement extérieur (analyse absence/présence des enfants)
- Des enjeux de confort, de qualité de l'air (particules, CO₂) et de bruit extérieur
- Mise en évidence de difficultés à diminuer l'exposition des enfants dans les classes (aération)
- Suite aux résultats des mesures sur les 12 classes étudiées, le Cerema a **formulé ou précisé 10 recommandations visant à améliorer la QAI et le bruit**, concernant le bâtiment et les pratiques d'aération