



# Performance 2

Durabilité de la performance de la ventilation

## RESTITUTION PERFORMANCE 2

Un air nouveau pour la ventilation hygroréglable :  
retour après 15 ans de performance

Le 11 juin 2024 - BRON





# Partenaires du projet



Coordinateur du projet



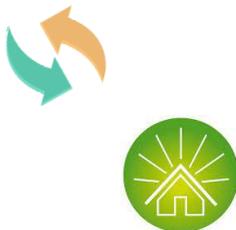
Financement



Industriel



Industriel



LOCIE



UNIVERSITÉ  
SAVOIE  
MONT BLANC

Université/Laboratoire



Bailleurs logement social



# Equipe projet



Adeline Mélois, Gaëlle Guyot, Manon Santerne, Maryse Renaud, Ambre Marchand-Moury, Catherine Nauleau, Sylvain Rebières, Romuald Jobert, Sophie Zany, Murielle Clairis, Lucie Deroo, Cécile Caudron, Nathalie Moral, Stéphanie Bordel, Nathan Vala, Sandrine Charrier, Emmanuel Roux, Valérie Leprince



Marc Legree, Juan Rios, Stéphane Berthin, Elsa Jardinier, François Parsy



Jérémy Depoorter, Nicolas Dufour, David Salvetat



Evelyne Gonze, Michel Ondarts, Jonathan Outin, Benjamin Golly



# Contexte du projet



## Projet Performance (PREBAT, 2007-2010)

- Soutenu par l'ADEME
- Piloté par Air.h, partenaires: CSTB, CETE (devenu Cerema), COSTIC, Cetiati, Allie'Air, Aereco, Anjos, Atlantic, Aldes
- Evaluer la performance des systèmes de ventilation mécanique HYGRO : énergie et QAI
- Suivi de la construction de 2 immeubles : Paris et Villeurbanne
- Capteurs et instrumentations de suivi embarqués





## Projet Performance (PREBAT, 2007-2010)

- 31 appartements : mesure en contenu CO<sub>2</sub>, humidité relative, Température et fonctionnement des bouches (ouverture et pression) et entrées d'air (ouverture)
- Résultat principal : performance de ce type de système de ventilation intelligente vis-à-vis de la QAI (CO<sub>2</sub> et HR) et des consommations énergétiques
- Premières expérimentation *Démarche Qualité perméabilité* à l'air enveloppe et réseaux de ventilation
- **Constat en 2018 : instrumentation unique toujours en été de fonctionnement -> opportunité exceptionnelle**

### Partenaires du projet

Leader :



Partenaires :





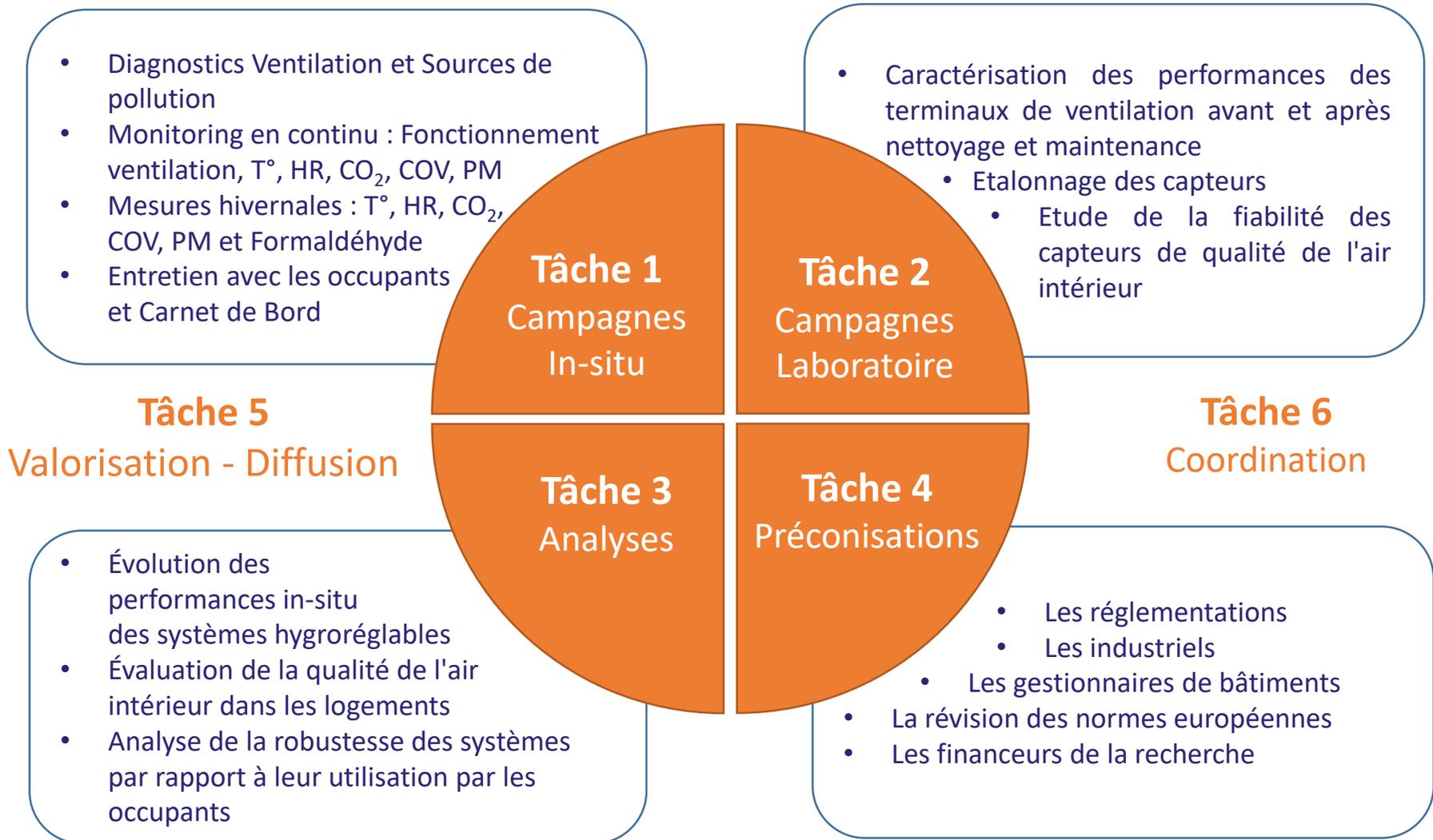
## Performance 2

### Objectifs nouveau projet « Performance 2 » (2020-2024)

1. Développement de connaissances scientifiques sur la performance globale des systèmes de ventilation hygro-réglables, en intégrant performance énergétique et qualité de l'environnement intérieur (confort et QAI)
2. Evaluation de la **durabilité** de la ventilation hygro-réglable une fois installée in situ



# Objectifs et tâches du projet





## Une page dédiée :

- Présentation du projet
- Articles d'actualité
- Newsletters (2 en ligne)

## A venir :

- Newsletters 3 et 4
- Présentation de la restitution
- Synthèse du projet

## Performance 2 : Durabilité de la performance de la ventilation



Le projet Performance 2 vise à caractériser la durabilité des systèmes de ventilation intelligente de type hydro-réglable, et leur robustesse vis-à-vis notamment de l'usage des occupants. Ces évaluations se base sur des mesures in-situ réalisées sur 2 bâtiments d'habitation donc la construction avait été suivie par le projet Performance (2007-2010), à Paris et à Villeurbanne.

### DESCRIPTION



Le projet Performance 2 vise à caractériser la durabilité des systèmes de ventilation intelligente de type hydro-réglable, et leur robustesse vis-à-vis notamment de l'usage des occupants. Ces évaluations se base sur des mesures in-situ réalisées sur 2 bâtiments d'habitation donc la construction avait été suivie par le projet Performance (2007-2010), à Paris et à Villeurbanne. Ces mesures sont réalisés d'une part à l'aide de capteurs embarqués directement au niveau des terminaux de ventilation (mesures de débit, de pression, de CO<sub>2</sub>, d'humidité relative) et sont complétés par des mesures dans les logements de COV, de formaldéhyde et de particules fines.

### CONTEXTE, ENJEUX DE SOCIÉTÉ

Si les systèmes de ventilation intelligents sont utilisés depuis plus de vingt ans dans certains pays d'Europe, on note dans la littérature scientifique de ces quelques dernières années un engouement plus marqué pour les étudier. Il reste néanmoins difficile d'analyser la

<https://www.cerema.fr/fr/innovation-recherche/recherche/projets/performance-2-durabilite-performance-ventilation>



NOUS CONTACTER

### AUTRES PROJETS DANS CE DÉFI DE R&I

- EnSuring D'Une Resilience against Climate Change (ENDURE)
- Caractérisation des environnements sonores urbains (CENSE)
- Architecture for European Logistics Information exchange (AELIX)
- Built to Specifications: Self-Inspection, 3D Modelling, Management and Quality-Check Tools for the 21st Century Construction Worksite (Built2Spec)
- Recyclage optimal des agrégats de béton bitumineux dans les chaussées à faible trafic (ORRAP)
- Reconstruction des territoires : leviers pour anticiper les catastrophes naturelles (RELEV)
- Prévoir l'impact du bruit des éoliennes (PIBE)
- Développement d'ECO-matériaux en TERRE-Allégée pour des constructions écologiques performantes (ECOTERRA)
- Connaître l'impact du bruit des éoliennes sur la santé (CIBELIUS)
- Photovoltaic and greenROOF (PROOF)
- HYGRO-PI - Impact de la mise en oeuvre du pare-vapeur : risque de pathologies liées à une perturbation dans la continuité du pare-vapeur
- MODALES - MODIFY Drivers' behaviour to Adapt for Lower Emissions
- Projet SCO EO+WETLANDS (2023-2025)
- Projet ANR REFLECTIVITY (2023-2027)

### SOMMAIRE

- DESCRIPTION
- CONTEXTE, ENJEUX DE SOCIÉTÉ
- OBJECTIFS, PROBLÉMATIQUE SCIENTIFIQUE
- DÉMARCHE, ÉTAPES
- APPORT SPÉCIFIQUE DU CEREMA
- PARTENAIRES
- EN SAVOIR PLUS



# Programme de Restitution

- **Tâche 1** : Caractérisation IN-SITU - Campagnes de mesure QAI et monitoring des performances des systèmes hygroréglables
- **Tâche 2** : Caractérisation LABORATOIRE - Caractérisation des performances des terminaux hygroréglables et Intercomparaison des appareils de mesure
- **Tâche 3** : Évaluation de la durabilité des systèmes et de la QAI dans les logements étudiés
- **Tâche 4** : Enseignements du projet

## Questions / Échanges

- Retour d'expériences Lyon Métropole Habitat
- 17h20 - 18h30 : Conclusions et Cocktail / Échanges



# Performance 2

Durabilité de la performance de la ventilation

## Tâche 1

Organisation et suivi des campagnes de mesure *in situ*  
*Manon Santerne , Adeline Mélois et Catherine Nauleau (Cerema)*  
*Jérémy Depoorter (Anjos) et Juan Rios (Aereco)*



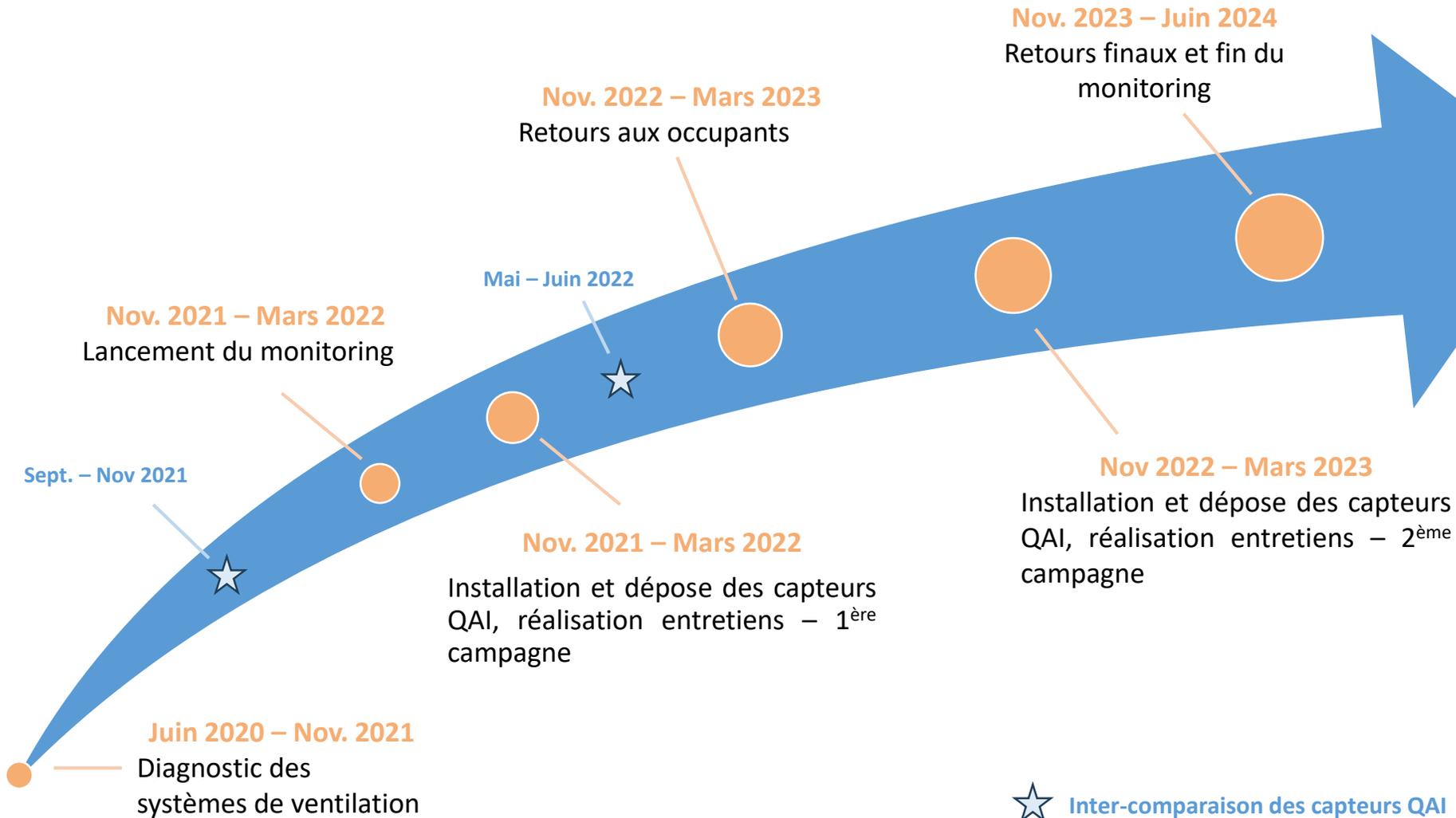


# Objectifs de la tâche 1

- **Organisation et suivi des campagnes de mesure :**
  - Immeuble de Paris Habitat, à Paris – *Objectif 12 logements*
  - Immeuble de Lyon Métropole Habitat, à Villeurbanne – *Objectif 6 logements*
- Objectifs principaux :
  - Recruter des occupants volontaires
  - Réaliser un état des lieux de la ventilation
  - Mesurer en continu des paramètres instrumentés sur les systèmes de ventilation
    - Fonctionnement du système / des terminaux
    - Paramètres confort et QAI
  - Organiser les campagnes de qualité de l'air intérieur sur 2 saisons de chauffe dans les logements volontaires
    - Elaboration d'outils méthodologiques (diagnostics, carnet de bord et questionnaire)
    - Réalisation des campagnes de mesure QAI
    - Réalisation des entretiens semi-directifs
  - Faire un retour aux offices HLM et occupants

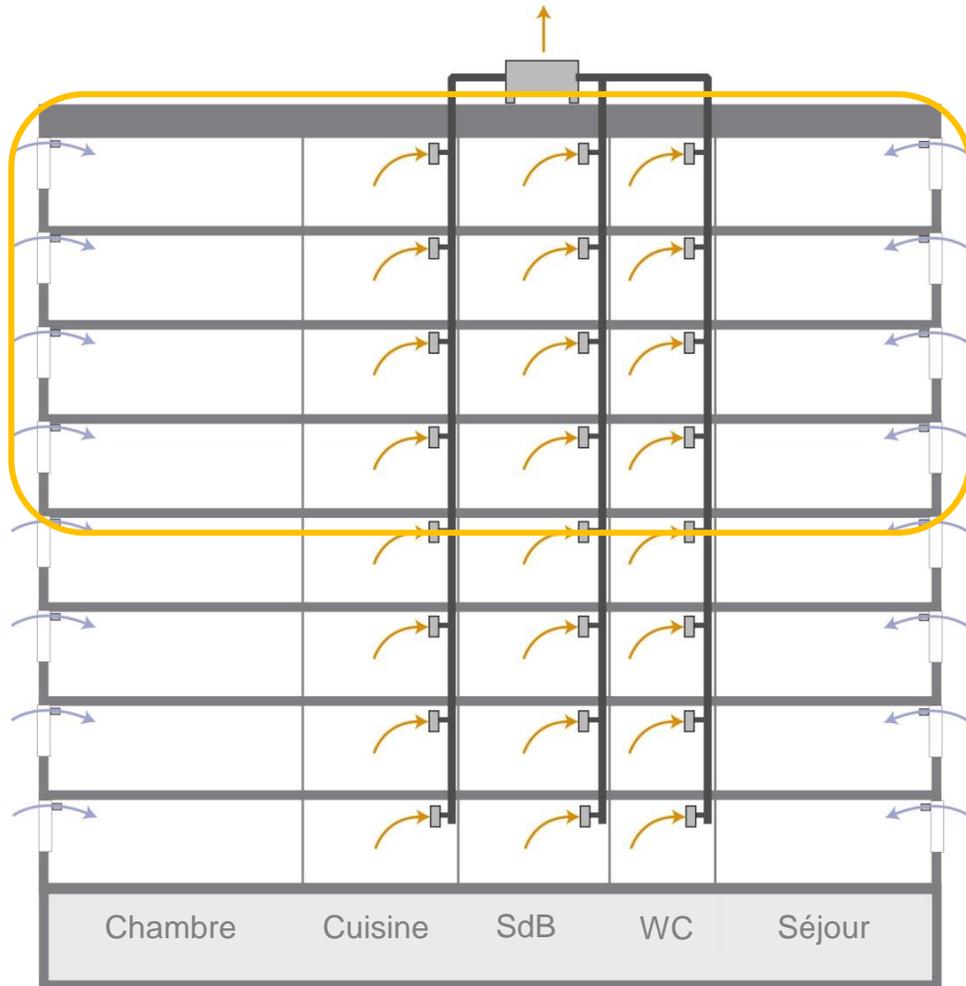


# Calendrier de la tâche 1





# Présentation du site de Paris

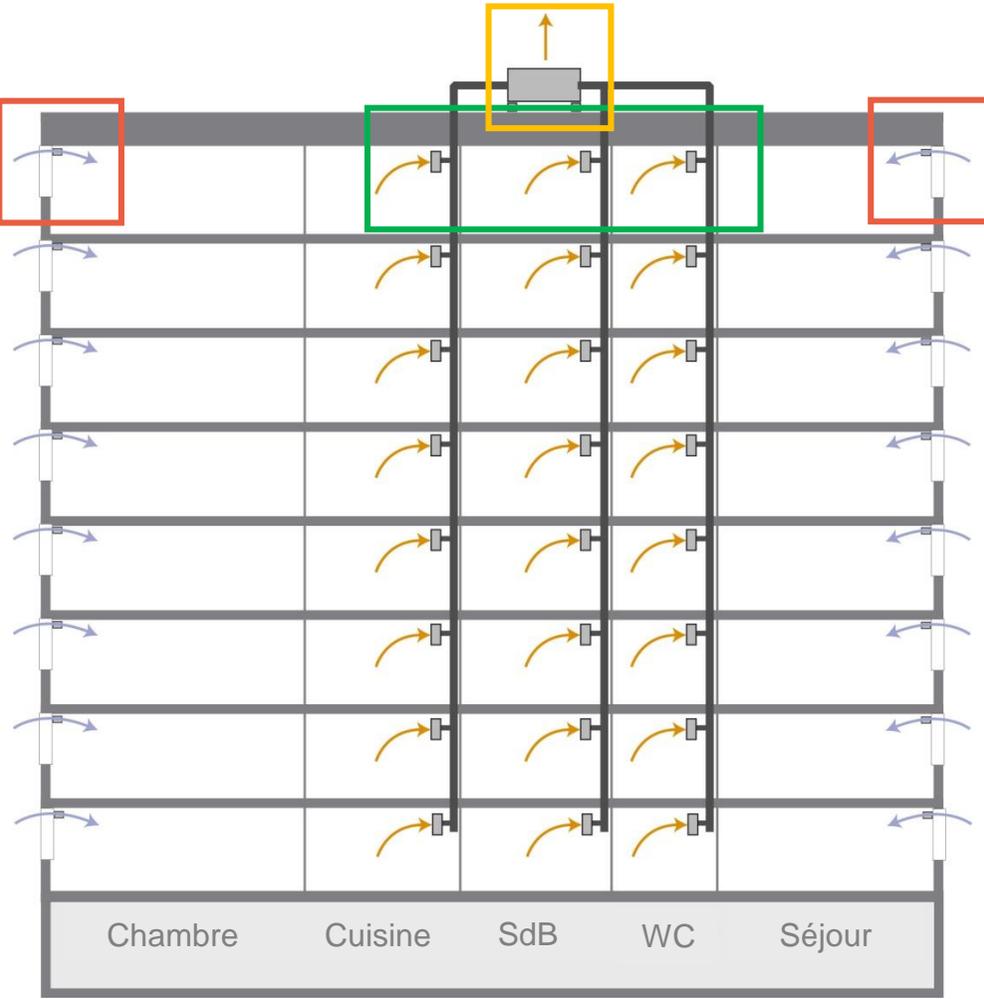


- Bâtiment de 8 étages → Seulement 4 étages instrumentées
- 15 appartements + 2 stations météo
- Entre 1 et 5 pièces instrumentées par logement
- $n_{50} = 1.51 \text{ ACH @ } 50 \text{ Pa}$





# Présentation du site de Paris





# Présentation du site de Paris

Installations dans les logements : bouches d'extraction et entrées d'air instrumentées

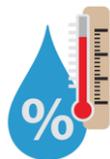


**Capteur COV**  
Performance 2  
(peinture, cuisine, ameublement, ...)

**Capteur CO2**  
Performance 1  
Performance 2



**Capteur de Température et Humidité relative**  
Performance 1  
Performance 2



  
**Détecteur de présence (wc)**  
**Grand débit (Cuisine)**

**Capteur de Particules Fines (PM)**  
Performance 2  
Concentration massique de PM2.5  
(0.3 à 2.5 µg/m3)



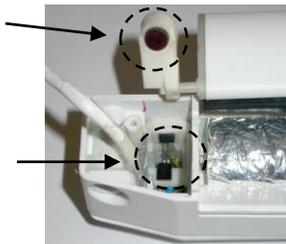


## Carte Electronique – Capteur Effet Hall :

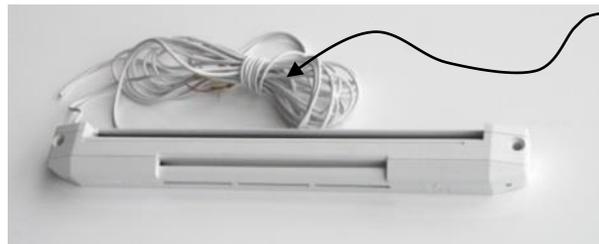
- Entrée d'air (EA) → Calcul Débit :
  - Un capteur de position du volet



Aimant



Capteur  
effet hall

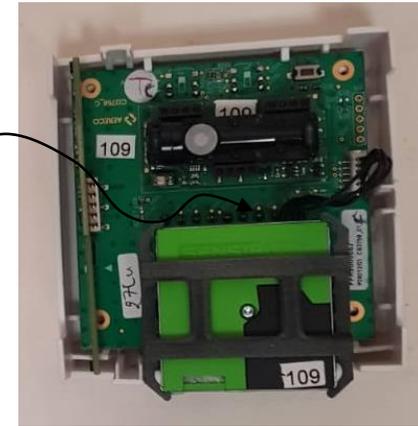




## Carte Electronique – Capteur Pression :

- Bouche d'extraction (BE) → Calcul débit :
  - Un capteur de position du volet
  - Un capteur de pression

(WC → Capteur présence + Cuisine → Débit additionnel ou *boost*)





# Présentation du site de Paris

Centrale d'acquisition → 1 mesure chaque minute



Power +  
Data



Power +  
Data



Power +  
Data



Power +  
Data



# Présentation du site de Paris

## Stations Météo :



- Température
- Humidité
- CO<sub>2</sub>
- COV
- PM2.5
- Vitesse vent
- Direction vent

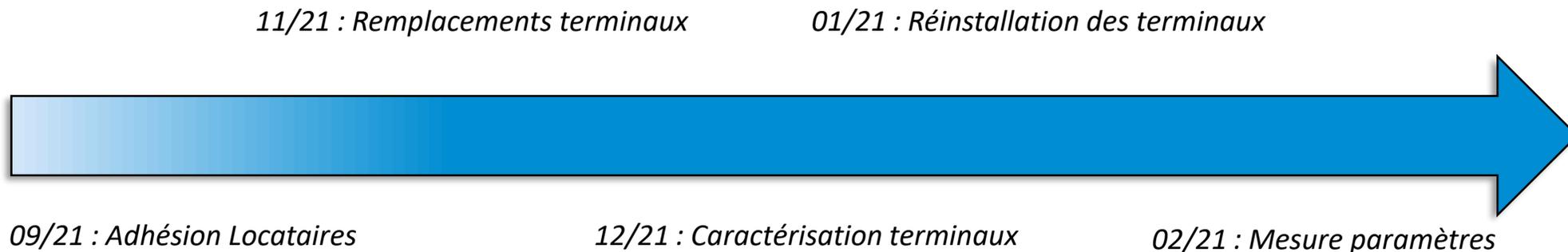




# Présentation du site de Villeurbanne

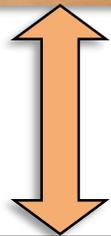
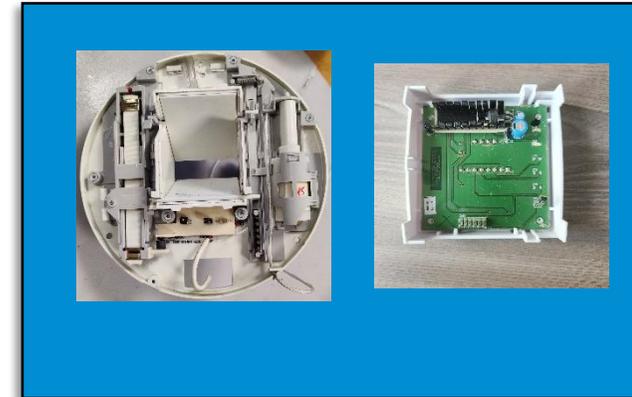
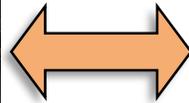
## Présentation générale

- Site : Immeuble Lyon Métropole Habitat
- Durée du projet : 2021–2024
- Suite du projet Performance (2007-2009)
- **Performance 1** : 12 Appartements instrumentés sur 5 étages (81 Capteurs)
- **Performance 2** : 7 Appartements instrumentés sur 5 étages (46 Capteurs) : 1 x T5, 2 x T4, 2 x T3, 2 x T2





## Instrumentation sur site



Mesure  
toutes les  
minutes

**Gestion sur Ordinateur**

4-20 mA  $\rightarrow$  X %<sup>HR</sup>

### Pièces de vie

Capteur de position  
[CO<sub>2</sub>]  
Humidité relative  
Température

### Pièces humides

Capteur de position  
Humidité  
Température

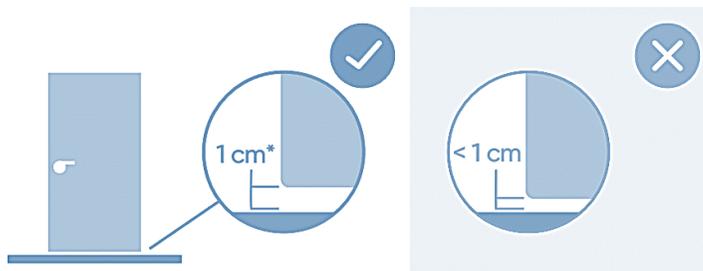
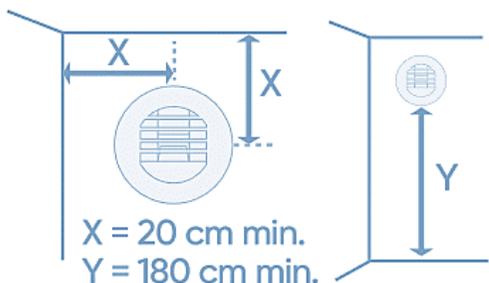


# Présentation de Promevent

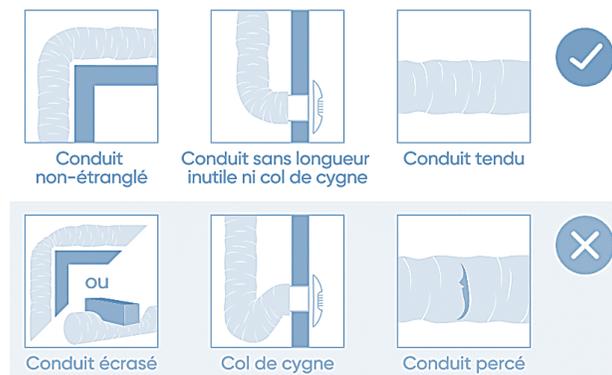
## Promevent Résidentiel



- Promevent est un projet réalisé entre 2013 et 2017 dans le cadre de l'APR « Vers des bâtiments responsables à horizon 2020 ».
- Le but est d'améliorer la fiabilité des protocoles d'évaluation des performances des systèmes de ventilation. Pour cela, des **méthodologies de vérification** et de **mesure des systèmes de ventilation** dans les bâtiments résidentiels neufs ont été établis.



\*2 cm pour la porte de cuisine, si la cuisine n'a qu'une seule porte.



Utilisation de ces recommandations pour caractériser l'état des systèmes de ventilation

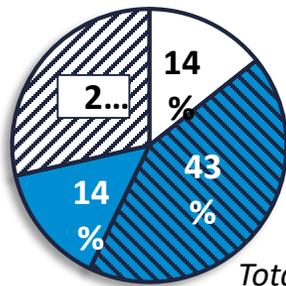


# Etat des systèmes de ventilation

## Mesures de pressions aux bouches d'extractions

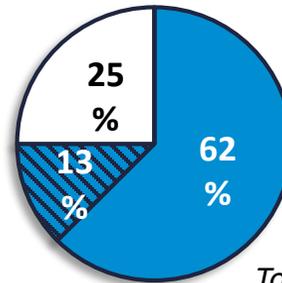
160 Pa >  $\Delta P$ (Cuisine/SdB/WC) > 80 Pa

Bouches cuisine



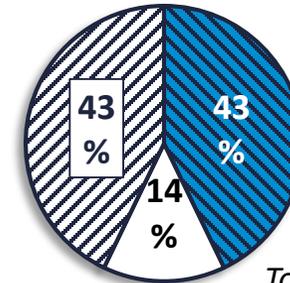
Total : 7

Bouches WC



Total : 8

Bouches Salle de bain



Total : 7

■ Conforme   ■ Conforme et encrassé   ■ Non-conforme et encrassé   □ Non-conforme

Les bouches des WC sont à 75 % conformes aux mesures de pression et sont rarement encrassées.

Ce constat n'est pas observable pour les bouches cuisine et SdB.

→ Les bouches présentent dans la cuisine et les salles de bain des logements sont souvent encrassées (79%).



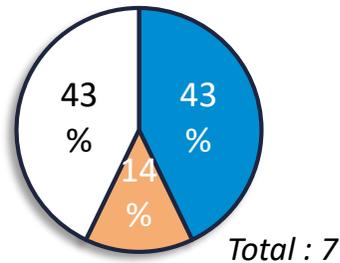
Encrassement des produits



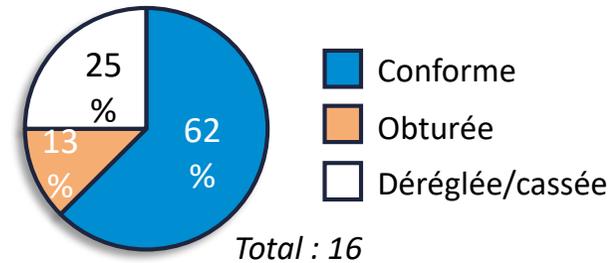
# Etat des systèmes de ventilation

## Conformité des entrées d'air

Entrée d'air salon



Entrée d'air chambre



- Conforme
- Obturée
- Déréglée/cassée

Dans le **salon**, 57 % des bouches sont **obturées, déréglées** ou **cassées**.  
Dans les **chambres**, **62 %** sont **conformes** aux recommandations du projet Promevent.

Systemes déréglés  
(Capot démonté)





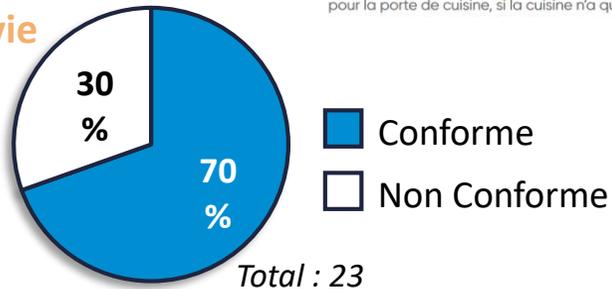
# Etat des systèmes de ventilation

## Conformité par rapport aux recommandations Promevent - Détalonnage



pour la porte de cuisine, si la cuisine n'a qu'une seule porte.

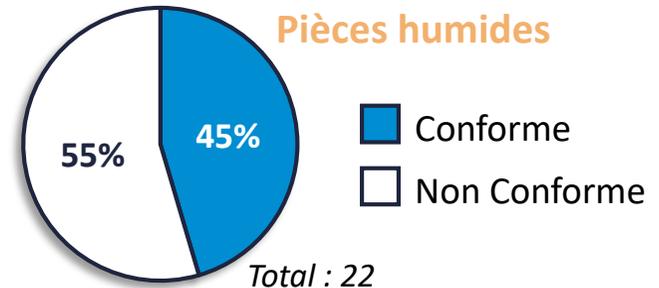
### Pièces de vie



■ Conforme  
□ Non Conforme

- Dans les pièces de vie, le détalonnage est conforme aux recommandations du projet Promevent.

### Pièces humides



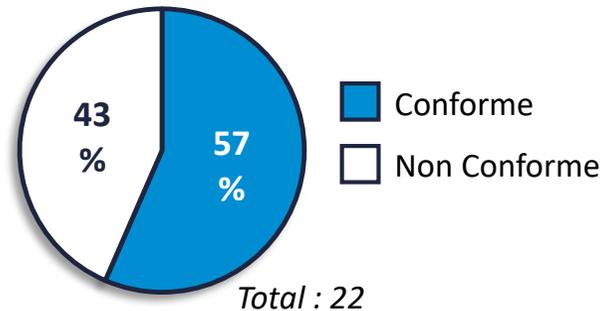
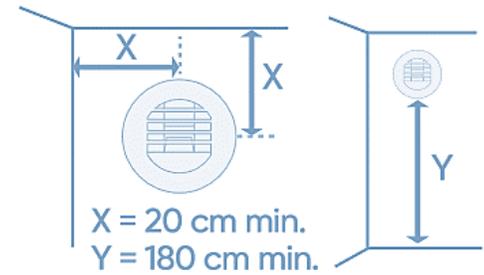
■ Conforme  
□ Non Conforme

- Dans les pièces humides, seulement 45 % de détalonnage des portes est conforme. Changement de sols



# Etat des systèmes de ventilation

## Conformité par rapport aux recommandations Promevent – Disposition des bouches



La moitié des bouches ne sont pas disposées conformément aux réglementations ce qui est dû à une mauvaise disposition des conduits.



- **Diagnostic immeuble :** informations sur les sources potentielles de pollutions liées aux parties communes des bâtiments
  - Localisation du stockage de produits chimiques/d'entretien
  - Nettoyage des parties communes : technique, fréquence, etc.
  - Localisation des locaux techniques
- Rempli par les équipes du projet



**Performance 2**  
Durabilité de la performance de la ventilation

Diagnostic Immeuble QAI			
<b>Bâtiment</b>	XXXXXX	<b>Parties communes</b>	
<b>Date finalisation</b> <small>(vérification sur site)</small>	jj/mm/aaaa	<b>Equipe Cerema :</b>	Nom Prénom - Dter - Service Nom Prénom - Dter - Service

**1 Entretien des parties communes**

Observation sur site :  
toute modification constatée, avec la date de la modification, et autres observations

Stockage de produits chimiques / d'entretien			
1.1	Des produits chimiques et/ou d'entretien (peinture, vernis, collage, pesticides, produits détergents) sont-ils stockés dans les parties communes du bâtiment	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
1.2	Si oui, ces produits sont stockés :	<input type="checkbox"/> dans une pièce technique :	<input type="checkbox"/> Ventilée <input type="checkbox"/> Non ventilée
		<input type="checkbox"/> dans un placard :	<input type="checkbox"/> Ventilé <input type="checkbox"/> Non ventilé
		<input type="checkbox"/> Autre :	
Nettoyage des parties communes			
1.3	Techniques utilisées :	<input type="checkbox"/> Sec Détails :	<input type="checkbox"/> Humide Détails :
1.4	Produits utilisés :		



- **Diagnostic logement :** informations sur les sources potentielles de pollutions liées aux logements instrumentés
  - Logement en général
  - Evènements exceptionnels (dégâts des eaux, etc.)
  - Chauffage et appareils à combustion
  - Nombre et type de menuiseries dans les pièces instrumentées
- Rempli par les équipes du projet



Diagnostic Logement QAI			
Bâtiment		Logement n°	
Date finalisation (vérification sur site)		Equipe Cerema :	

**1 Général logement**

*Observation sur site : suite modification constatée, avec la date de la modification, et autres observations*

Généralités	
1.1	Etage <input type="checkbox"/> R+D.C. <input type="checkbox"/> 1 <sup>er</sup> <input type="checkbox"/> 2 <sup>e</sup> <input type="checkbox"/> 3 <sup>e</sup> <input type="checkbox"/> 4 <sup>e</sup> <input type="checkbox"/> 5 <sup>e</sup> <input type="checkbox"/> 6 <sup>e</sup>
1.2	Type de logement <input type="checkbox"/> T1 <input type="checkbox"/> T2 <input type="checkbox"/> T3 <input type="checkbox"/> T4 <input type="checkbox"/> T5 <input type="checkbox"/> T6 <input type="checkbox"/> T7
1.3	Nombre d'occupants <i>Si occupation variable, préciser :</i>
1.4	Le logement est-il traversant ? <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Oui <i>Orientations des ouvrants :</i>
Evènements exceptionnels	
1.5	Y a-t-il eu un dégat des eaux récent (moins d'un an) dans le logement ? <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Oui <i>Date :</i> <i>Durée :</i> <i>Nature :</i>
1.6	Y a-t-il eu des rénovations ou travaux dans le logement au cours des six derniers mois ? <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Oui <i>Date :</i> <i>Nature :</i>



# Outils méthodologiques

- **Carnet de bord** : informations sur les sources potentielles de pollutions liées aux logements instrumentés pendant les campagnes QAI
- 5 thématiques abordées
  - Préparation des repas
  - Tâches ménagères
  - L'usage de la salle de bain
  - L'aération du logement
  - Les activités de bricolage, de loisir, et de bien-être
- Rempli par les occupants lors des 2 semaines de campagnes de mesure
- A été amélioré pour la 2<sup>ème</sup> campagne de mesure (moins chronophage)

### Carnet de bord

Nous allons nous intéresser aux activités ci-dessous :

- La préparation des repas
- Les tâches ménagères
- L'usage de la salle de bain
- L'aération du logement
- Les activités de bricolage, de loisirs, de bien-être

■ Semaine 1 :

Jour de la semaine	Heure de début	Durée (en minutes)	Mode de cuisson			
Lundi						
Mardi						
Mercredi						
Jeudi						
Vendredi						
Samedi						
Dimanche						

Mode de cuisson	Préparation des repas	Matin		
		Heure début	Heure fin	Heure fin

Tâches ménagères	Cuisine						Séjour						Salle de Bain					
	Heure début	Heure fin	Heure début	Heure fin	Heure début	Heure fin												
Humidité																		
Poussière																		
Produit																		

Aération	Cuisine			Séjour			Salle de Bain		
	Heure début	Heure début	Heure début						
Ouverture fenêtre									



# Outils méthodologiques

- **Questionnaire** : permet de recueillir des informations complémentaires au carnet de bord, sous forme d'interview
  - Généralités sur le logement : nombre d'occupants, animaux de compagnie, habitudes sur la cigarette, etc.
  - Produits chimiques, d'entretien, parfums utilisés
  - Activités de cuisine : ouverture fenêtres, utilisation de la hotte
  - Aération/ventilation : fréquence, durée d'ouverture des fenêtres, etc.
  - Confort général : T°C, odeurs, désagréments
- Réalisée par les équipes du Cerema avec les occupants, à la fin des 2 campagnes de mesure
- A été adapté pour la 2<sup>ème</sup> campagne de mesure

Questionnaire entretien			
Bâtiment		Logement n°	
Date finalisation (vérification sur site)		Equipe Cerema :	
	Question à poser par l'intervenant aux occupants		
	Eléments à observer directement par l'intervenant		
	Case réponse à compléter par l'intervenant		
	Penser à prendre une photo de l'élément en question		

2.6		Et en hiver, est-ce que vous avez suffisamment chaud dans votre logement avec votre chauffage classique ?	<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Oui
			Passer directement à la question 2.10	
		Et du coup, vous faites comment ? Vous uti-		
5.2		Quand vous cuisinez, vous mettez en marche la ventilation (interrupteur ou cordelette) ?	<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Oui
5.3		Utilisez-vous la tirette ?	<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Oui
5.4		Présence d'une hotte ?	<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Oui
				Utilisez-vous votre hotte ?



## Mesures réalisées :

- Choix des polluants traceurs de la qualité de l'air intérieur
  - Formaldéhyde
  - Particules (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>1</sub>)
  - Paramètres de confort (température, humidité relative, CO<sub>2</sub>)
  - Composés organiques volatiles légers (COVL)
- Durée des mesures
  - 2 semaines pour chaque logement recruté
- Critères de localisation des capteurs NEMO
  - Installés dans les pièces équipées du nouveau système de ventilation (chambre + salon)
  - Contrainte de pose (éviter la proximité avec des points chauds et surfaces vitrées, accès à une prise électrique, posé à hauteur de 1,50m)



# Moyens de mesure campagnes QAI

## Moyens de mesures mis en œuvre sur la qualité de l'air intérieur

- Balise NEMo intérieur
  - 2 NEMOs placés dans une chambre et le salon pour chaque logement
- Balise NEMo extérieur
  - 1 NEMo placé sur le toit terrasse de l'immeuble



Les capteurs NEMo sont des capteurs portables qui mesurent en continu les paramètres QAI avec un pas d'enregistrement toutes les 10 min → suivi en temps réel qui va permettre de diagnostiquer la qualité de l'air à des concentrations de l'ordre du  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Une technique de mesure innovante basée sur l'utilisation de matériaux nanoporeux ultra sensibles pour la détection du formaldéhyde





# Fiches retour à destination des occupants

- Remise des fiches aux occupants : **novembre 2022 pour Paris et mars 2023 pour Villeurbanne**
- Compte rendu pédagogique adapté aux modes de vie des occupants**



**Performance 2**  
Durabilité de la performance de la ventilation

**Site de Lyon**  
45 Place Jules Granddémont - 69100 Villeurbanne

Compte rendu des observations réalisées dans votre logement

Contact

 **Etat des lieux des équipements de ventilation de votre logement**

**Entrées d'air**  
Séjour, Ch1, Ch2




Les entrées d'air relativement poussiéreuses mais en bon état. Une forte agglomération de poussière peut entraîner une réduction du débit d'air neuf entrant. Une entrée d'air est obturée et empêche l'arrivée d'air neuf.

**Bouche d'extraction**  
Cuisine




La bouche cuisine est encrassée par des matières grasses et empêche le bon fonctionnement du volet. Le volet module la quantité d'air extraite de la pièce. le mauvais fonctionnement du volet ne permet pas de ventiler la cuisine lorsque cela est nécessaire.

**Bouches d'extraction**  
Salle de bain et WC




Les bouches WC et Salle de bain sont en bon état mais disposent de différents obstacles qui empêchent un passage fluide de l'air. Ces obstacles réduisent la quantité (le débit) de l'air extrait dans ces pièces.

 **Recommandations pour l'entretien de vos équipements de ventilation**

Le volet des entrées d'air ne doit jamais être scotché/entravé afin d'assurer un bon taux de renouvellement d'air de votre logement.

Si la hauteur des passages de transit n'est pas respectée, l'air ne peut pas circuler correctement entre les pièces du logement, ce qui peut engendrer une sous ventilation de certaines pièces du logement.

Si les bouches d'extraction ne sont pas nettoyées régulièrement, la poussière risque de s'accumuler et d'altérer la ventilation de votre logement.  
Pour rappel, un accès facile à la cordelette de la bouche cuisine permet d'activer la fonction Boost qui augmente la ventilation pendant 30 min.



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



ADEME



Cerema



UNIVERSITÉ SAVOIE MONT BLANC



anjos



LOCE



AERECO



LYON METROPOLE HABITAT

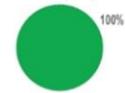
 **Observation de la qualité de l'air intérieur dans votre logement**

**CHAMBRE**

Température (°C) \*



Humidité (%HR) \*



■ > 22°C  
■ 18°C à 22°C  
■ < 18°C

■ > 70 %  
■ 30 à 70 %  
■ < 30 %

■ Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)

■ Formaldéhyde (CH<sub>2</sub>O)

■ Particules fines (PM<sub>10</sub>)

■ Particules fines (PM<sub>2.5</sub>)

**SÉJOUR**

Température (°C) \*



Humidité (%HR) \*



■ > 22°C  
■ 18°C à 22°C  
■ < 18°C

■ > 70 %  
■ 30 à 70 %  
■ < 30 %

■ Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)

■ Formaldéhyde (CH<sub>2</sub>O)

■ Particules fines (PM<sub>10</sub>)

■ Particules fines (PM<sub>2.5</sub>)

\* Pour information : les jauges sont données à litre indicatif

 **Recommandations pour améliorer la qualité de l'air intérieur**

**Activités**

-  Emission de polluants (COV) lors des activités de ménage et de nettoyage. Remise en suspension des particules.
-  Emission de polluants dû au moyen de cuisson (gaz, friture, etc.) Développement de moisissure (humidité)
-  Développement de moisissure (humidité)
-  Emission de polluants lors de la combustion de bougies, encens Emission de polluants lors de l'utilisation de sprays, désodorisants, etc. Relargage de polluants contenus dans les colles, matériaux de construction Emission de polluants issus de la fumée de cigarettes

**Risque de pollution**

**Les bons gestes**

- Privilégier les produits de nettoyage naturels ou de qualité écologique. Privilégier un nettoyage humide des sols et du mobilier. Limiter l'utilisation d'Eau de Javel à des cas spécifiques de désinfection (éradication de moisissure). Utiliser l'aspirateur plutôt que le balai pour éviter la remise en suspension des particules. Respecter les doses prescrites au dos des produits.
- Activer la hotte et/ou la ventilation lors de la préparation des repas.
- Bien aérer la salle de bain après utilisation en laissant la porte ouverte et mettre en marche la VMC.
- Privilégier du mobilier et des produits peu émissifs disposant d'un label environnemental (A+, Ecolabel Européen, etc.). A réception, stocker les meubles neufs dans une pièce ventilée ou à l'extérieur. Limiter l'utilisation de bougies d'ambiance, encens, bombes aérosols, désodorisants (bien aérer après utilisation).
- Aérer les pièces de vie 10min / jour minimum. Ne pas obturer et laisser accessible les entrées et sorties d'air. Nettoyer les entrées et les sorties d'air 1 fois par an minimum. Aérer les pièces pendant et après les activités domestiques. Éviter de fumer dans le logement ou aérer 15-30 min pour renouveler l'air



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



ADEME



Cerema



UNIVERSITÉ SAVOIE MONT BLANC



anjos



LOCE



AERECO



LYON METROPOLE HABITAT



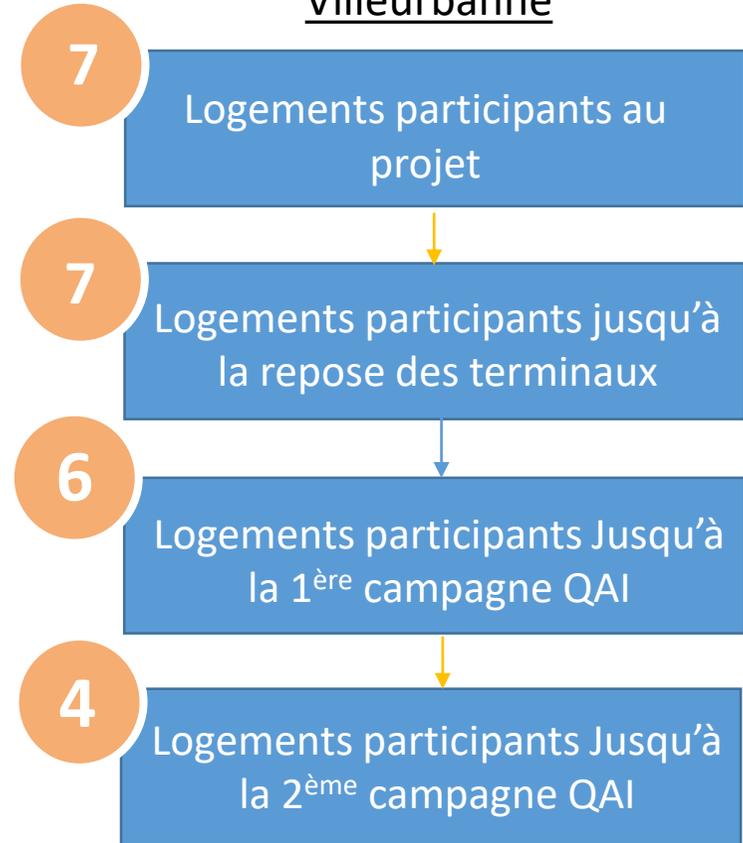
# Bilan de participation aux campagnes QAI

## Paris



*Perte de 70% des logements par rapport à 2019*

## Villeurbanne



*Perte de 40% des logements par rapport à 2019*



# REX des campagnes QAI

Lundi / / / /

Mode de cuisson	Matin		Midi   Déjeuner		Après-midi		Soir	
	Heure début	Heure fin	Heure début	Heure fin	Heure début	Heure fin	Heure début	Heure fin
Préparation des repas								
Mode de cuisson								

Lundi / / / /

Tâches ménagères	Cuisine				Séjour				Salle de Bain			
	Heure début	Heure fin	Heure début	Heure fin	Heure début	Heure fin						
Humidité												
Activité	Poussière											
	Produit											

Aération	Cuisine		Séjour		Salle de Bain	
	Heure début	Heure fin	Heure début	Heure fin	Heure début	Heure fin
Ouverture fenêtre						
Ouverture porte						

Lundi / / / /

Salle de bain	Occupant 1		Occupant 2		Occupant 3		Occupant 4		Occupant 5		Occupant 6	
	Heure début	Heure fin										
Activité	Bain											
	Douche											
	Lavabo											
Cosmétiques												

Lundi / / / /

Bricolage, Loisirs, Bien-être	Cuisine				Séjour				Salle de Bain			
	Heure début	Heure fin	Heure début	Heure fin	Heure début	Heure fin	Heure début	Heure fin	Heure début	Heure fin	Heure début	Heure fin
Activité	Parfums d'ambiance											
	Bricolage											
	Peinture											
	Sport											





# Performance 2

Durabilité de la performance de la ventilation

## Tâche 2

Caractérisation en laboratoire de la pérennité technologique des performances des composants de ventilation et intercomparaison des moyens de mesures de la QAI





## 3 sous-tâches

- Caractérisation des performances des terminaux de ventilation (modules d'entrée d'air et bouches d'extraction)
  - Aereco (logements Paris)
  - Anjos (logements Villeurbanne)
- Etalonnage / caractérisation de la fiabilité des capteurs intégrés dans les logements
  - Aereco (logements Paris)
  - Anjos (logements Villeurbanne)
- Intercomparaisons des appareils de mesure de la QAI
  - LOCIE



# Performance 2

Durabilité de la performance de la ventilation

## Tâche 2

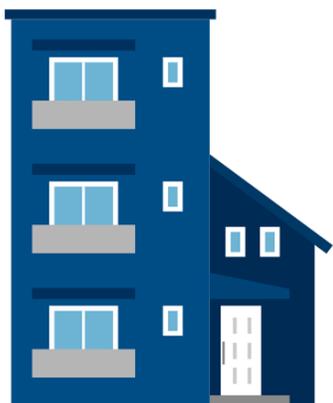
# Caractérisation des terminaux de ventilation

Jérémy Depoorter (Anjos) et Juan Rios (Aereco)



# Caractérisation des terminaux – Méthodologie

13 à 15 ans après : les bouches et entrées d'air fonctionnent-elles toujours correctement ?



Terminaux Provisoires  
chez l'Occupant

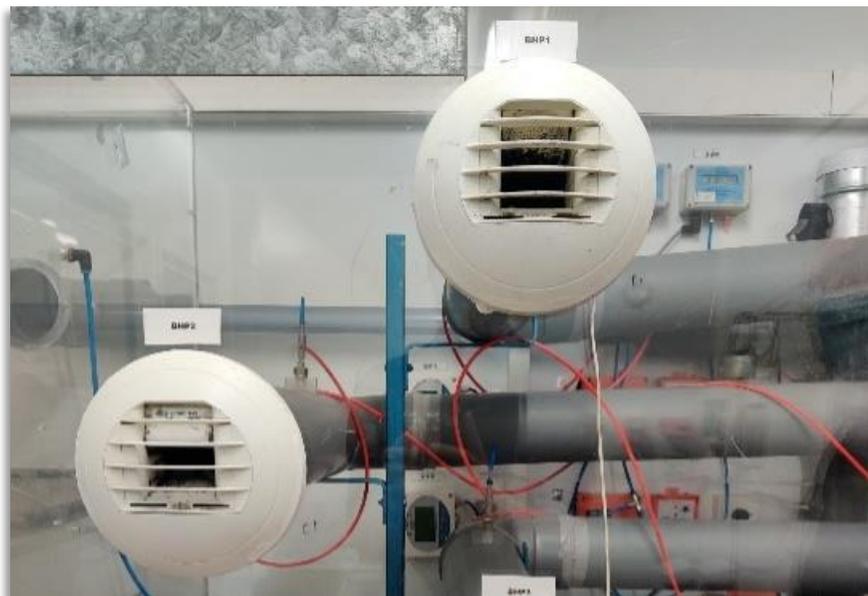
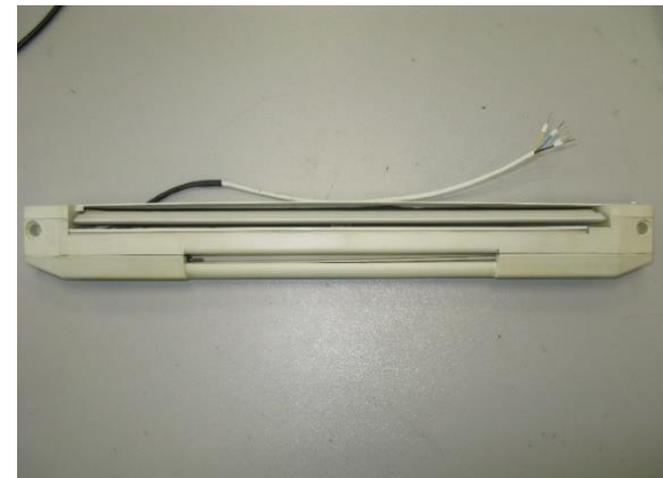


Terminaux récupérés pour  
Caractérisation au Labo



# Caractérisation des terminaux – Méthodologie

	Paris	Villeurbanne
Bouche d'extraction	<b>52</b>	<b>10</b>
Entrée d'air	<b>54</b>	<b>14</b>



# Caractérisation des terminaux – Méthodologie



*Terminaux de ventilation caractérisés tels quel*



*Terminaux de ventilation après nettoyage*

*Nettoyage des terminaux*



*Terminaux de ventilation après maintenance*

*Changement de volet  
Changement de canal  
Vérification TEMPO  
Changement tube pression*



# Caractérisation des terminaux – Méthodologie





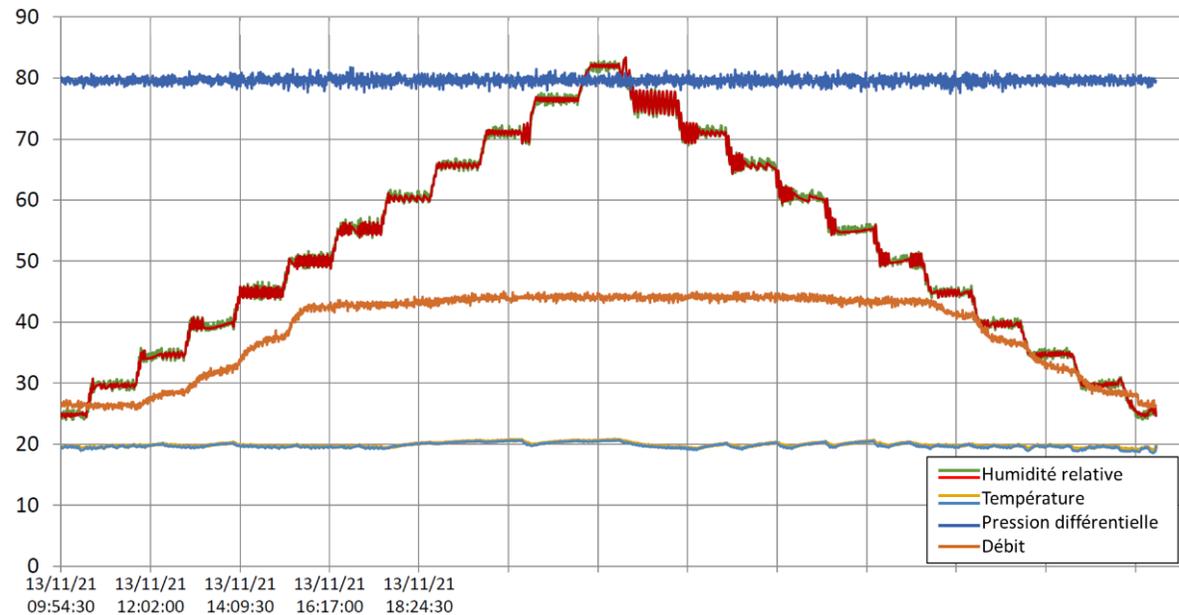
# Caractérisation des terminaux - Méthodologie

## Mesures hygro-aérauliques aux bouches d'extractions et entrées d'air



Terminaux de ventilation caractérisés tels quel

- Mesures hygro-aérauliques des entrées d'air réalisées selon la norme NF EN ISO 13141-9
- Mesures hygro-aérauliques des bouches d'extractions réalisées selon la norme NF EN ISO 13141-10
- 2 cycles isothermes (20 °C) de 25 à 80 %<sup>HR</sup> (Bouches d'extraction) ou 40 à 70 %<sup>HR</sup> (Entrées d'air) par pas de 5 %<sup>HR</sup> → Second cycle conservé pour l'essai

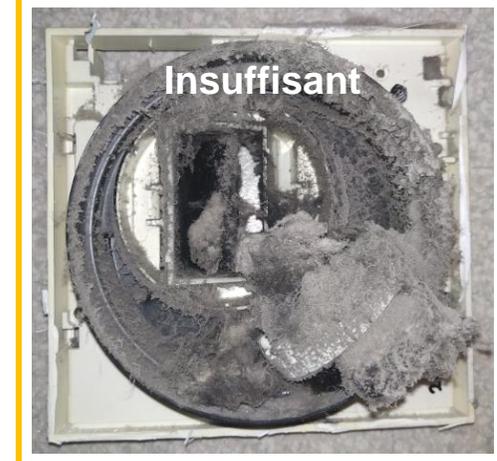
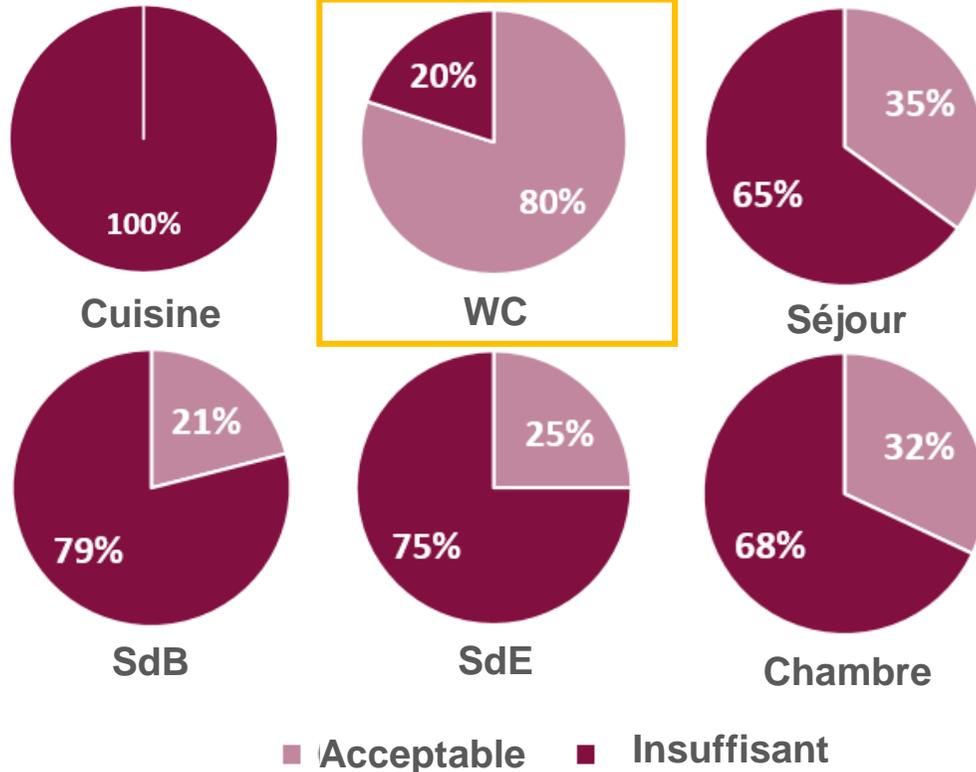


Exemple de courbes obtenues



# Caractérisation des terminaux – Résultats

Niveau d'encrassement des BE et EA :



Niveau d'encrassement des bouches d'extraction et des entrées d'air  
Paris - Diagnostic initial Performance 2



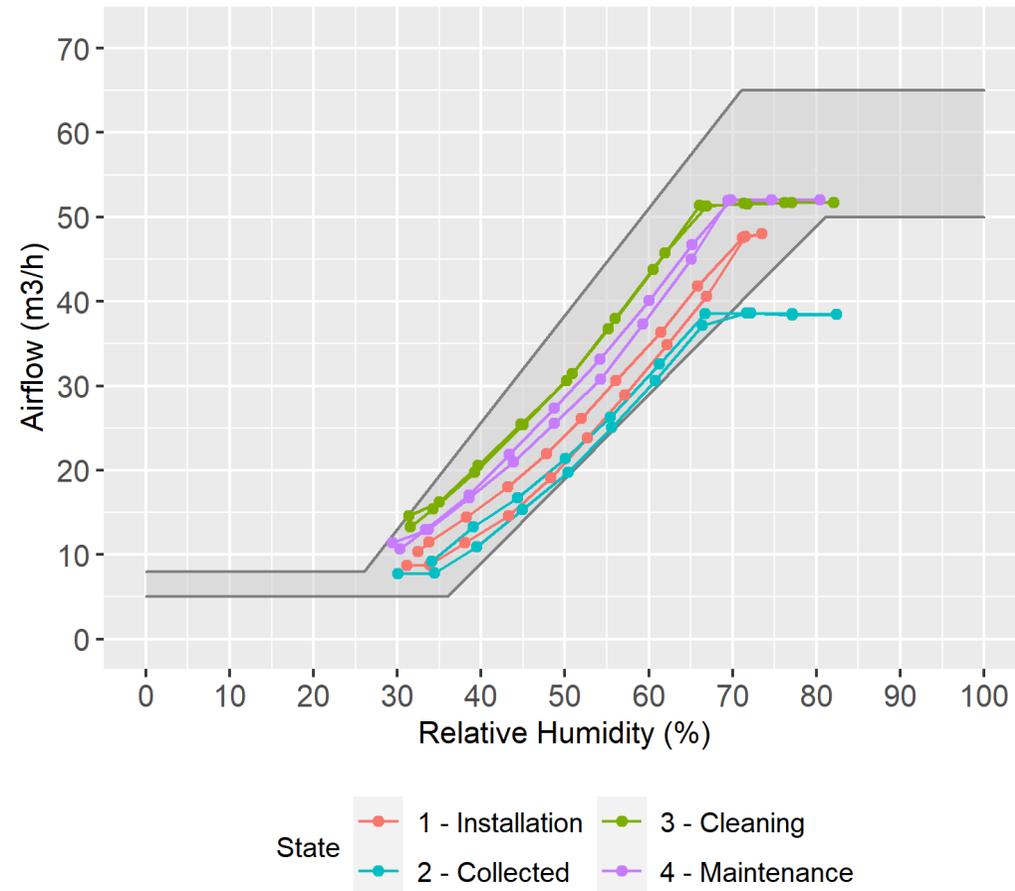
# Caractérisation des terminaux – Résultats

Caractérisation au laboratoire à 4 états différents

- **Installation en 2007 (produit neuf)**  
→ Points dans l'enveloppe de tolérance
- **Après 13 ans d'opération sur site en 2020 (produit en état)**  
→ Encrassement (ex. Limitation débit)
- **Après maintenance en 2020-2021**  
→ Plus de limitation du débit
- **Après maintenance en 2021 (changement volet, ...)**  
→ Retour dans l'enveloppe de tolérance



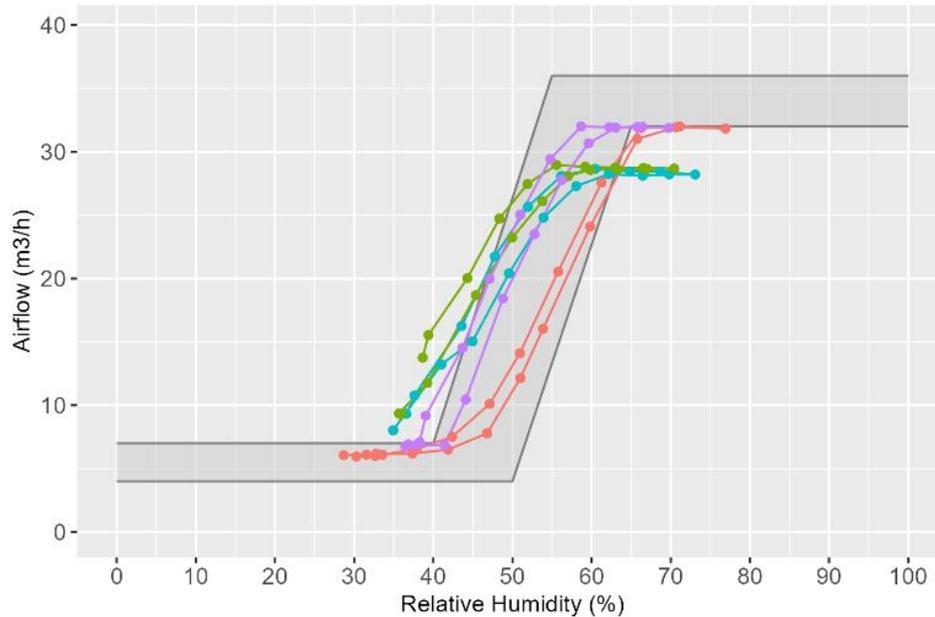
**Tissu hygroscopique pas touché depuis 2007**  
**→ Fonctionnement correct après 13 ans de fonctionnement**





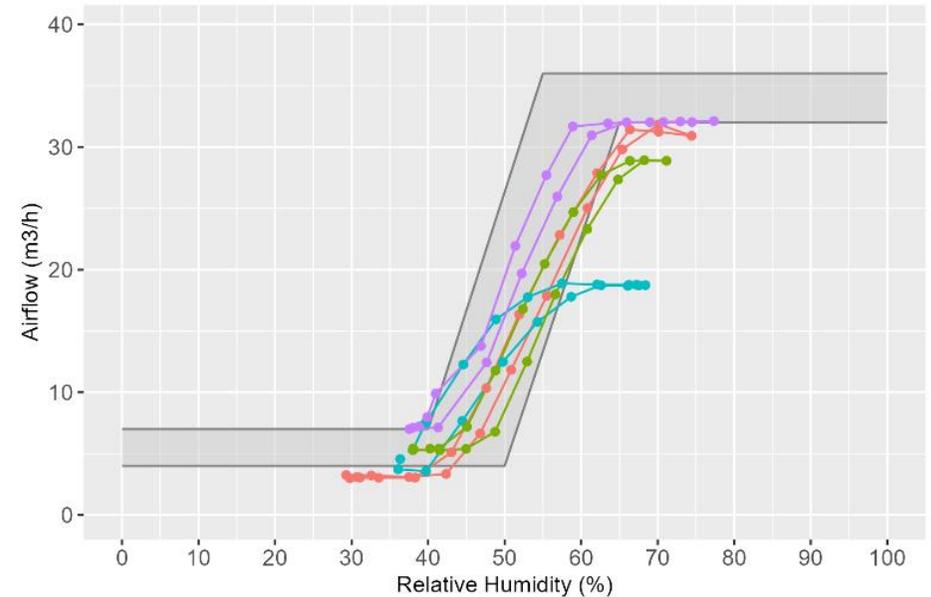
# Caractérisation des terminaux – Résultats

Hygroscopic Curve - P14  
Living Room



1. Installed 2. Collected 3. Cleaned 4. Refurbished

Hygroscopic Curve - P8  
Bedroom



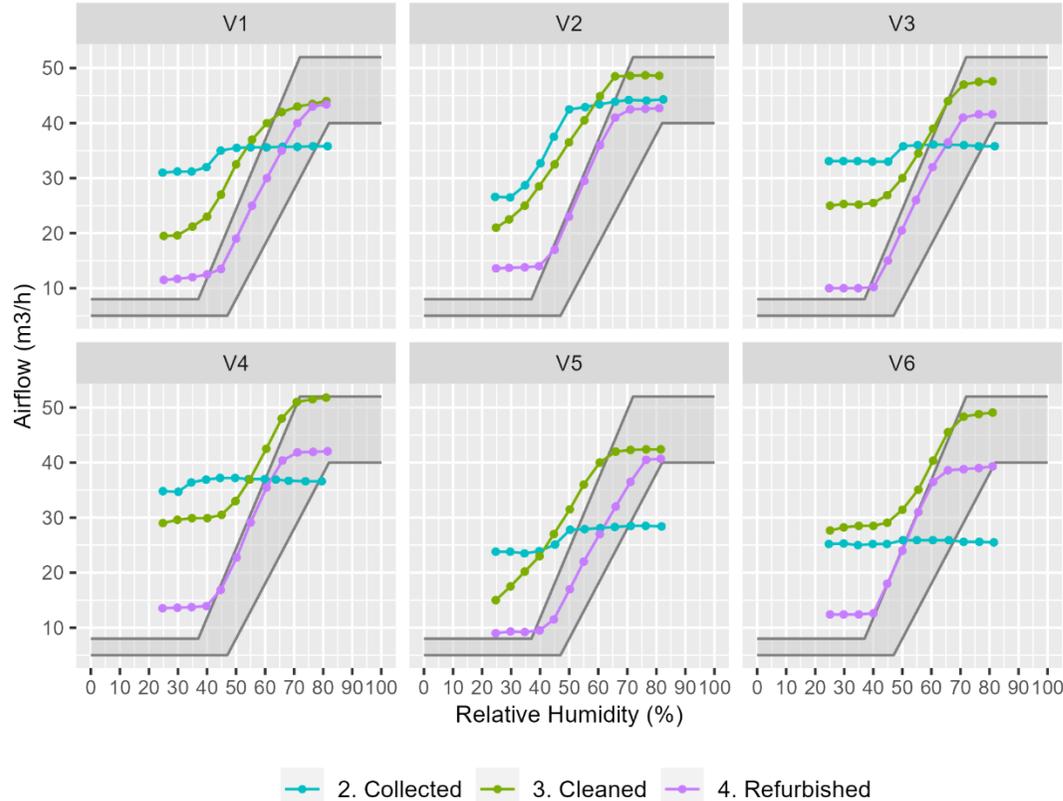
1. Installed 2. Collected 3. Cleaned 4. Refurbished

**Encrassement** (limitation en débit) → Retour dans le gabarit et **fonctionnement correct** après **nettoyage** et **maintenance**



# Caractérisation des terminaux – Résultats

## Hygroscopic Curve - Bathroom



## Hygroscopic Curve - Kitchen

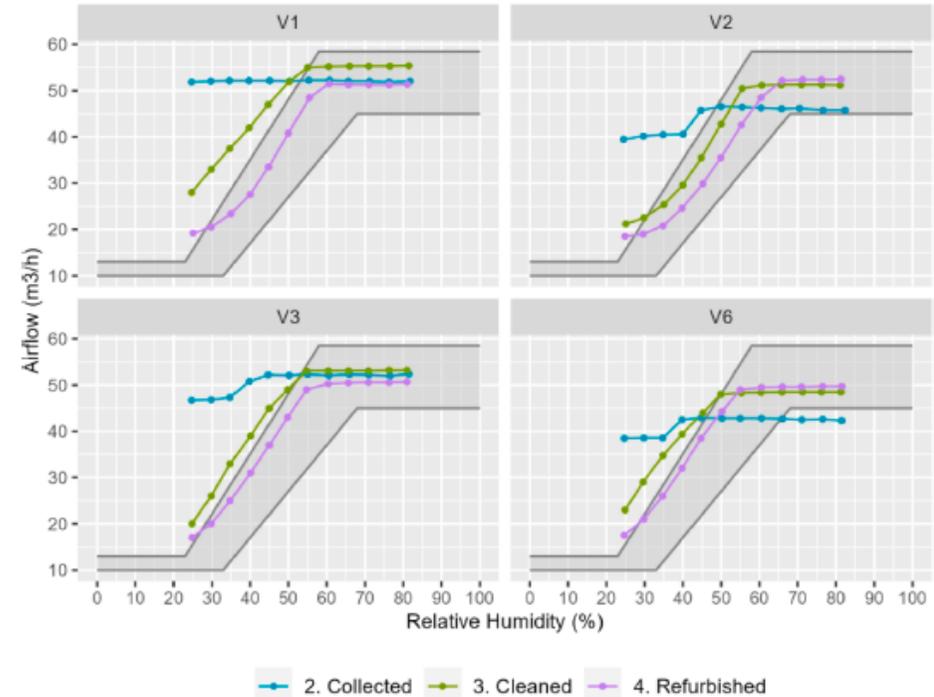


Fig. 11. Hygroscopic curves of kitchen ATDs from Villeurbanne.

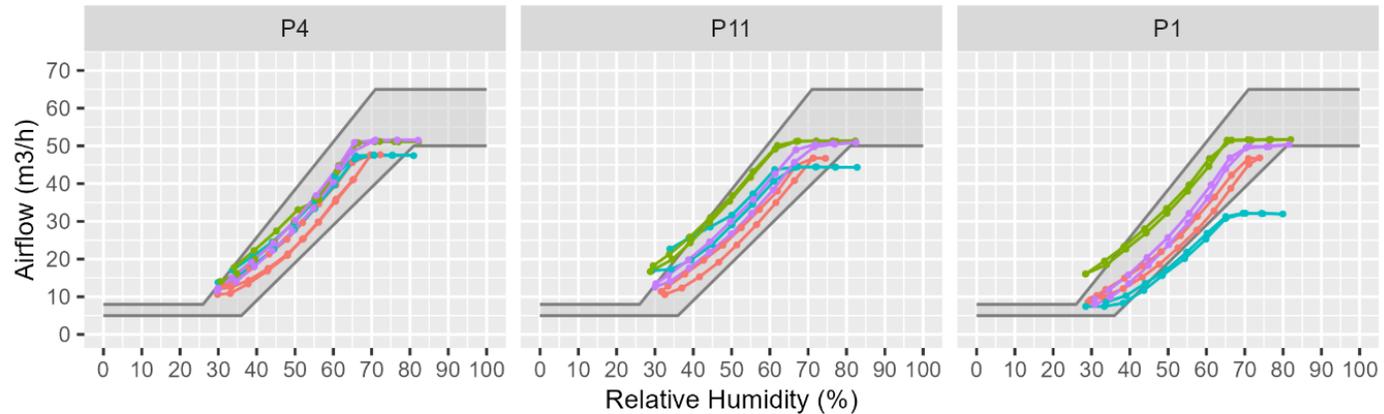
**Encrassement** (blocages de volets et perte de la propriété hygroréglable) → Retour dans le gabarit et fonctionnement correct après **nettoyage** et **maintenance**



# Caractérisation des terminaux – Résultats

## Impact de l'encrassement sur le fonctionnement des terminaux

### Hygroscopic Curve - Bathroom



1. Installed    2. Collected    3. Cleaned    4. Refurbished



A. Niveau visuel « BON »



B. Niveau visuel « ACCEPTABLE »



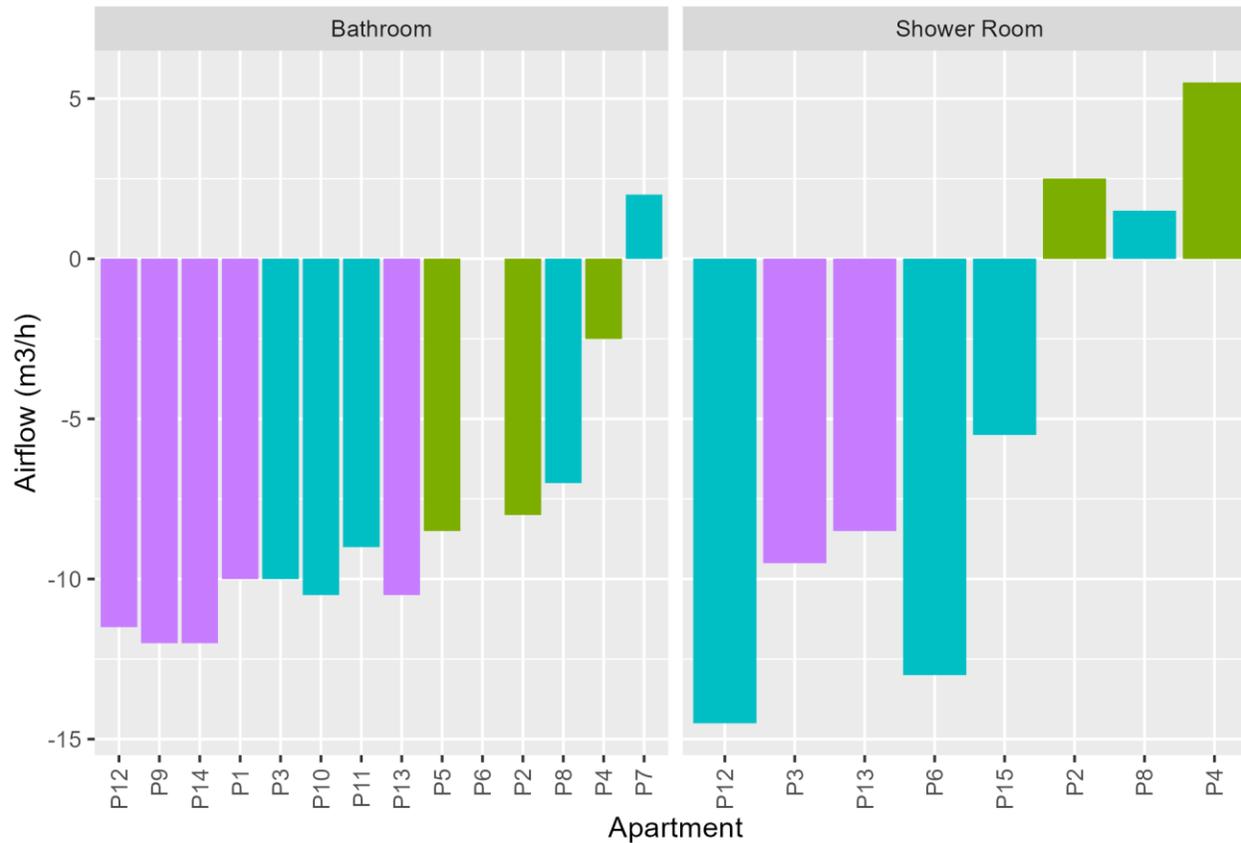
C. Niveau Visuel « MAUVAIS »



# Caractérisation des terminaux – Résultats

## Impact de l'encrassement sur le fonctionnement des terminaux

Limitation of maximum airflow  
between installed (2007) and collected (2020) states



- 1. Good
- 2. Acceptable
- 3. Bad
- 4. Degraded

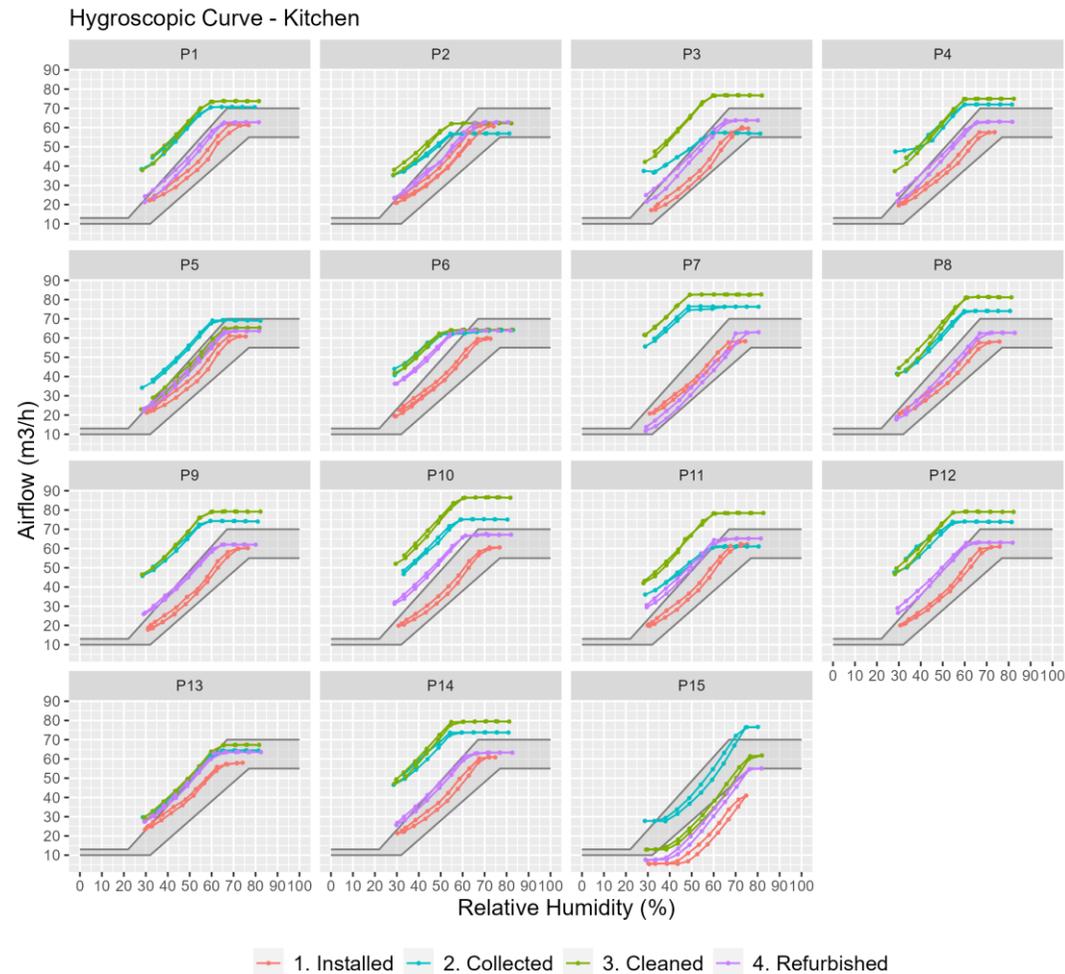




## Tendance générale :

- **Encrassement** :
  - Limitation du débit
  - Fonctionnement hors spécifications
- **Nettoyage + Maintenance** :
  - Retour dans l'enveloppe et proche de l'état d'installation
- **Tendance similaire** pour tous les terminaux caractérisés : **BE et EA**

**Tissu hygroscopique toujours fonctionnel après 13 ans de fonctionnement**





# Performance 2

Durabilité de la performance de la ventilation

## Tâche 2

# Campagne d'inter-comparaison des capteurs QAI

M. Ondarts, J. Outin, B. Golly et E. Gonze (LOCIE)





## Tâche 2 : inter-comparaison des capteurs QAI

- Objectifs
  - Etude des performances de capteurs déployés durant les campagnes
  - Etude de la précision de la réponse (valeur et dynamique)
  - Etude de l'inter-comparabilité des données des capteurs
- Capteurs
  - NEMo (Ethera)
  - Aereco (capteurs intégrés bouches ventilation)



**Capteurs NEMo (Ethera)**



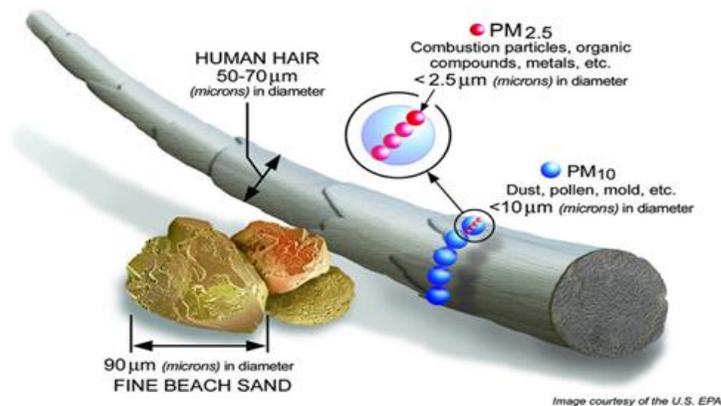
**Carte  
Aereco**



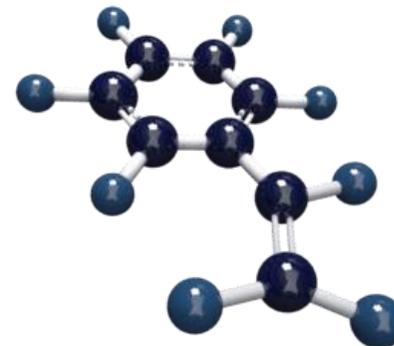


## Tâche 2 : inter-comparaison des capteurs QAI

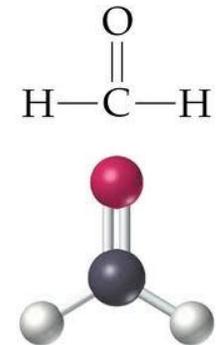
- Polluants mesurés
  - Particules en suspension (PM)
  - Composés organiques volatiles (totaux Aereco ; légers NEMo)
  - Formaldéhyde (NEMo uniquement)



Dimensions caractéristiques  
des particules en suspension



Styrène



Formaldéhyde

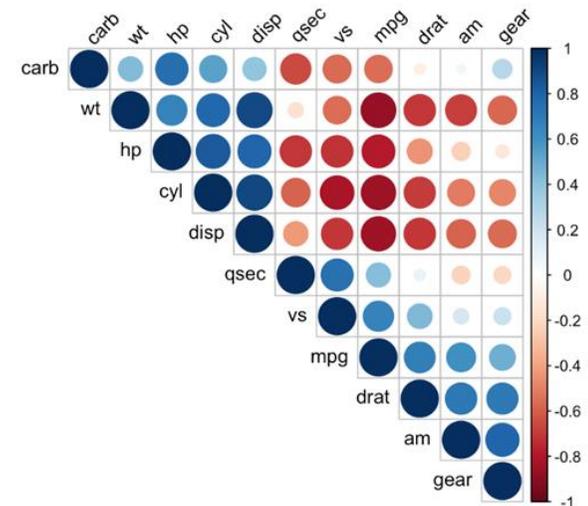


## Campagnes de mesures

- Mise en fonction des capteurs dans un même environnement
- Mise en place d'analyseurs de référence
- Environnements à paramètres contrôlés ou non

## Analyses des résultats

- Analyses et comparaisons des évolutions temporelles
  - Profils temporels de concentration
  - Tables de corrélation de Pearson
- Analyses statistiques (boxplot)
  - Comparaisons des valeurs moyennes, min, max, etc.



Exemple de table de corrélation de Pearson



## Campagne 1

### ■ Mesures salle instrumentée université

#### Description

Salle TP IUT (USMB)

Instrumentation : HR, T, CO<sub>2</sub>, COV, PM

Durée campagne : 2 semaines

#### Objectif

Inter-comparaison en conditions d'occupation « standard »

Pas de mesure comparative de références

### ■ Mesures enceinte paramètres contrôlés

#### Description

Enceinte 1 m<sup>3</sup> – Renouvellement air 1 Vol.h<sup>-1</sup>

Instrumentation : HR, T, PM, COV

Paramètres contrôlés : HR, COV, PM

#### Objectif

Sollicitation « sévères » et contrôlées en durées et amplitudes des capteurs

Inter-comparaison avec mesures de référence

## Campagne 2

### ■ Mesures enceinte paramètres contrôlés

#### Description

Enceinte 1 m<sup>3</sup> – Renouvellement air 1 Vol.h<sup>-1</sup>

Instrumentation : HR, T, PM, COV

Paramètres contrôlés : HR, COV, PM

#### Objectif

Sollicitation « sévères » et contrôlées en durées et amplitudes des capteurs

Inter-comparaison

- Avec mesures de référence
- **Après ajustement protocoles**
- **Etude possibles dérives**



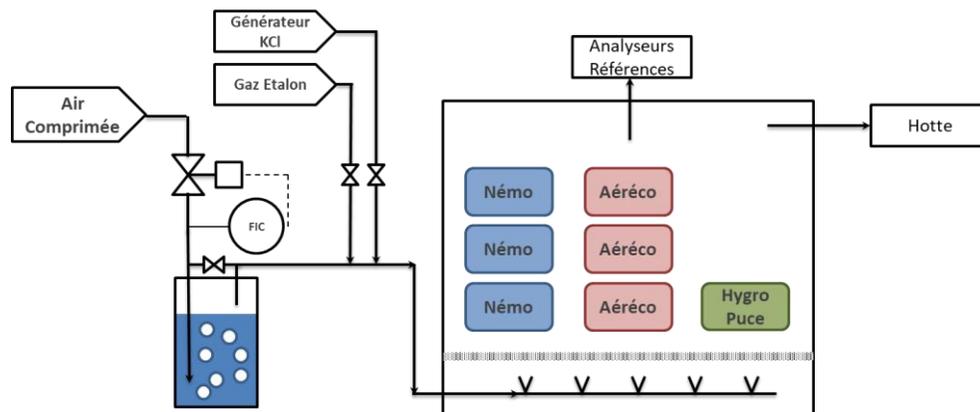
## Positionnement des capteurs dans la salle « CONFORT » de l'IUT





## Mesures enceinte paramètres contrôlés

- Enceinte 1 m<sup>3</sup> – inertie chimique assurée par une surface en PFA
- Paramètres contrôlés : renouvellement air, HR, PM, COV et formaldéhyde
- Mesures de références : Grimm (PM), COV (RAE), méthode NIOSH (formaldéhyde)

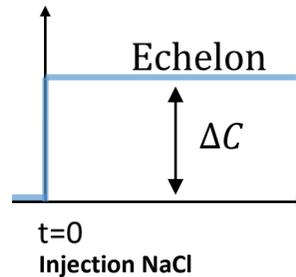


10 Aereco  
11 NEMO dont  
1 extérieur



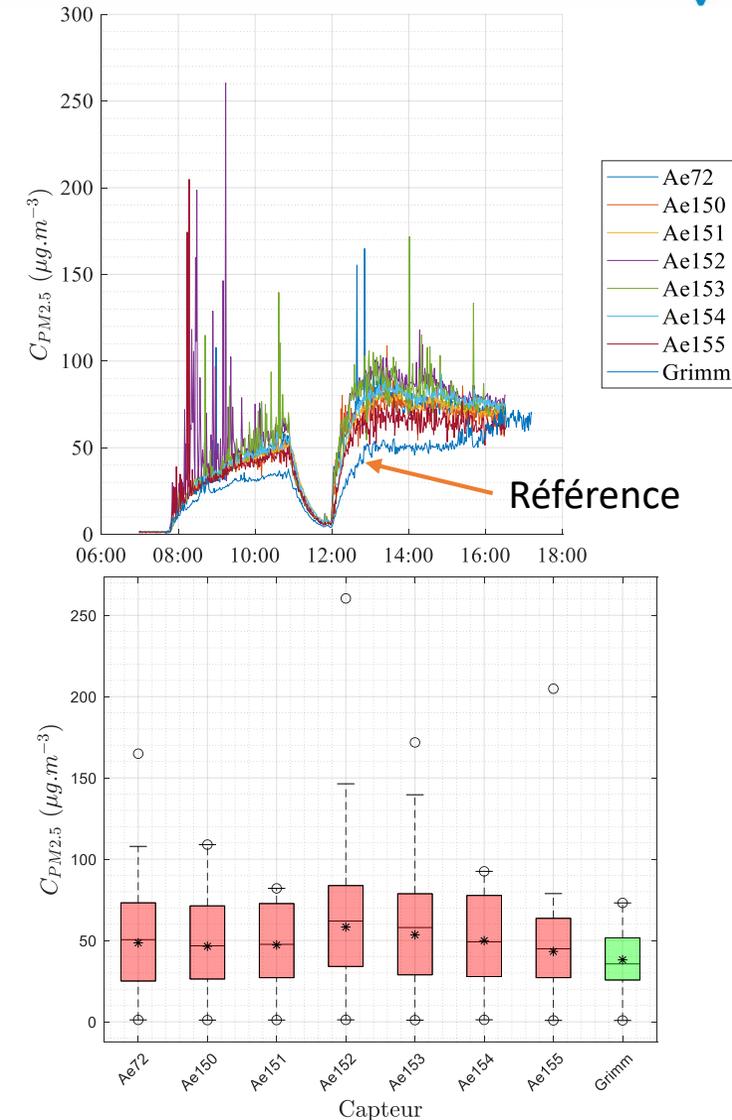
## Tests en enceinte

- Sollicitation de type échelon : injection en continu d'un aérosol salin (KCl)



## Aereco

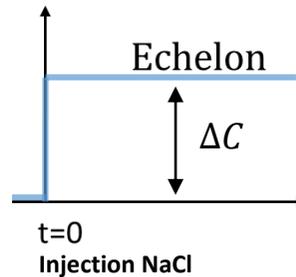
- Cohérence des réponses dynamiques Aereco – Aereco - Référence
  - Coefficient de corrélation proche de 1
  - Quelques pics ponctuels dégradant certains coefficients de corrélation
- Ecart relatif compris entre +12% et +25 % (campagne 2)
- Surestimations systématiques des Aerecos





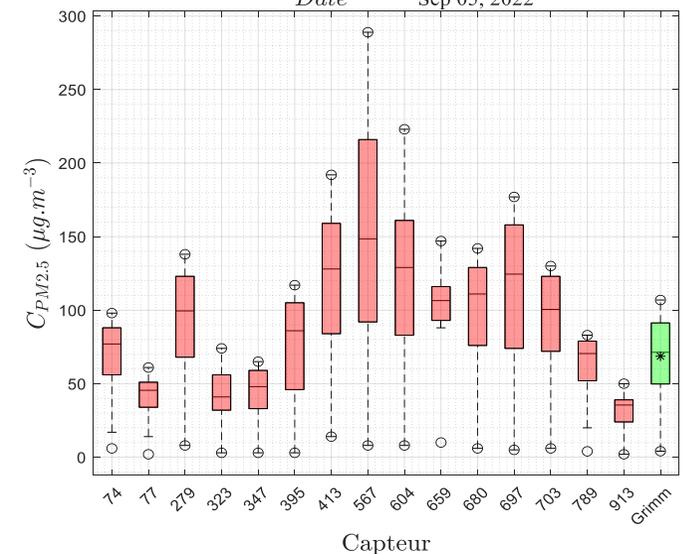
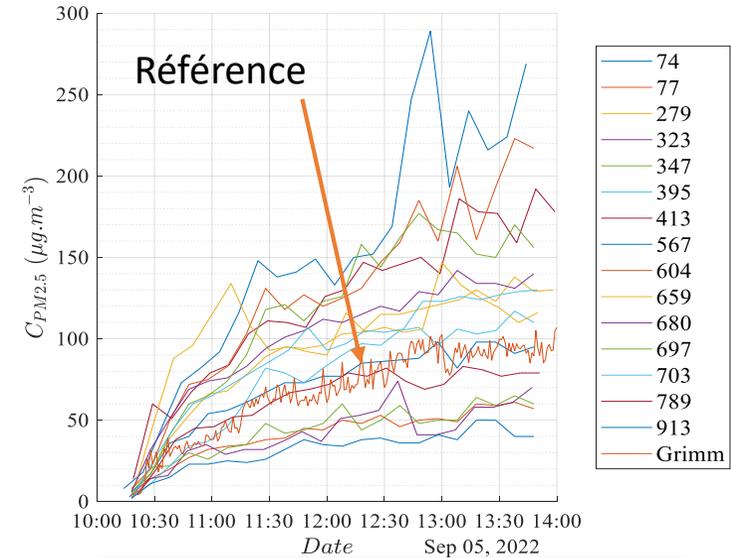
## Tests en enceinte

- Sollicitation de type échelon : injection en continu d'un aérosol salin (KCl)



## NEMo

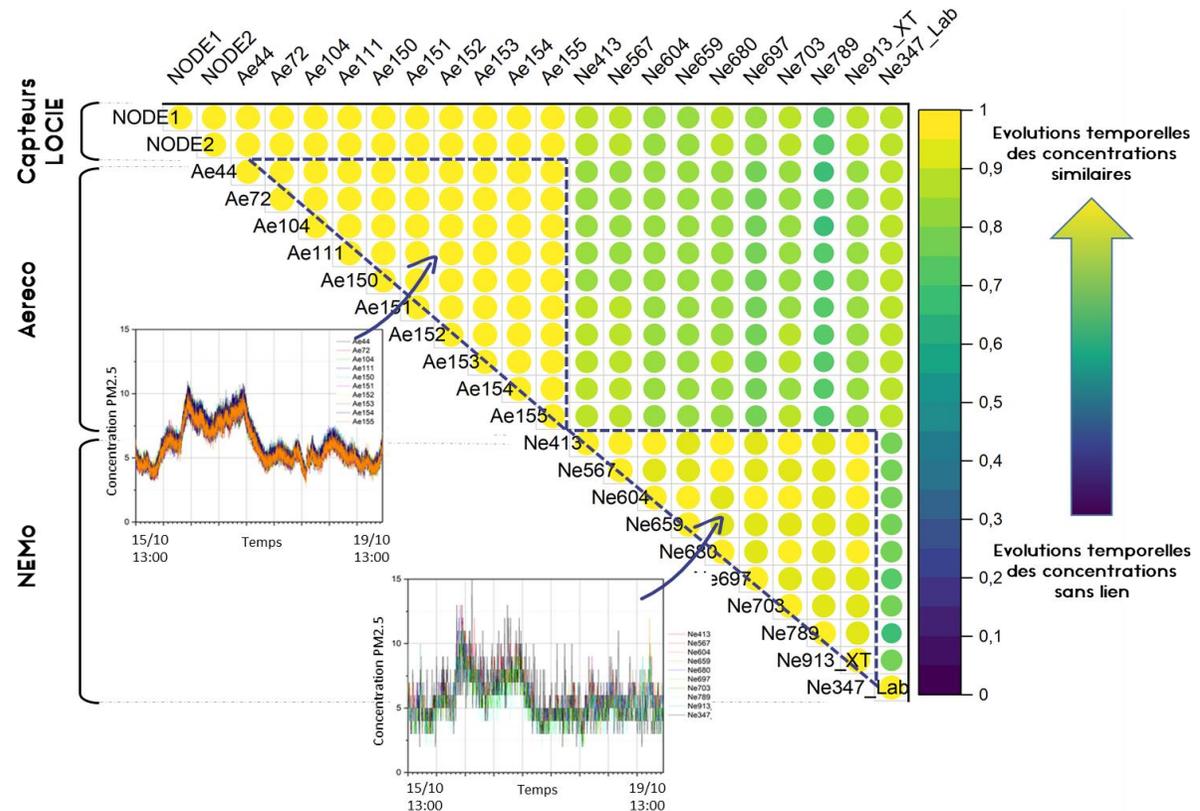
- Cohérence des réponses dynamiques
  - Pas de quantification possible : synchronisation des NEMOs difficile
  - Qualitativement : réponses cohérentes
- Ecart relatif compris entre -67% et +85% (campagne 2)





## Mesures salle instrumentée

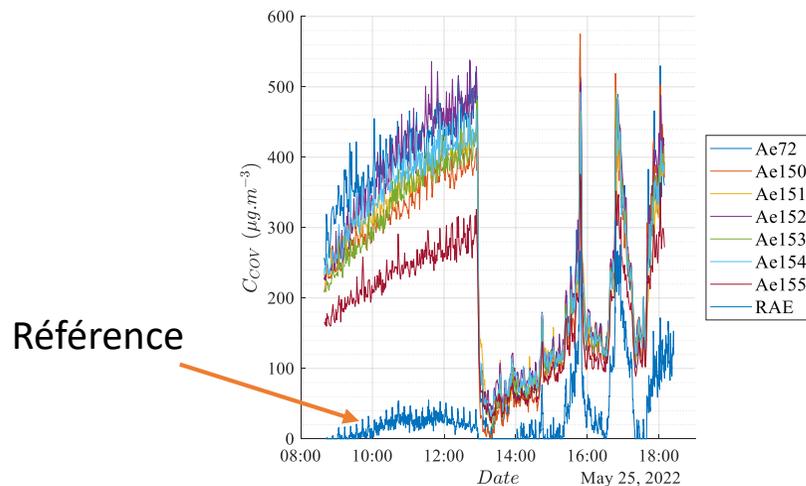
- Corrélations évolutions temporelles
  - Fortes : Aereco – Aereco
  - Fortes : NEMO – NEMO
  - Modérées : Aereco – NEMO
- Dispersion niveaux de concentrations
  - Aereco : modérées
  - NEMO : modérées à fortes



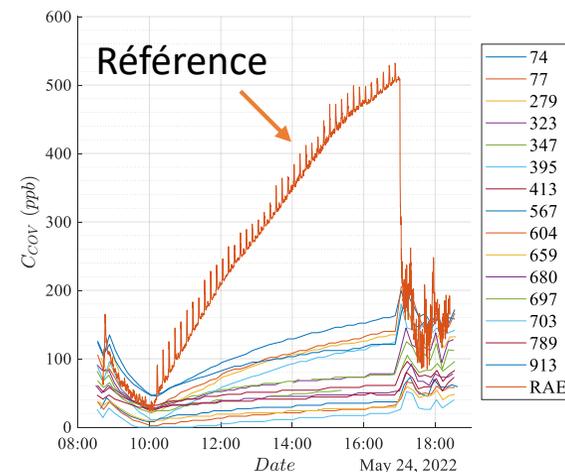


## COV : mesures en enceinte

- Evolutions temporelles cohérentes Aereco et NEMo
- Comparaison des niveaux de concentration avec la référence impossible
  - Différence de technologie de mesure et de gamme de COV
  - Différence gaz de référence



**Aereco - Test en enceinte**  
Evolution de concentrations en COV

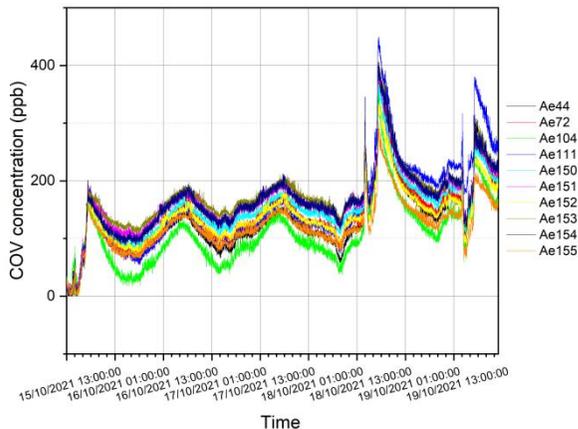


**NEMo - Test en enceinte**  
Evolution de concentrations en COV

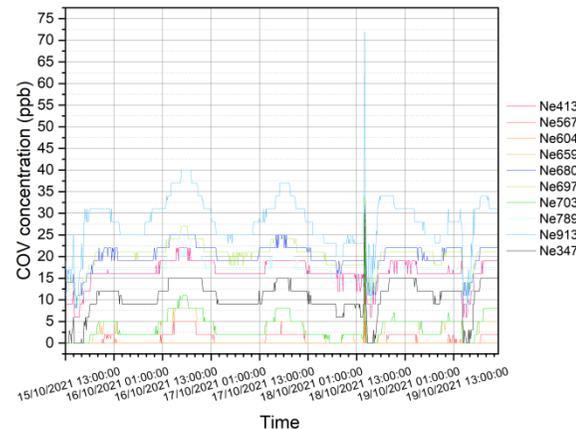


## Mesures salle instrumentée

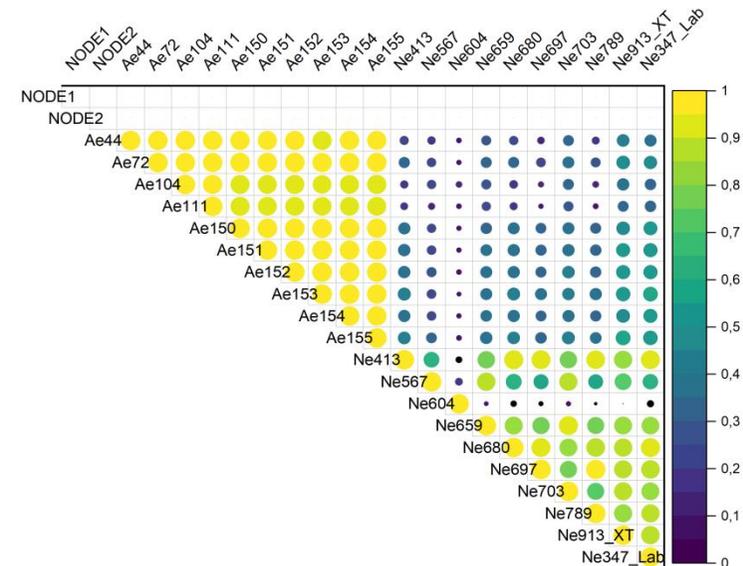
- Inter-comparaison
  - Aereco – Aereco : +
  - NEMo – NEMo : -
    - Grande variabilité des concentrations mesurées ; certaines réponses sont très faibles
  - Aereco – NEMo : - - -
    - Ne mesurent pas les mêmes gammes de COV



**Aereco - Mesures salle instrumentée**  
Evolution de concentrations en COV



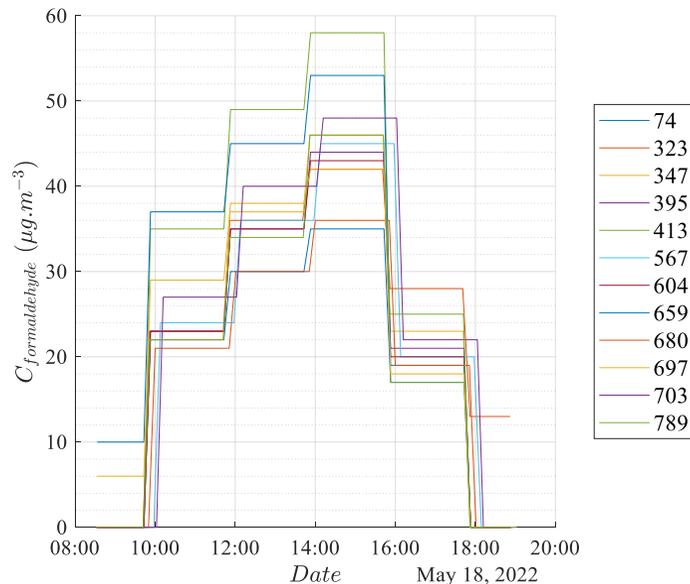
**NEMo - Mesures salle instrumentée**  
Evolution de concentrations en COV





## NEMo : mesures en enceinte

- Inter-comparaison
  - Réponse temporelle NEMo – NEMo : bonne cohérence (coefficient de corrélation 0,85 et 0,98)
  - Dispersion importante : plusieurs dizaines de  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$



Date	Concentration cible ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	Concentration mesurée dans l'enceinte (méthode NIOSH 2016) ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )
18/05/2022	25	19,8
18/05/2022	40	45,7
19/05/2022	15	7,1



## Inter-comparabilité

- Informations pertinentes tout particulièrement pour les évolutions temporelles de l'environnement
- Bonne inter-comparabilité des Aerecos
- Inter-comparabilité modérée des NEMo (PM seulement)
- Comparaison Aereco – NEMo délicate

## Capteurs pour l'évaluation de la QAI

- Les valeurs peuvent être difficiles à interpréter / à comparer à une valeur réglementaire ou une valeur limite sanitaire
- La nature du capteur influence significativement la réponse pour un « même » paramètre



# Performance 2

Durabilité de la performance de la ventilation

## Tâche 3

Analyse de la durabilité des performances : entre pérennité des technologies proposées et robustesse aux sollicitations de l'occupant





## 4 sous-tâches

- Évaluation de la durabilité des systèmes de ventilation hygroréglable étudiés
  - Comparaison performances initiales (théoriques & Performance 1)
- Analyse de la qualité de l'air intérieur au regard du fonctionnement de la ventilation
- Analyse approfondie des situations particulières
- Impact des occupants



# Tâche 3

Type de données	Pièces de vie			Pièces humides		Extérieur	
	Capteurs embarqués (continu)	NEMO (campagnes QAI 15 jours sur 2 pièces)	Déclaratif	Continu	déclaratif	Station météo in situ	NEMO (durant les campagnes QAI)
T°C	x	x		x		x	x
HR	x	x		x		x	x
Ouverture entrée d'air	x						
Débit d'extraction				x			
CO <sub>2</sub>	x	x		x		x	
Formaldéhyde		x					
COV <sub>totaux</sub>	x			x		x	
COV <sub>légers</sub>		x					x
PM2.5	x	x		x		x	x
PM10		x					x
PM1		x					x
Sources d'émission			x		x		
Aération			x		x		



# Performance 2

Durabilité de la performance de la ventilation

## Tâche 3

# Durabilité du fonctionnement hygroréglable

Adeline Mélois (Cerema)

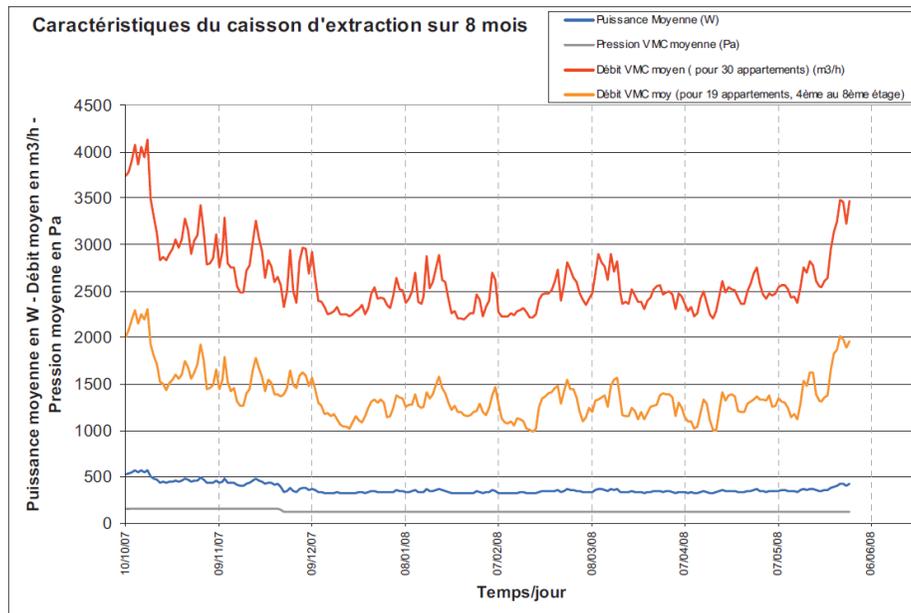




# Durabilité du fonctionnement hygroréglable

- Indicateurs liés à l'énergie

1. Consommation des ventilateurs



*Puissance moyenne calculée pour le ventilateur de Paris*

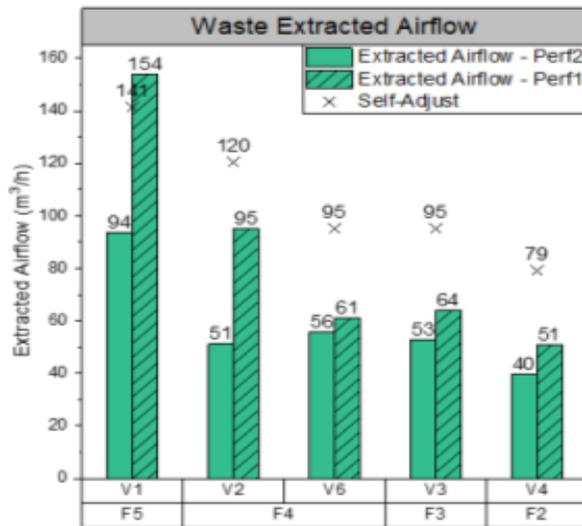
- Paris : consommation du ventilateur stable depuis 15 ans
- Villeurbanne : changement de caisson avec perte de l'instrumentation → pas d'analyse de l'évolution des consommations des ventilateurs



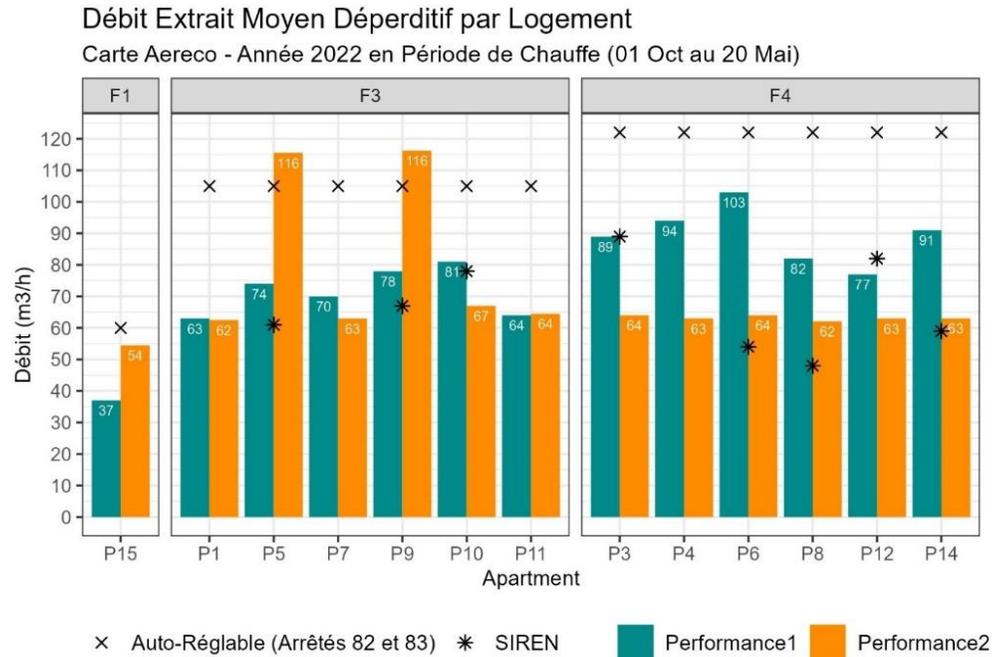
# Durabilité du fonctionnement hygroréglable

- Indicateurs liés à l'énergie

## 2. Débits déperditifs



Villeurbanne



Paris

➤ Majorité des logements : débits déperditifs inférieurs à ceux d'un système autoréglable équivalent et à ceux mesurés dans Performance 1



# Durabilité du fonctionnement hygroréglable

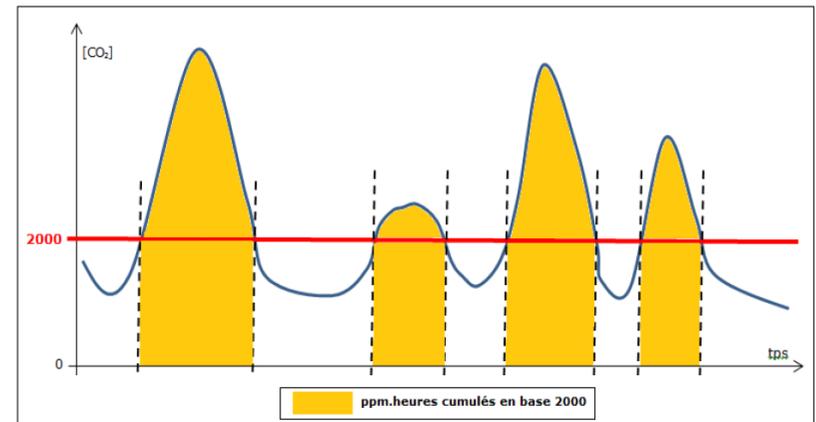
## • Indicateurs du bon fonctionnement hygroréglable

1. À l'échelle terminaux (entrées d'air et bouches d'extraction) :

- la position des points de mesures {débit ; humidité relative} par rapport au gabarit de fonctionnement

2. À l'échelle logement :

- la variation du débit total extrait
- le risque de condensation (humidité relative > 85%) et le nombre d'heures > 75% d'humidité relative
- les concentrations en CO<sub>2</sub> en ppm.h cumulées en base 2000, avec une limite de 400 000 ppm.h.



*Illustration d'une évolution du taux de CO<sub>2</sub> et de la limite à 2000 ppm*

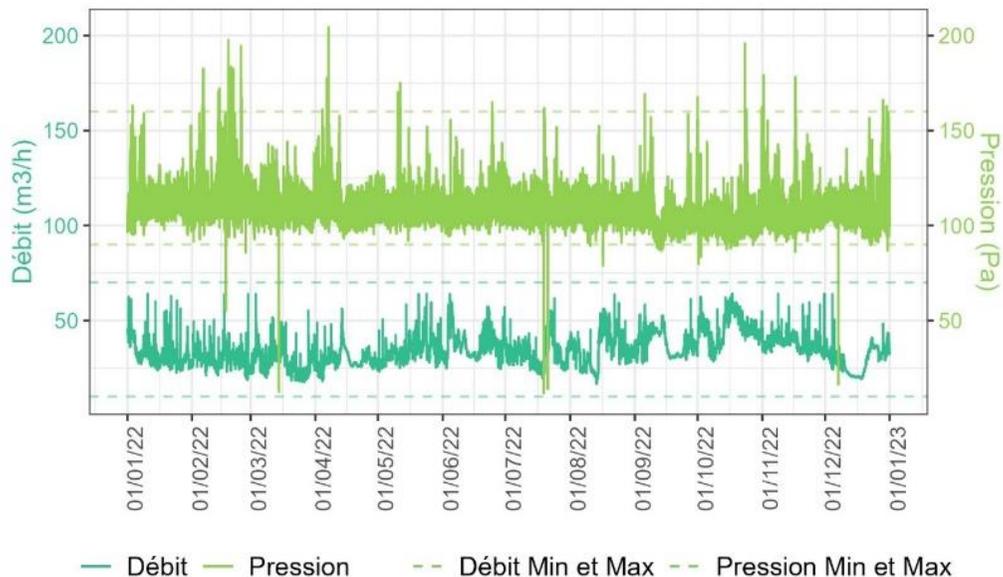


# Durabilité du fonctionnement hygroréglable

## • Indicateurs du bon fonctionnement hygroréglable

1. À l'échelle terminaux (entrées d'air et bouches d'extraction) :

- la position des points de mesures {débit ; humidité relative} par rapport au gabarit de fonctionnement



*Exemples de pression mesurée sur une bouche cuisine à Paris*

Analyse préliminaire :  
pression disponible aux bouches

➤ Paris :

- cuisine souvent ✓
- SdB : souvent légèrement ✗

➤ Villeurbanne :

- cuisine toujours ✓
- SdB : souvent légèrement ✗

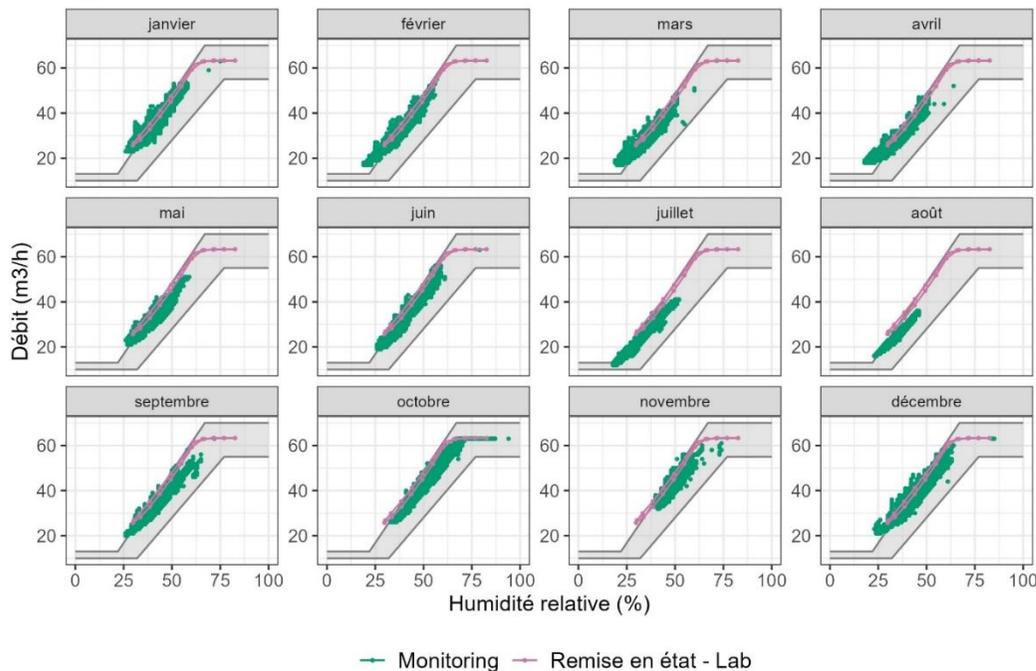


# Durabilité du fonctionnement hygroréglable

## • Indicateurs du bon fonctionnement hygroréglable

1. À l'échelle terminaux (entrées d'air et bouches d'extraction) :

- la position des points de mesures {débit ; humidité relative} par rapport au gabarit de fonctionnement



- **Point verts** = couples de mesures d'humidité relative (abscisse) et de débit (ordonnée)

--- Gris = enveloppe de tolérance du produit neuf

--- Violet = courbe d'étalonnage campagne laboratoire

*Réponse hygroscopique d'une bouche cuisine en conditions réelles pendant 1 an – Paris*

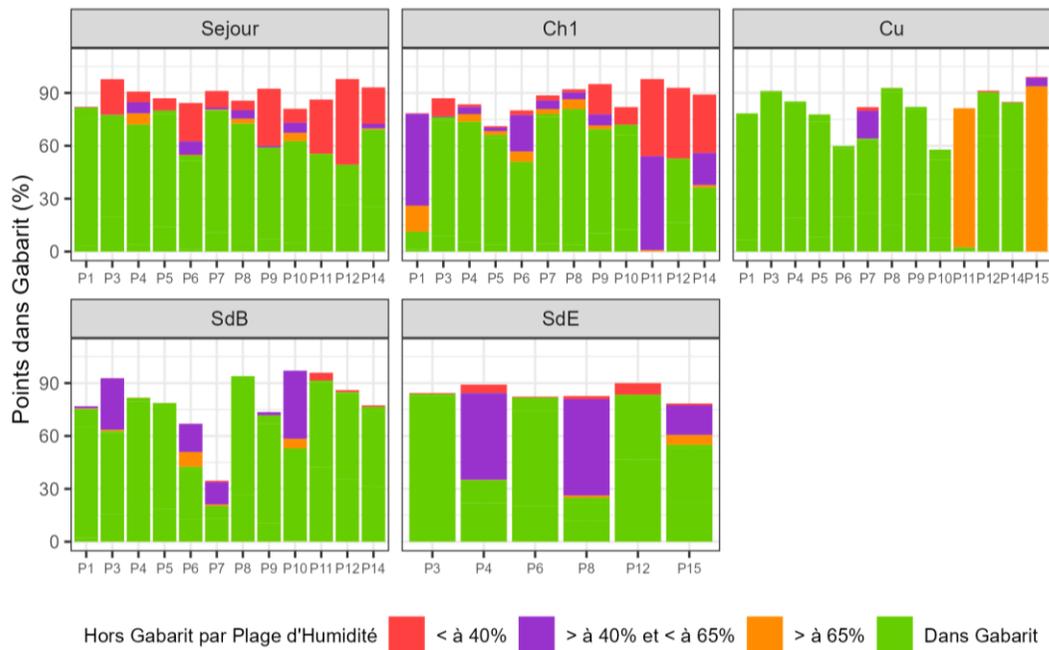


# Durabilité du fonctionnement hygroréglable

## Indicateurs du bon fonctionnement hygroréglable

### 1. À l'échelle terminaux (entrées d'air et bouches d'extraction) :

- la position des points de mesures {débit ; humidité relative} par rapport au gabarit de fonctionnement



- Une très grande partie des points est dans l'enveloppe de tolérance du produit neuf même après 15 ans de fonctionnement

- EA séjour : plus ouvertes pour  $HR < 40\%$
- Certaines BE SdB décalées pour  $40\% < HR < 65\%$

*Synthèse de l'analyse du fonctionnement des bouches d'extraction  
et des entrées d'air en conditions réelles – Paris*

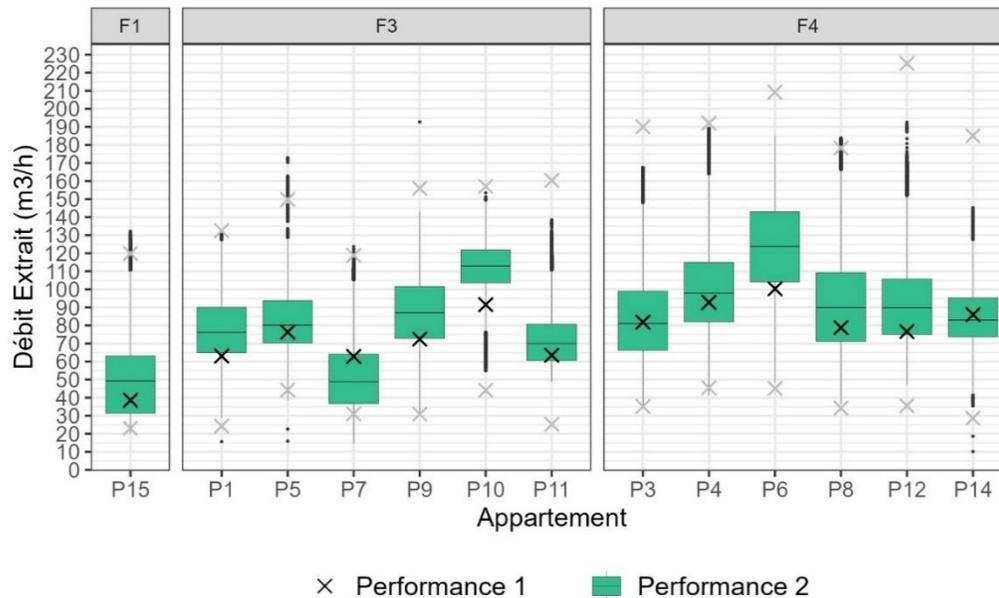


# Durabilité du fonctionnement hygroréglable

- Indicateurs du bon fonctionnement hygroréglable

- À l'échelle logement :

➤ Variation du débit total extrait



*Distribution des débits extraits totaux des logements à Paris (gauche) et Villeurbanne (droite)*

➤ Des débits modulés tout au long de l'année

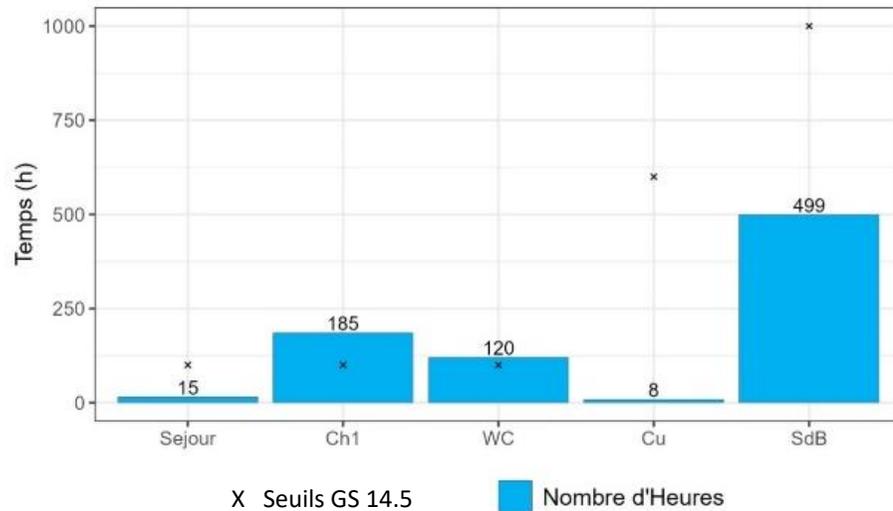


# Durabilité du fonctionnement hygroréglable

- Indicateurs du bon fonctionnement hygroréglable

- À l'échelle logement :

- risque de condensation (humidité relative > 85%) et nombre d'heure > 75%



Nombre d'heures avec humidité relative supérieur à 75% - Appartement P1 - Paris

- **seul un appartement** de Paris **dépasse** les seuils limites définis dans les règles de calcul pour les avis techniques :

- dégât des eaux récent et important à l'étage supérieur → contamination fongique des murs et plafond

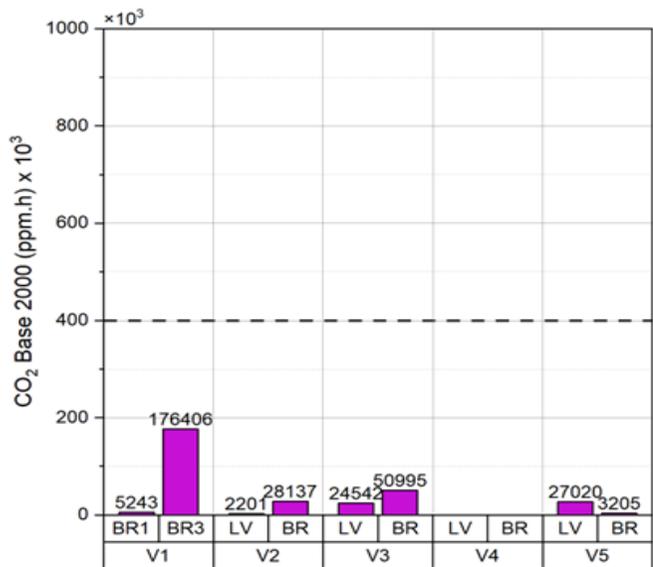


# Durabilité du fonctionnement hygroréglable

- Indicateurs du bon fonctionnement hygroréglable

- À l'échelle logement :

- les concentrations en CO<sub>2</sub> en ppm.h cumulées en base 2000



CO<sub>2</sub> cumulé en base 2000 avec extrapolation des – Villeurbanne

- Calcul sur saison de chauffe : capteurs intégrés saturent autour de 2000 ppm
  - Extrapolation des valeurs au-delà de 2000 ppm à partir de campagnes QAI (si disponible)
- **deux logements sur Paris dépassent la limite de concentration de seuils CO<sub>2</sub> dans les chambres**
  - Pour l'un : extrapolation responsable de ce dépassement ?
  - Pour le deuxième : sur-occupation dans la chambre instrumentée



# Durabilité du fonctionnement hygroréglable

- Conclusion

Après 15 ans d'utilisation dans des logements sociaux, les systèmes de ventilation hygroréglable étudiés continuent de répondre correctement aux conditions d'humidité relative, fournissent des débits qui varient en fonction de l'occupation et assurent des bonnes conditions d'humidité et de CO<sub>2</sub>, malgré quelques terminaux de ventilation dont le fonctionnement est plus limité qu'à la réception.



# Performance 2

Durabilité de la performance de la ventilation

## Tâche 3

# Analyse de la Qualité d'Air Intérieur

Ambre Marchand-Moury (Cerema)





### ▪ Objectif

Caractériser les performances de la ventilation en matière de QAI

État des lieux :

- HR (confort)
- CO<sub>2</sub> (confinement)
- HCOH (indicateur émissions intérieures)
- COV (pollutions chimiques)
- PM (extérieur/intérieur)

Hors champ réglementaire

### ▪ Méthodologie

Synthèses :

- Valeurs seuils
- +/- indicateurs

Étude de cas :

- Évolution temporelle
- Statistiques descriptives (distributions)

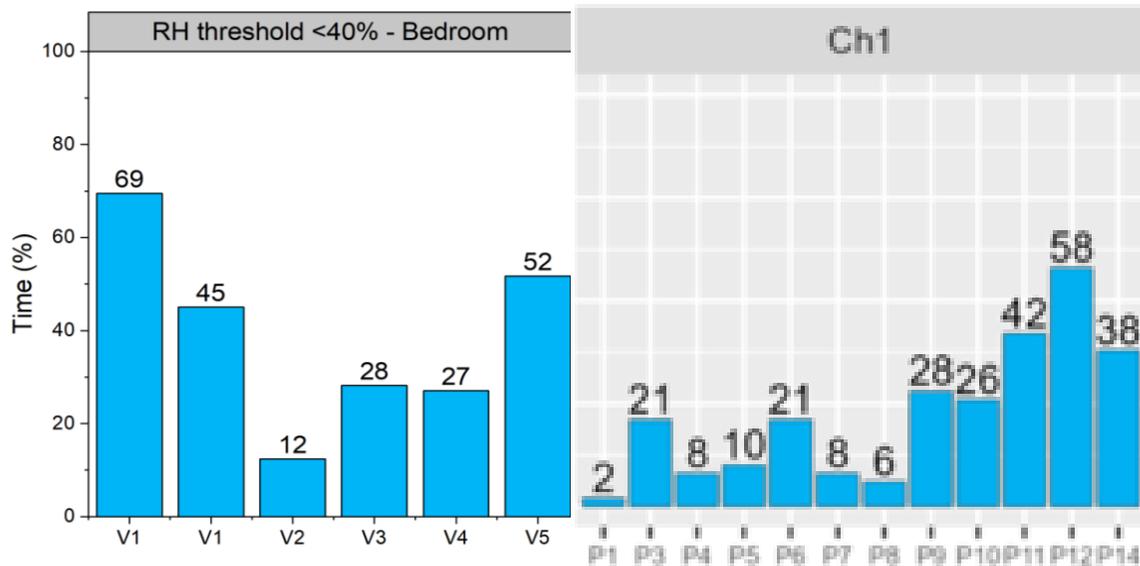


# Tâche 3 - QAI

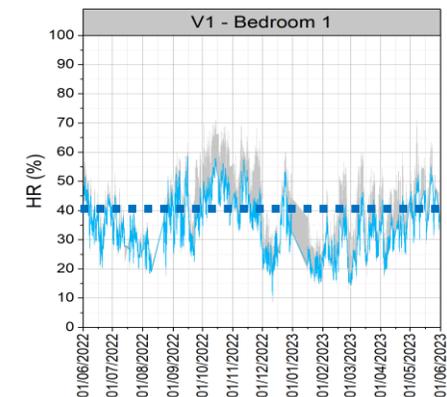
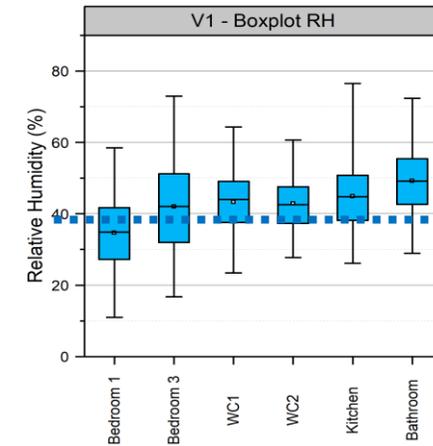
## HR

- Seuil de 40% (confort)

### synthèse chambres Villeurbanne et paris



### Cas le plus défavorable - V1





## CO<sub>2</sub>

- Icône (0-6h dans les chambres) – synthèses

$$ICONE = \frac{2.5}{\log_{10}(2)} * \log_{10}(1 + f_1 + 3 * f_2)$$

5																							
4							x/o	x	x														
3	x	x	x/o					o	o	x													
2	o	o							o														
1					x/o					x/o	x	x/o								X			
0						x/o					o								X	X	X	X	X
ICONE	P1	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P14		V1	V2	V3	V4	V5	V6				

X résultat selon les seuils actuels (800 et 1500 ppm)  
 0 résultat selon les seuils initiaux (1000 et 1700 ppm)

> Seuils ESSOC

- Indicateur construit pour ERP - même conclusion qu'avec ceux du GT ESSOC dans les logements (problématique de confinement en P7, P8, P9)
- Effets de seuils propre aux indicateurs

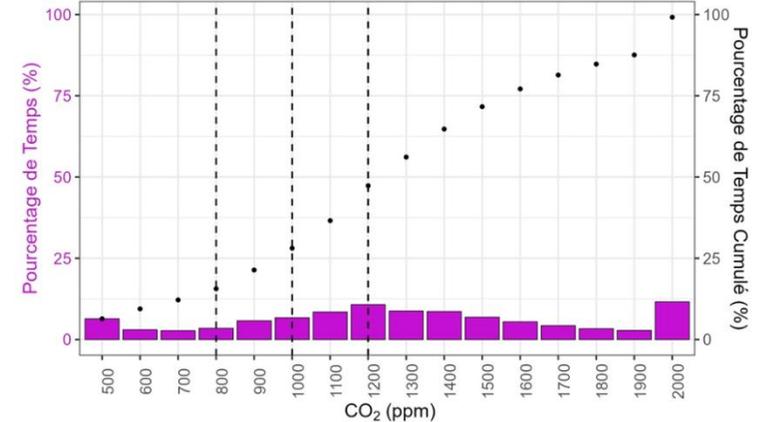


# Tâche 3 - QAI

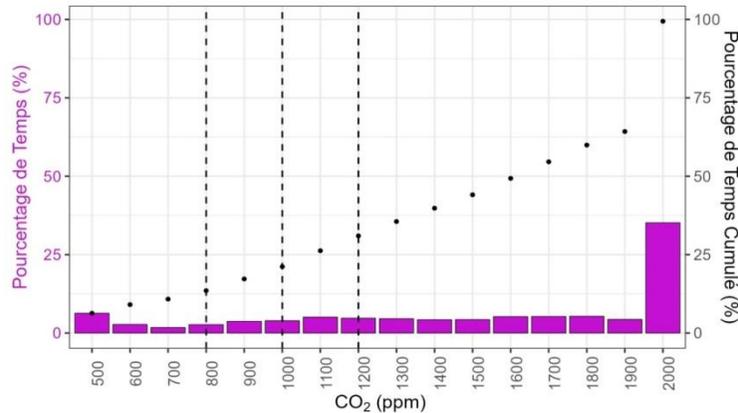
P 4

- P4 (icone 3) : distribution des concentrations type gaussienne centrée sur 1200 ppm
- P9 (icone 3 pour les anciens seuils – passage en 4 avec les nouveaux seuils) : distribution plus linéaire, avec des valeurs jusqu'à plus de 4500 ppm (cf Campagne NEMo)

Pourcentage de Temps par Concentration Moyenne de CO<sub>2</sub>  
Carte Aereco - Période Année 2022 la Nuit (0h - 6h)  
Appartement P4 - Ch1

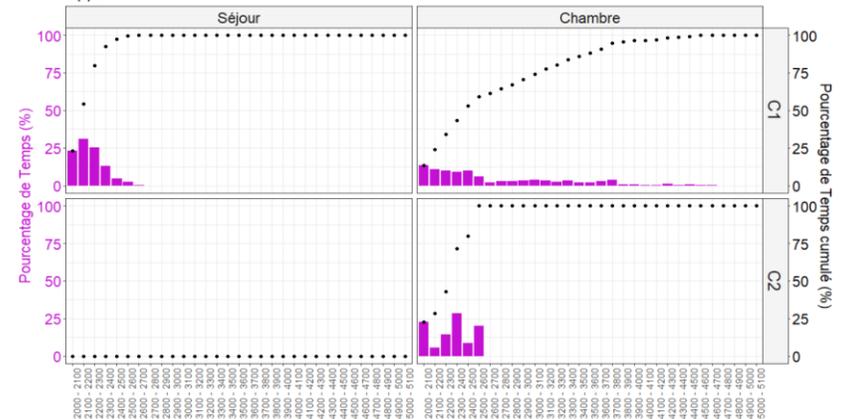


Pourcentage de Temps par Concentration Moyenne de CO<sub>2</sub>  
Carte Aereco - Période Année 2022 la Nuit (0h - 6h)  
Appartement P9 - Ch1



P 9

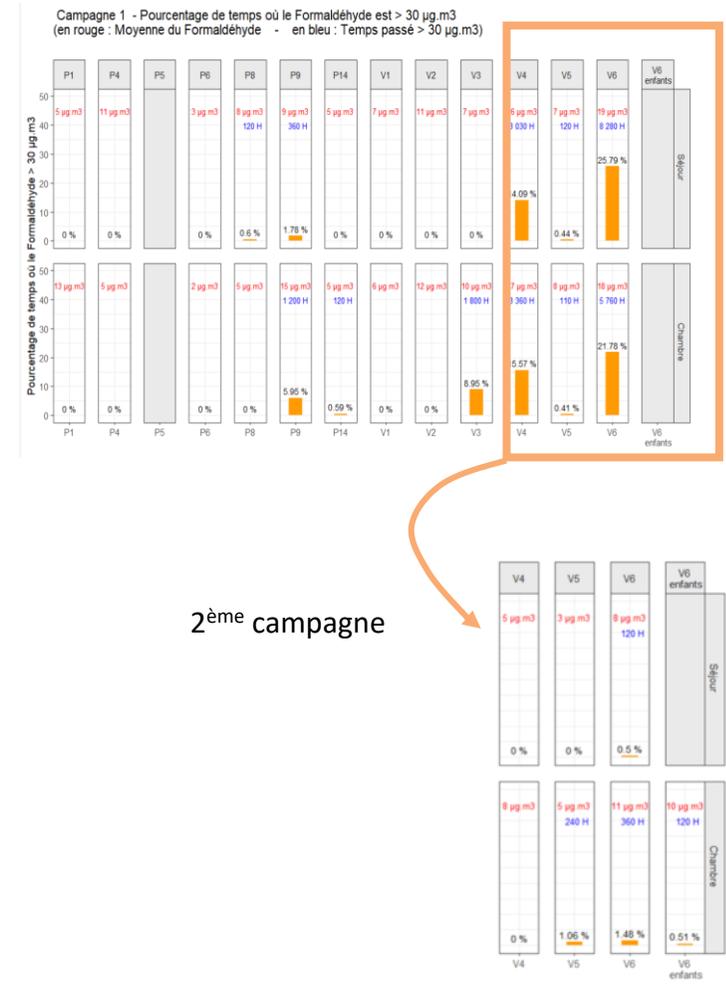
Pourcentage de Temps par Concentration Moyenne de CO<sub>2</sub> entre 2000 et 5000 ppm  
Appareil NémO - Campagne de mesure 2022 (C1) et 2023 (C2)  
Appartement P9





## HCOH - formaldéhyde

- Fréquence élevée de dépassement de seuil en lien avec les usages :
  - V4 réfection sol/peintures
  - V6 produits ménagers
- Non directement lié à la ventilation (Icône 0 pour ces 2 appartements)
- La modification des comportements émissifs résout la problématique – cf 2<sup>nd</sup>e campagne



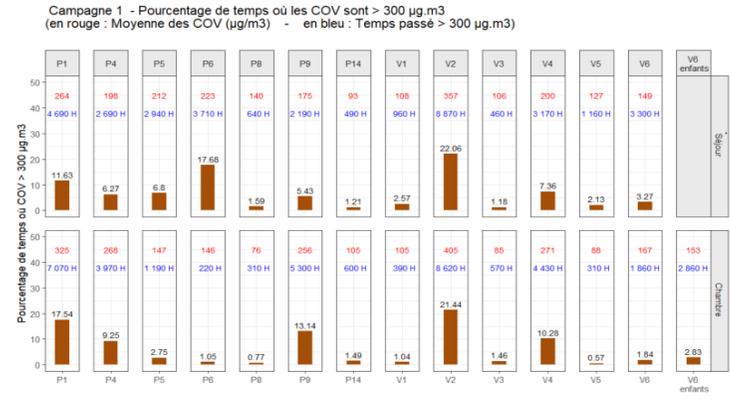


# Tâche 3 - QAI

Attention :  
fiabilité  
capteurs COV !

## COV

- Fréquence dépassement seuil lié en partie aux usages :
  - V2: sprays désodorisants + bougies parfumées + encens + HE + parfums
  - P1 et P6: produits de senteur
- Produits émissifs principalement dans les sanitaires:
  - Bonne évacuation quand la ventilation fonctionne bien (P6)
  - Concentration lorsqu'elle dysfonctionne (P7)



Valeur au-dessus de laquelle se trouvent 30% des valeurs de COV  
Carte Aereco - Période Année 2022

Room	P1	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P14	P15
Sejour	883TVOC	299TVOC	829TVOC	770TVOC	938TVOC	438TVOC	1131TVOC	621TVOC	1071TVOC	210TVOC	310TVOC	438TVOC	
CH1	897	342	896	709	708	1339	1092	619	959	233	343	455	
WC	1270TVOC	2820TVOC	691TVOC	1871TVOC	9670TVOC	65TVOC	5248TVOC	1408TVOC	5285TVOC	465TVOC	311TVOC	404TVOC	521TVOC
Cu	919TVOC	445TVOC	732TVOC	3435TVOC	3423TVOC	474TVOC	685TVOC	883TVOC	1119TVOC	0TVOC	459TVOC	590TVOC	411TVOC
SDB	1239TVOC	749TVOC	715TVOC	972TVOC	10318TVOC	167TVOC	2239TVOC	5278TVOC	2851TVOC	231TVOC	290TVOC	615TVOC	
SDE		295TVOC	732TVOC		1060TVOC		3549TVOC			1392TVOC		452TVOC	



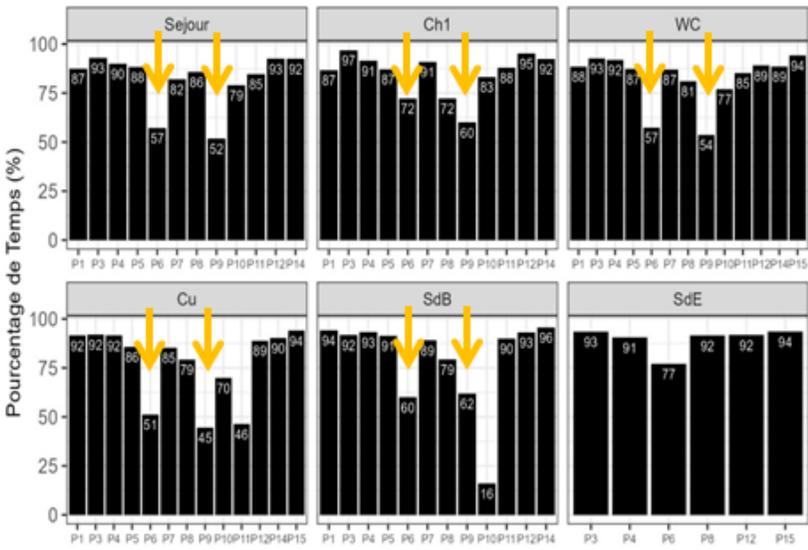
Attention :  
fiabilité  
capteurs PM !

# Tâche 3 - QAI

## PM 2.5

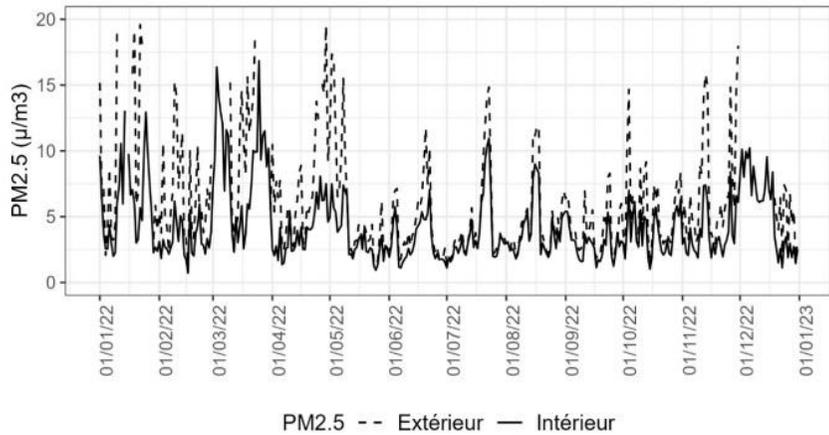
- PM intérieures < PM extérieures la grande majorité du temps – sauf chez les fumeurs

Pourcentage de Temps Concentration en PM2.5 Intérieure Inférieure à l'Extérieur (Station Météo)  
Carte Aereco - Période Année 2022



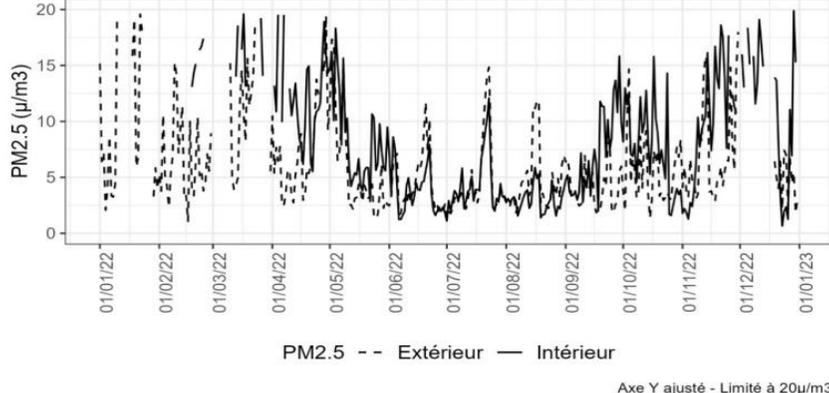
Non-fumeur

Comparaison des Concentrations en PM2.5 Médianes Quotidiennes Mesurées Intérieur et Extérieur (Station Météo)  
Carte Aereco - Période Année 2022  
Appartement P3 - Séjour



Fumeur

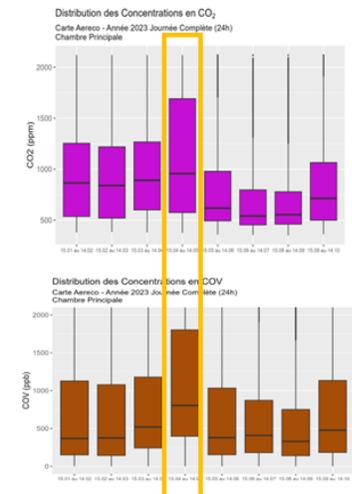
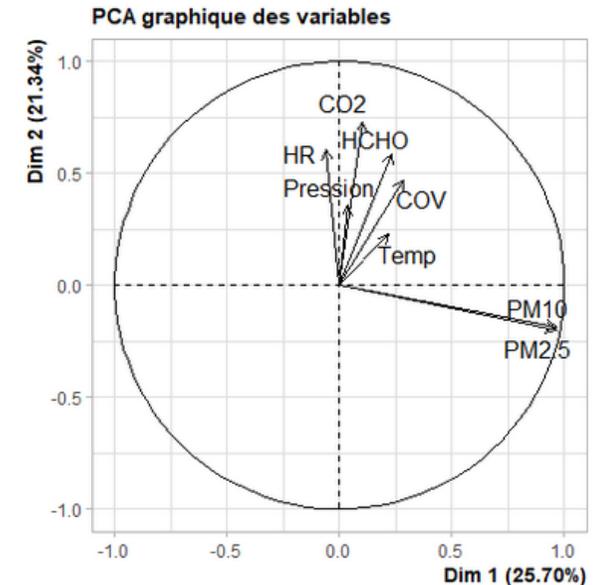
Comparaison des Concentrations en PM2.5 Médianes Quotidiennes Mesurées Intérieur et Extérieur (Station Météo)  
Carte Aereco - Période Année 2022  
Appartement P9 - Séjour





## ■ Analyse en Composantes Principales (ACP)

- Deux axes principaux :
  - 1) particules fines (un quart de la variance)
  - 2) confinement (un cinquième de la variance)
- Axe confinement :  $\text{CO}_2$ , HCHO puis COV et HR
- Lien renouvellement d'air et  $\text{CO}_2$ /COV visible lors de la panne de la ventilation





# Performance 2

Durabilité de la performance de la ventilation

## Tâche 3

# Analyses détaillées – 3 Exemples

Juan Rios (Aereco) et Jérémy Depoorter (Anjos)

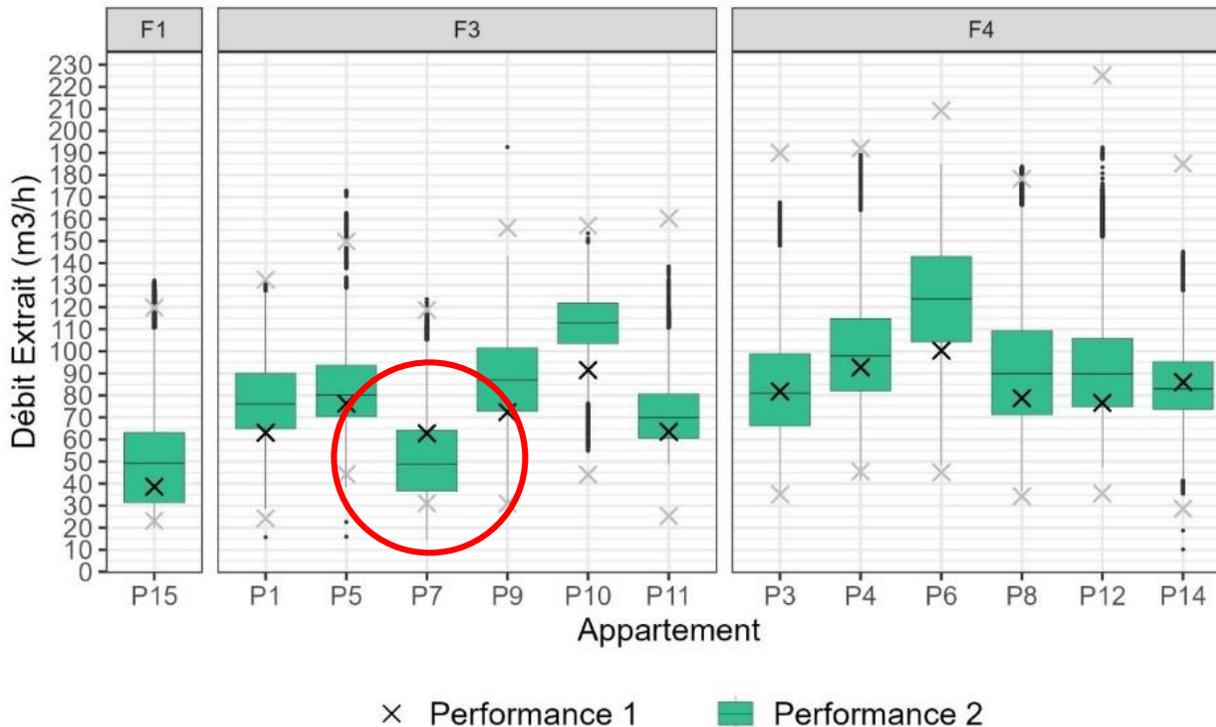




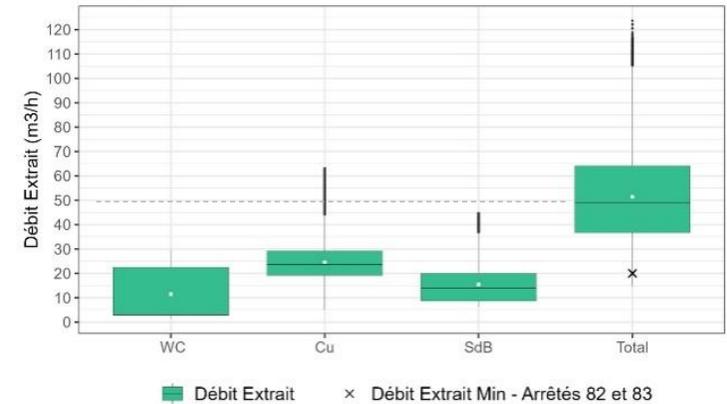
# Analyse Situations Particulières

*Débit le plus faible de la même typologie :*

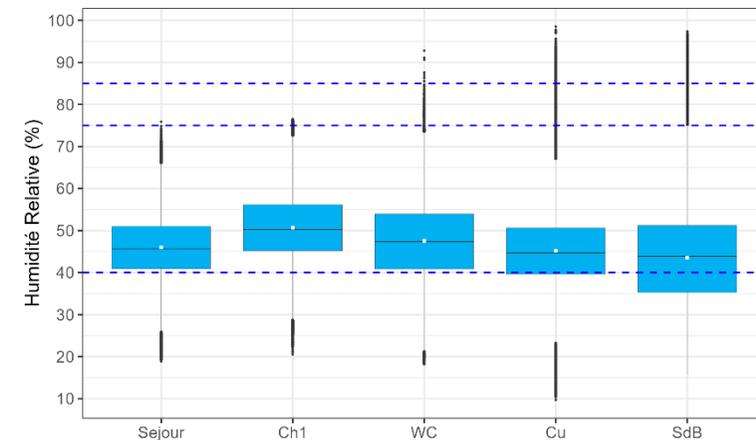
Distribution Débit Total Extrait par Logement  
Carte Aereco - Période Année 2022



Débit Extrait par Pièce et Débit Total Extrait Logement  
Carte Aereco - Période Année 2022  
Appartement P7



Distributions Humidité Relative  
Carte Aereco - Période Année 2022  
Appartement P7



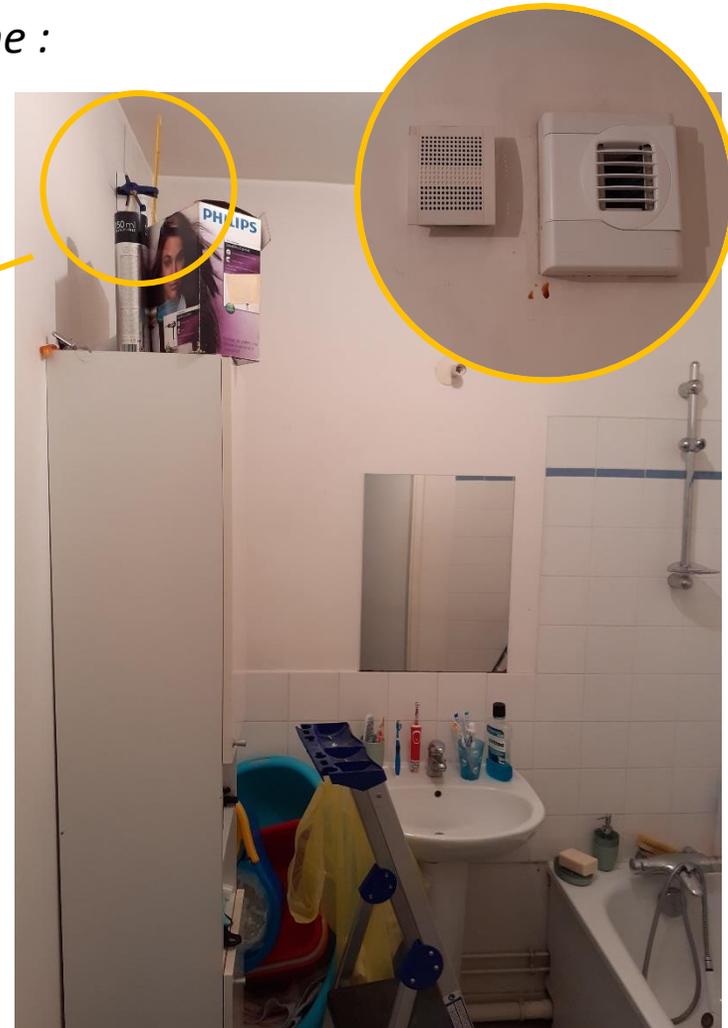
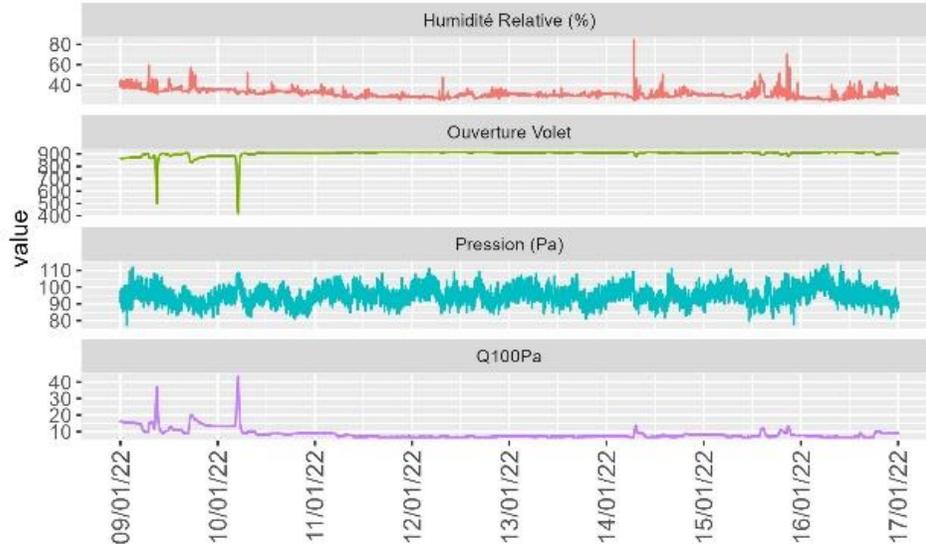


# Analyse Situations Particulières

*Impact de l'occupation sur le fonctionnement du système :*

## Evolution de l'Humidité Relative

Carte Aereco - Période 09 au 16 Janvier 2022  
Appartement P7 - SdB



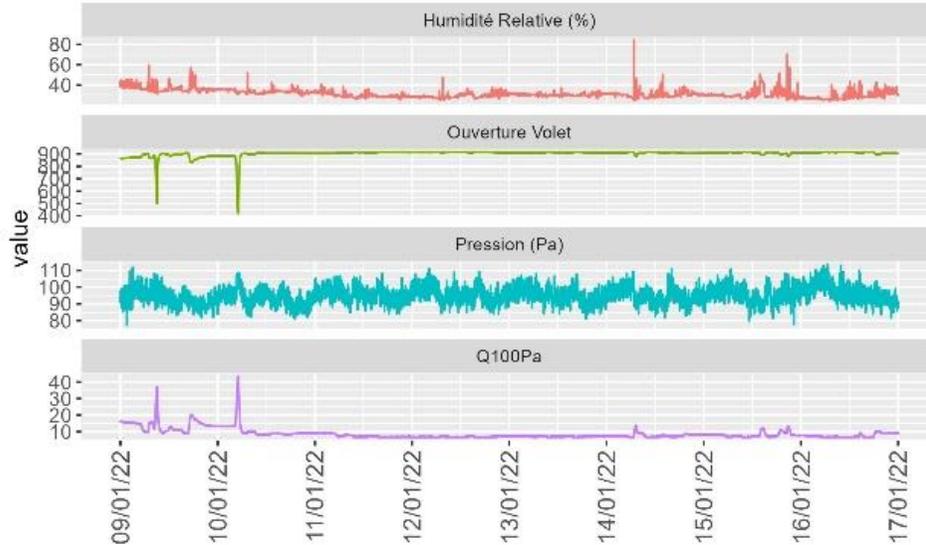


# Analyse Situations Particulières

*Impact de l'occupation sur le fonctionnement du système :*

Evolution de l'Humidité Relative

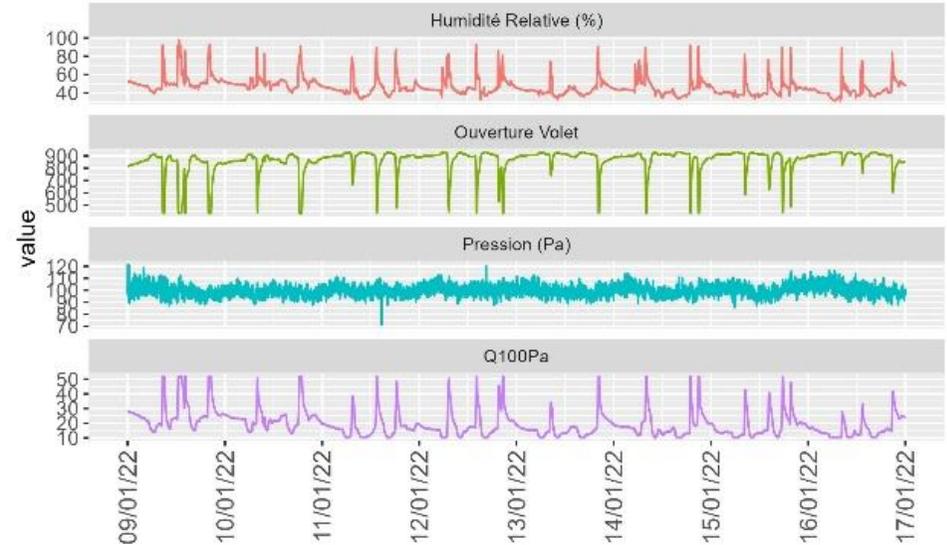
Carte Aereco - Période 09 au 16 Janvier 2022  
Appartement P7 - SdB



Faible production d'humidité

Evolution de l'Humidité Relative

Carte Aereco - Période 09 au 16 Janvier 2022  
Appartement P9 - SdB

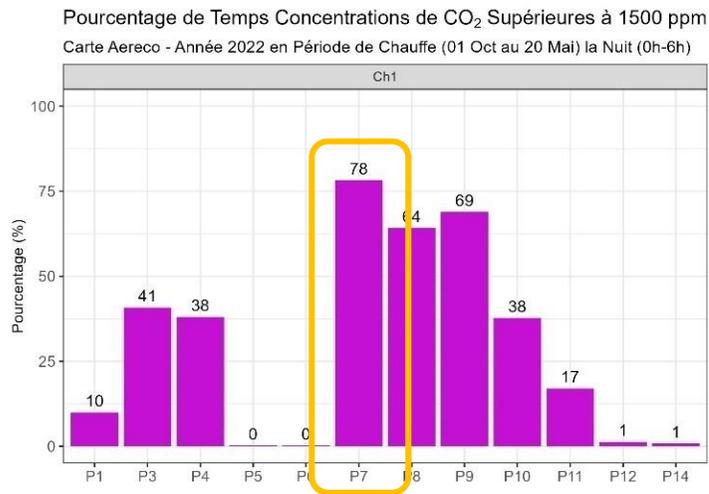
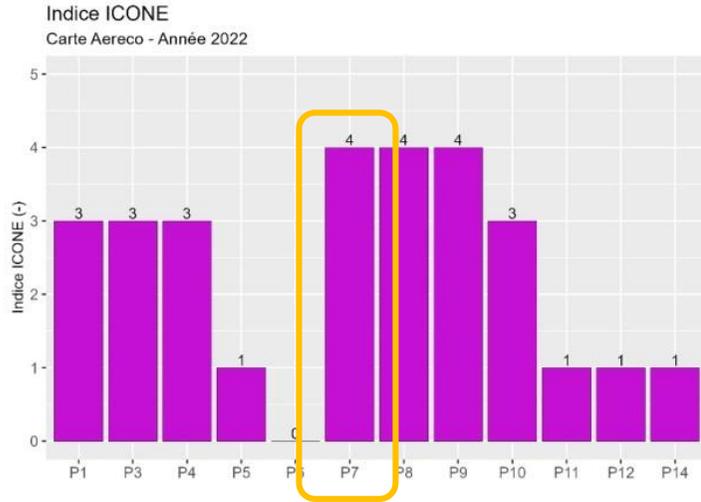


Production normale d'humidité



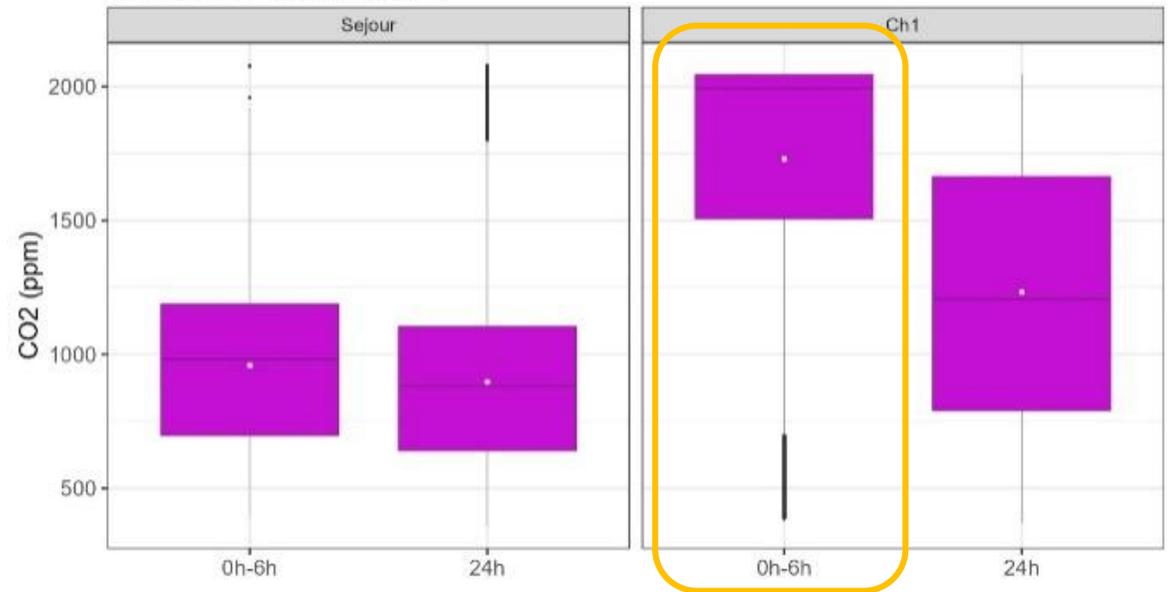
# Analyse Situations Particulières

## Impact sur le CO<sub>2</sub> et le niveau de confinement :



## Distribution des Concentrations en CO<sub>2</sub>

Carte Aereco - Année 2022 la Nuit (0h-6h) et Journée Complète (24h)  
Pièces de Vie - Appartement P7

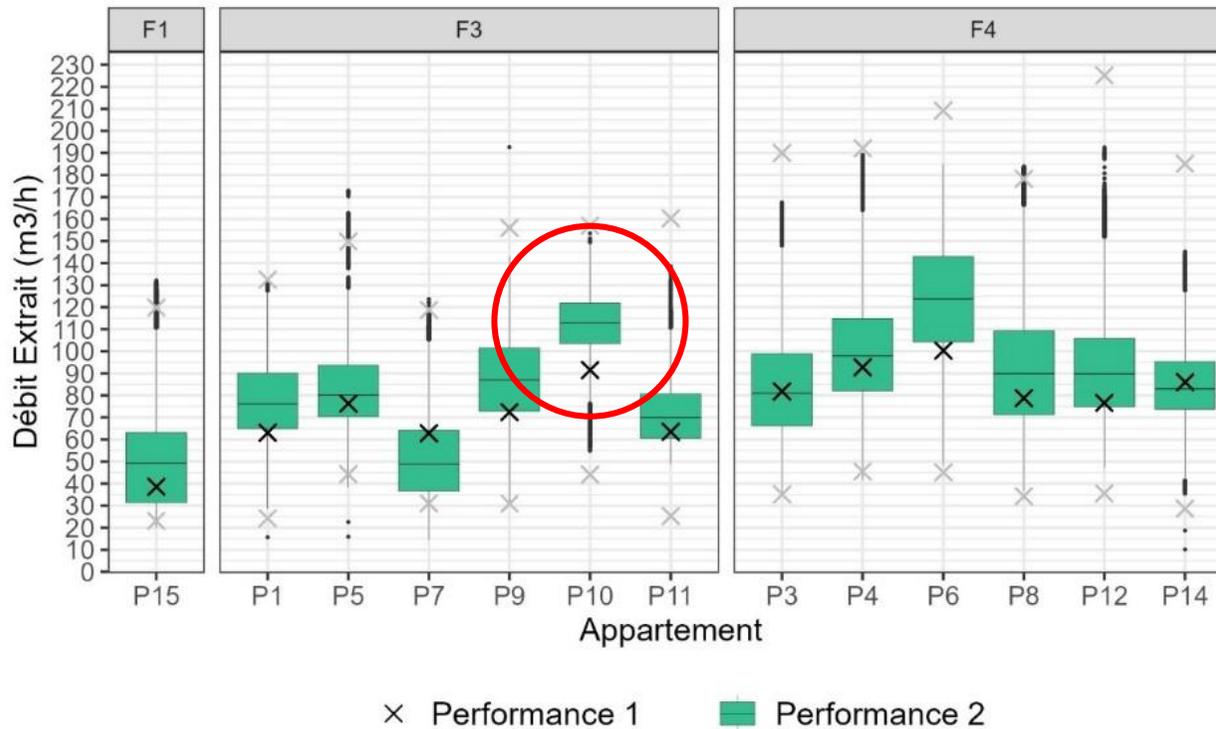




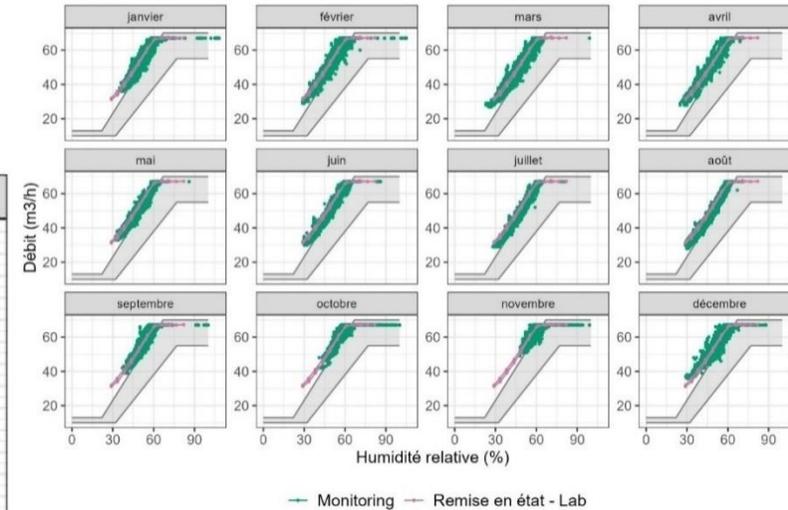
# Analyse Situations Particulières

Débit le plus élevé de la même typologie :

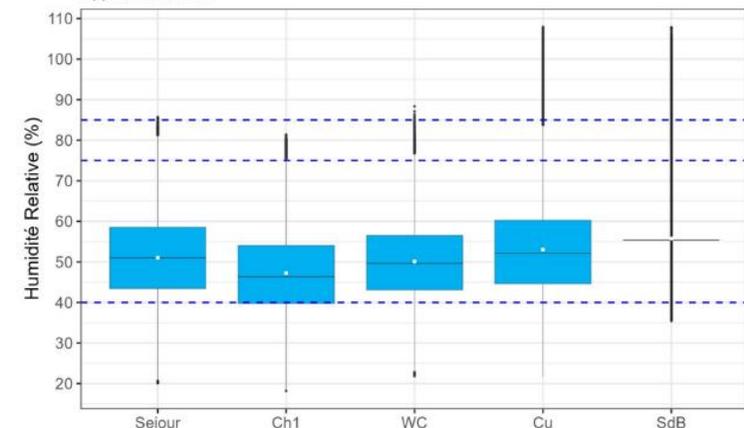
Distribution Débit Total Extrait par Logement  
Carte Aereco - Période Année 2022



Comparaison Fonctionnement Hygroréglable Réel et Labo au Gabarit Théorique  
Carte Aereco - Période Année 2022  
Appartement P10 - Cu



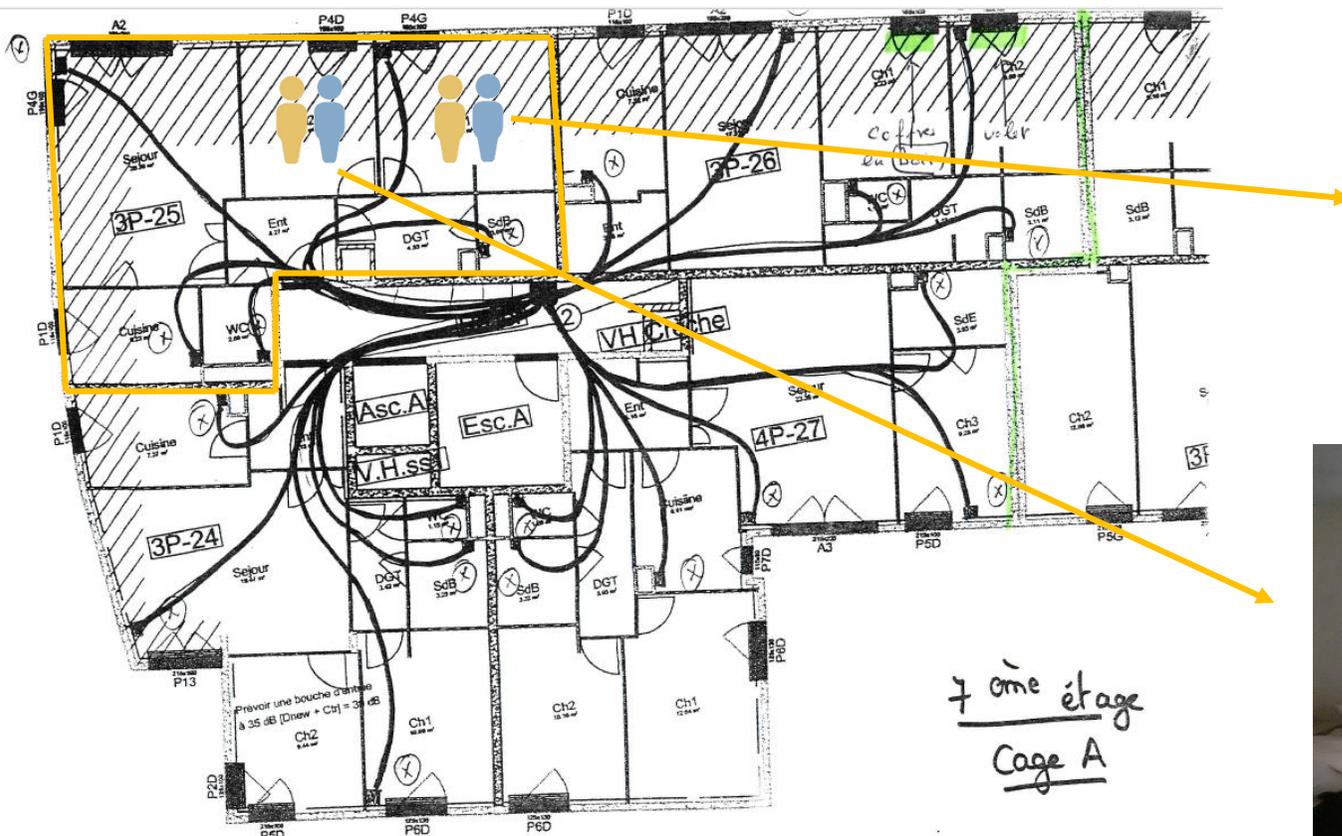
Distributions Humidité Relative  
Carte Aereco - Période Année 2022  
Appartement P10





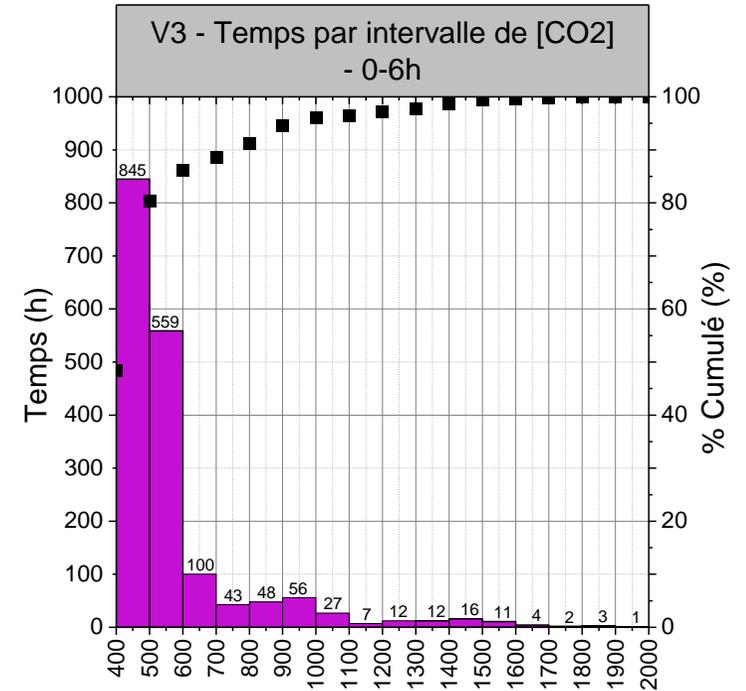
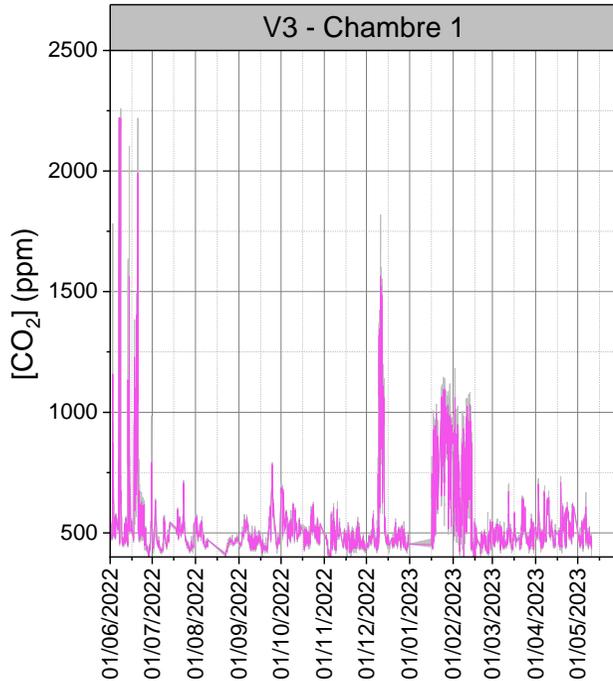
# Analyse Situations Particulières

Impact de l'occupation sur le fonctionnement du système :





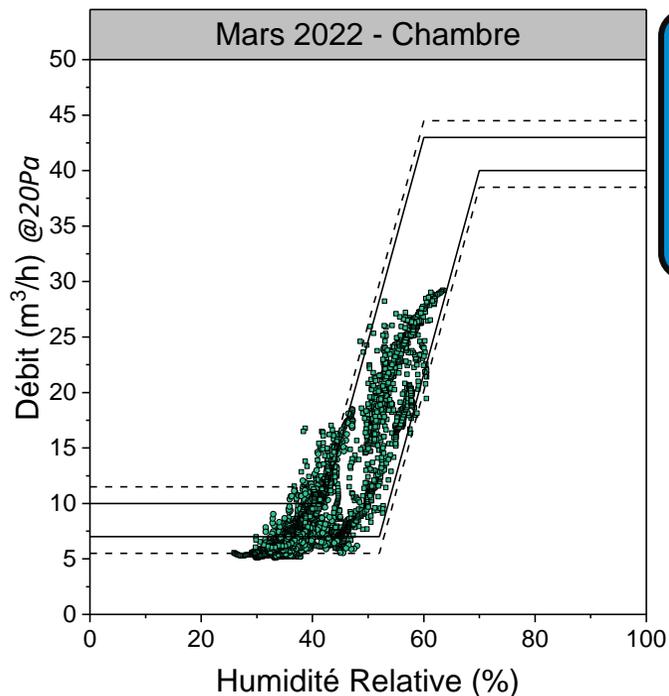
# Analyse Situations Particulières



Inoccupation → Les valeurs de [CO<sub>2</sub>] sont très faibles même en période de chauffe la nuit (0-6h)

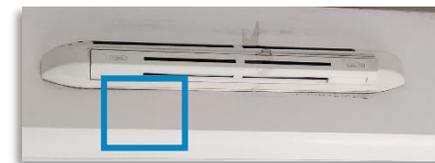


# Analyse Situations Particulières

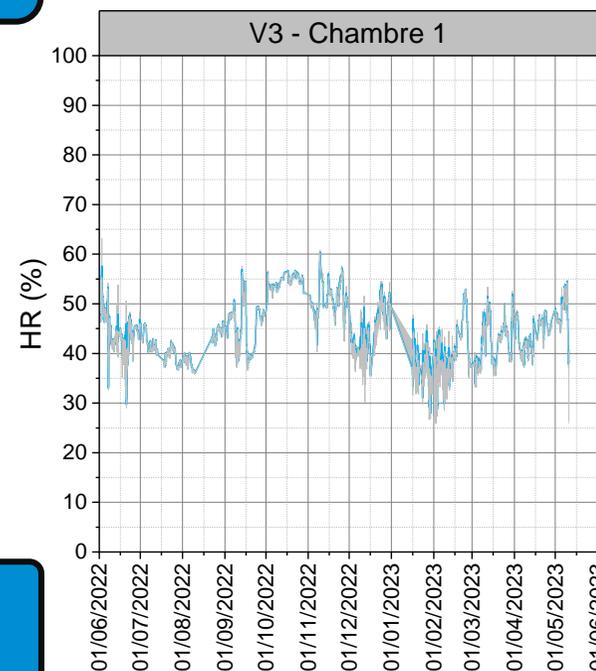


Logement où les locataires ont déréglé l'entrée d'air.

Débit de l'entrée d'air ne dépasse jamais  $30 \text{ m}^3/\text{h}$



Systèmes déréglées (Capot démonté)



Valeurs d'humidité mesurées sont  $< 60 \%$   
→ Bonne régulation en période d'occupation



# Performance 2

Durabilité de la performance de la ventilation

## Tâche 3

# Impact des occupants

Ambre Marchand-Moury et Stéphanie Bordel (Cerema)





# Tâche 3 - psychosociologie

## ▪ Objectif

Avoir des clefs de compréhensions pour les analyses

Approcher les représentations des occupants en matière de QAI et de ventilation

## ▪ Méthodologie

Entretien :

- questions semi-directives
- Questions fermées ou à choix multiple



# Retour occupants

lieu	répondant	occupants habituels	occupants ponctuels
Villeurbanne	Me (~ 50ans)	1	3
Villeurbanne	Me (~ 40ans)	1	1
Villeurbanne	Mr (~ 50ans)	1	2
Villeurbanne	Mr (~ 30ans)	1	/
Villeurbanne	Me (~ 50ans)	4	2
Villeurbanne	Me (~ 50ans)	7	
Paris	Me (~ 50ans)	4 (50, 50, 20, 18)	
Paris	Me (~ 50ans)	4 (50, 55, 20, 19)	
Paris	Me (~ 45ans)	4 (45, 50, 20, 15)	
Paris	Me (~ 55ans)	6 (55, 55, 30, 20, 15, 10)	
Paris	Me (~ 65ans)	2 (65, 30)	
Paris	Me (~ 60ans)	4 (60, 65, 21, 20)	
Paris	Me (~ 40ans)	4 (40ans, 40,, 3, 1)	

## Sur les occupants :

- Les répondant(e)s sont plutôt les dames – exception pour 2 hommes (seuls)
- Beaucoup (6) familles avec des enfants de plus de 20 ans – toujours au foyer à Paris alors qu'ils ne viennent que ponctuellement à Lyon
- Pas de donnée sur la CSP

## Sur le contexte :

- Aereco ou Anjos sont intervenus 2 fois avant (dépose et repose des terminaux) et ont donné des explications sur leur intervention
- Questionnaire mené après 2 semaines de mesure (passage d'un.e collègue pour installer les instruments avant)
- Pandémie de covid toujours en cours

### A Paris

- Incendie survenu au premier étage de l'immeuble à Paris - durant la période de mesures (pour tous les logements sauf 1)
- Période correspondant à la médiatisation des protocoles d'aération voire traitement d'air dans les écoles



## ■ Villeurbanne (1/3)

Pour vous, qu'est-ce que la « qualité de l'air » ?

Sur la qualité de l'air

Terme qui revient le plus : **pollution** (4 fois sur 6)

Notions de **santé** ensuite (chez les 4 femmes) : lien maladies respiratoires (chez les mères de famille), absence d'allergie (dame qui est concernée), « air qui n'est pas nocif pour la santé »

Mention de **polluants** ou de **composition de l'air**. Liste de polluants par 2 personnes (fumeuses) qui ne contient pas le tabac, ni les polluants chimiques de l'air intérieur

Notion de **ressenti** : température, humidité, absence d'odeur



## ■ Villeurbanne (2/3)

Sur sa QAI

Notion de ressenti/perception

Lien direct avec le RA – qui influe plutôt positivement sur la perception de sa QAI (pour 3 personnes sur 6, qui la jugent « bonne ») / lien indirect avec l'air extérieur, lequel est ressenti comme source de pollution (pour 2 personnes sur 6, qui jugent leur QAI « pas bonne » de ce fait)

Réflexion sur la QAE : représentation d'une « dynamique spatiale », 2 personnes imaginent que la QAE est moins mauvaise devant leur appartement car ils sont en hauteur

NB : pas de lien direct fait par les personnes qui répondent (ceci est mentionné plus loin dans le questionnaire) mais toutes décrivent des **problèmes d'irritation ORL** le matin



## ■ Villeurbanne (3/3)

### Sur sa ventilation

Tous font le lien avec le RA ([biais](#) car Anjos est intervenu précédemment). NB : ceux qui étaient inquiets sur la QAE ne mentionnent/questionnent pas le fait de faire entrer des polluants

Sur l'efficacité de la ventilation, les avis sont mitigés : 2 positifs (en lien avec connaissance projet Performance 1, ou parce qu'il n'a pas la sensation de « suffoquer »), 2 qui ne savent pas, 1 négatif (en lien avec buée/odeur lorsqu'elle cuisine), 1 qui n'a pas répondu

2 plaintes sur le **bruit** (sifflement via les entrées d'air)

Sur le **plan technique** 1 personne sur 6 identifie à quoi sert le détalonnage, 3 ne l'ont même pas remarqué. 1 personne pense que les entrées d'air filtrent l'air entrant

Notre entretien ne demande pas explicitement si les terminaux de ventilation sont entretenus, mais 2 personnes le mentionnent d'elle-même (2 qui ont une pratique très intensive du ménage)



## ■ Paris (1/2)

NB : question : quels sont les 5 mots qui vous viennent quand on dit « qualité d'air » ?

Terme qui revient le plus : **aération** (5 fois sur 7, dont une fois en 1<sup>ère</sup> position et 2\* en 2<sup>ème</sup> position)

Mention de **pollution/polluants** (4 questionnaires sur 7, dont 2 fois en 1<sup>ère</sup> place) avec une place particulière pour les poussières (en lien avec une source extérieure: des travaux dans un immeuble adjacent)

Notion **positive** : bien-être, ambiance saine, bien respirer

Notion d'action possible « **corrective** » pour améliorer la QAI : filtration ou épuration

Sur sa QAI

Question des poussières qui revient quasi-systématiquement



## ▪ Paris (2/2)

- Sur sa ventilation

5 personnes sur 7 indiquent que la ventilation sert au RA. Parmi les 2 autres, l'une n'a pas répondu à la question et l'autre indique ne pas savoir à quoi elle sert. Ces 2 personnes sont également celles qui indiquent le moins aérer – et les 2 seules qui n'ont pas mentionné l'aération dans leur description de la qualité d'air

2 personnes sur 7 servent à quoi sert le détalonnage (dont une qui l'a appris par les pompiers durant la période de mesure à cause de l'incendie dans l'immeuble)

- autre

3 personnes sur 7 déclarent garder systématiquement la fenêtre de leur cuisine ouverte, 2 autres signalent des problèmes de buée quand elles cuisinent (ce qui les pousse à ouvrir)

Tous les occupants de cet immeuble utilisent « fréquemment » des produits à fort impacts sur la QAI (javel et/ou encens, et/ou bougies parfumées, etc)



## ■ Communes (1/2)

### ■ Sur la qualité de l'air

L'aération est ce qui est le plus mentionné (rappel : période covid avec protocole d'aération très médiatisé pour Paris)

Pas tellement d'influence *consciente* de la covid sur les comportements : une seule famille a mis en place une action directement liée (achat épurateur d'air)

### ■ Sur sa QAI

Les polluants de l'air intérieur ne sont pas mentionnés – notamment jamais ceux qui ont un lien avec les activités pratiquées par les occupants (tabac, produits d'entretiens parfois agressifs, bougies/encens/sprays désodorisants/etc).

Les plaintes autour de sa QAI sont systématiquement liées à des problématiques extérieures (poussières, tabagisme sur le trottoir, pollution de l'air en ville).



# Performance 2

Durabilité de la performance de la ventilation

## Tâche 4

Elaboration de préconisations techniques  
Gaëlle Guyot (Cerema)





1. Synthèse des nouvelles connaissances apportées cruciales pour les acteurs
2. Préconisations aux différents acteurs



# Un projet pilote au niveau mondial

## *Performance long-terme ?*

- Revue de littérature réalisée, en lien avec le projet IEA-EBC Annex 86 – Energy Efficient Indoor Air Quality Management in Residential Buildings
- Problème de terminologie sur « Long-terme »
- Durée de vie des systèmes de ventilation : 15 à 20 ans (Feist et al., 2020), voire 25 ans (Durmisevic, 2006). Donc "long terme" = plus de 3-4 ans !
- Seulement 3 articles ayant porté sur la performance long-terme de la ventilation
- Peu de données également sur la performance long-terme des capteurs en général



# Un projet pilote au niveau mondial

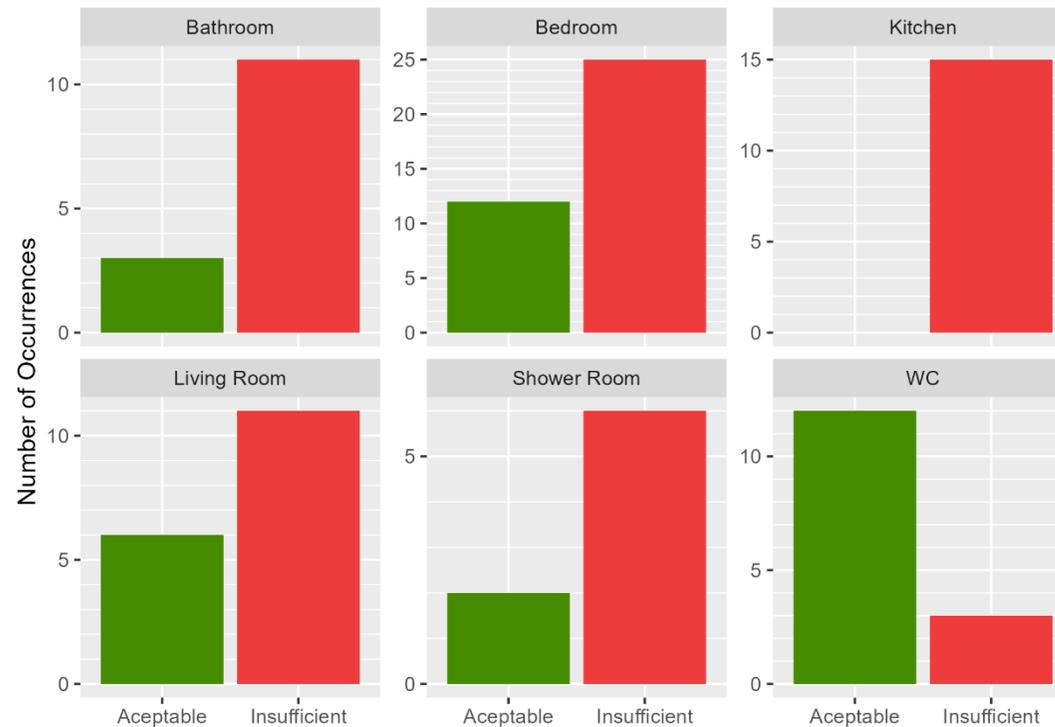
**Le projet Performance 2 apporte donc des résultats assez inédits au niveau national et international, puisque nous avons pu caractériser sur le long terme (plus de 13 ans) :**

1. L'état de la maintenance et des usages de la ventilation ;
2. La durabilité des performances intrinsèques des composants de ventilation hygro-réglables avec capteurs/activateurs intégrés ;
3. La durabilité des performances des capteurs de CO<sub>2</sub> utilisés dans le monitoring continu de la QAI réalisé, qui peuvent être utilisés dans d'autres types de systèmes de ventilation pour contrôler et moduler les débits ;
4. Ainsi que leurs divers impacts sur les performances.



# Les problèmes détectés

1. Manque (de qualité de) d'entretien des systèmes de ventilation, et la nécessité d'un entretien à la charge de l'opérateur de logement social
  - a. Résultats sur le manque d'entretien et l'encrassement des bouches d'extraction et entrées d'air



Représentation de l'état de propreté des bouches d'extraction et entrées d'air (Site de Paris), référence : (Mélois et al., 2023)



# Les problèmes détectés

1. Manque (de qualité de ) d'entretien des systèmes de ventilation, et la nécessité d'un entretien à la charge de l'opérateur de logement social
  - a. Résultats sur le manque d'entretien et l'encrassement des bouches d'extraction et entrées d'air
  - b. Retour d'expérience sur le manque de qualité de la maintenance opérée par les sociétés de maintenance
    - Nombreux dysfonctionnement observés
    - Difficultés, voire impossibilité, d'accéder à des PV d'intervention
    - Interventions de correction réalisées uniquement grâce aux acteurs du projet



# Les problèmes détectés

1. Manque (de qualité de ) d'entretien des systèmes de ventilation, et la nécessité d'un entretien à la charge de l'opérateur de logement social
- c. Le rôle central de l'occupant pour le nettoyage - Retour d'expérience sur le rapport entre les occupants et la ventilation
- Entretiens sociologiques réalisés => peu de locataires ont conscience de l'importance de la ventilation de leur logement, et de l'intérêt du nettoyage
  - Verbatim : pourquoi nettoyer des systèmes « responsables de nettoyer l'air » ? Pourquoi « il fallait nettoyer un appareil dont le rôle est déjà de nettoyer »
  - D'autres occupants pensaient que l'entretien de leur bouches et entrées d'air étaient à la charge de la société de maintenance, qui doit passer 1 fois par an, et donc ne s'en occupaient jamais

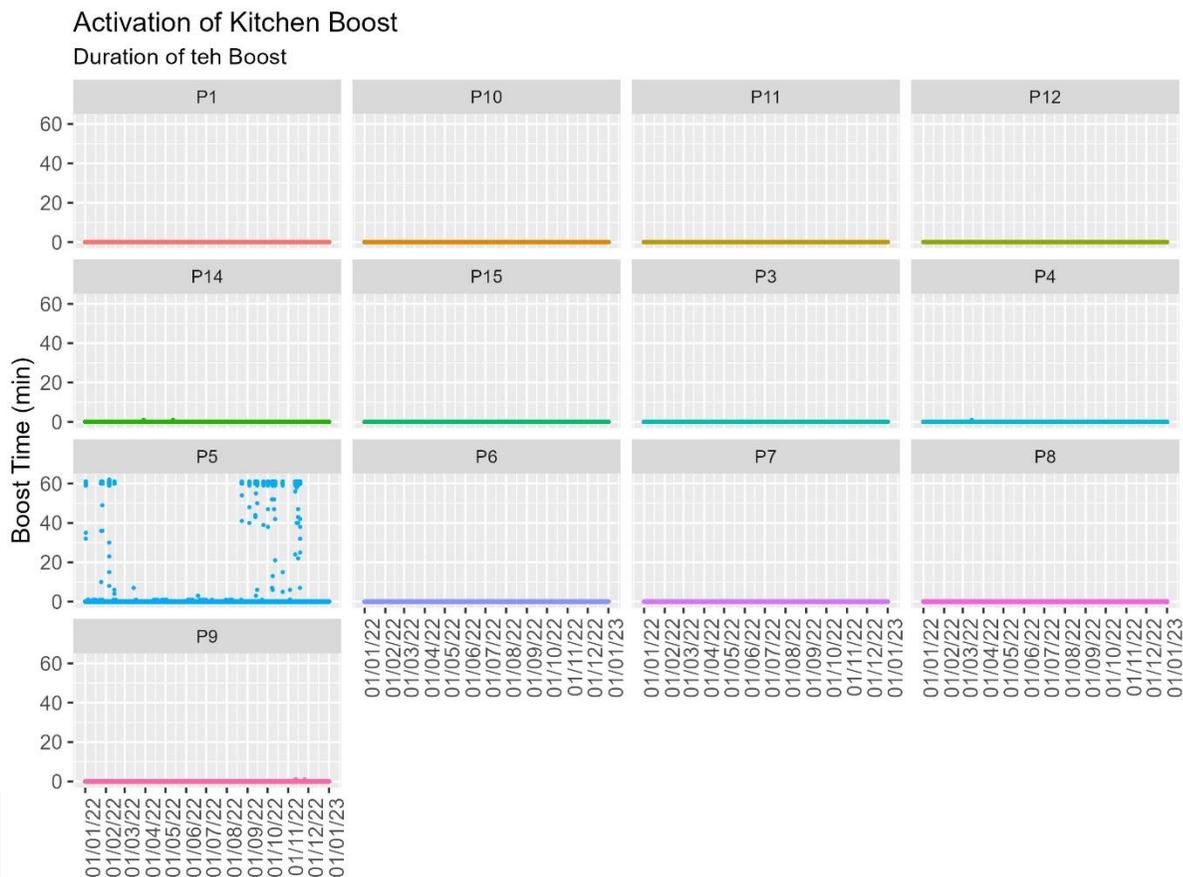


# Les problèmes détectés

## 2. Utilisation du grand débit dans les cuisines

Une différence significative entre les déclarations des occupants lors de l'entretien individuel et l'utilisation réelle enregistrée par les capteurs embarqués

En réalité, le grand débit utilisé uniquement que dans 1 appartement et avec un temps inférieur à 60 minutes par jour





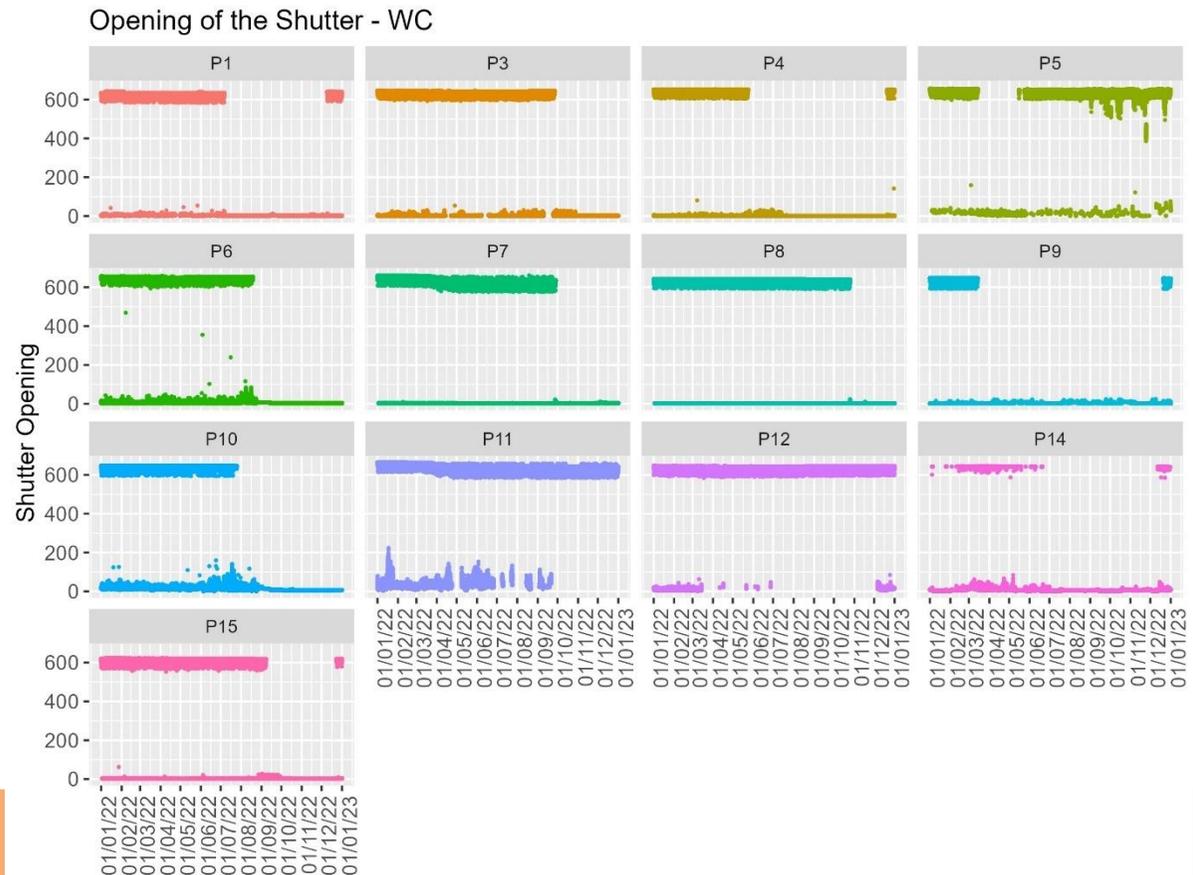
# Les problèmes détectés

## 3. Bouches à détection de présence bloquées pour cause de piles non fonctionnelles (Pièce concernée : WC)

Sur le site de Paris, volet resté en position de grande ouverture (débit max) sur au moins 1/3 de l'année (voir 2/3 dans le cas de l'appartement P9), sauf pour l'appartement P11 et P12 (Figure 3).

=> Surconsommations énergétiques

Bouches WC : nouveaux produits disponibles avec alerte quand piles vides





# Les problèmes détectés

4. Entrées d'air bloquées pour cause de dérèglement volontaire par les occupants  
(Pièces concernées : toutes chambres et séjour)

Sur le site de Paris, 9% des entrées d'air endommagées par l'occupant ou l'entreprise de maintenance avec des volets coincés en position ouverte ou fermée





1. Synthèse des nouvelles connaissances apportées cruciales pour les acteurs
2. Préconisations aux différents acteurs
  - Préconisations pour les réglementations et les commissions de validation
  - Préconisations pour les industriels
  - Préconisations pour les gestionnaires de bâtiments
  - Préconisations pour la révision des normes européennes
  - Préconisations pour l'ANR/ADEME/Horizon Europe/financeurs



## Enjeux

- Impacts importants sur QAI et consommations d'énergie
- Durée de vie de la ventilation : 15-25 ans
- Garanties de performances long-terme sur cette durée
- Performances intrinsèques et in situ, dont maintenance
- Cout des systèmes à envisager de manière globale, sur la durée de vie, y compris maintenance
- Enjeux spécifiques pour les systèmes à débits modulés



# Préconisations – réglem. & commissions

Nous préconisons :

- Que les systèmes de ventilation avec débit modulable soient autorisés/valorisés à conditions qu'ils soient assorties de données sur la durabilité des capteurs/activateurs ou avec une valeur limite de précision des capteurs (comme c'est le cas en Belgique), assortie d'une dérive maximale dans le temps
- Que les systèmes de ventilation avec détection des fautes soient valorisés
- Que les protocoles d'inspection
  - Incluent une vérification de la réactivité de l'ensemble des composants avec capteurs
  - Incluent des vérifications sur la conformité des capteurs mis en place
  - Soit réalisés périodiquement sur la durée de vie du bâtiment



# Préconisations – industriels

Nous préconisons :

- De n'utiliser dans le développement de produits que des capteurs avec une précision suffisante et sans dérive dans le temps
- De réaliser des études sur la durabilité (vieillesse) de leurs composants dont les capteurs/activateurs
- De développer des moyens de détection des fautes pour alerter l'occupant et/ou le gestionnaire du bâtiment et de déclencher un nettoyage ou une maintenance



# Préconisations – gestionnaires

Nous préconisons :

- la **maintenance régulière** a minima une fois par an des systèmes de ventilation, en s'assurant en amont de la **qualité et du détail des cahiers des charges** des appels d'offres et du contenu attendu pour les rapports de maintenance
- De s'assurer de la **qualité et exhaustivité de la réalisation de cette maintenance** régulière de l'ensemble des composants de la ventilation, dont les bouches et entrées d'air, et du contenu des rapports de maintenance
- De contacter les industriels fabricants pour toute **réparation ou changement partiel** de composant de l'installation
- De s'assurer du **changement des piles** dans les bouches localisées dans les toilettes
- D'investir dans des **actions régulières de communication** avec les occupants pour le nettoyage qui est à leur charge/responsabilité et qui améliorent leur confort et leur santé, et pour éviter qu'ils détériorent le matériel et avec lui leurs conditions de vie
- De développer des moyens de **détection des fautes** pour déclencher un nettoyage ou une maintenance en dehors des périodes de maintenance annuelle
- D'éviter d'investir dans des installations de suivi de la qualité de l'air avec des **capteurs sans garantie sur la précision et la durabilité** de ces capteurs



- Révision (en cours) de la norme EN 16798-1 – Performance énergétique des bâtiments - Ventilation des bâtiments - Partie 1 : données d'entrées d'ambiance intérieure pour la conception et l'évaluation de la performance énergétique des bâtiments couvrant la qualité de l'air intérieur, l'ambiance thermique, l'éclairage et l'acoustique (Module M1-6)
- Actuellement en révision, devrait intégrer des critères performanciers pour dimensionner et évaluer les systèmes de ventilation
  - Ces éléments permettront de mieux évaluer les performances des systèmes « intelligents » régulant les débits
  - Néanmoins, des critères de durabilité des systèmes et de précision et de durabilité des capteurs modulant les débits devraient également être intégrés pour évaluer les performances des systèmes



- **Révision (en cours) de la norme EN 15665 – Ventilation des bâtiments - Détermination des critères de performance pour les systèmes de ventilation résidentielle**
- Pour aider à évaluer la durabilité des systèmes, une annexe (informative) devrait donner des valeurs précises de dérive qui pourraient ensuite être prises en compte dans les évaluations des performances
- Cette norme pourrait aussi intégrer, une annexe informative permettant d'évaluer les coûts des différents systèmes qui intégreraient :
  - Une analyse du coût initial
  - Une analyse à 25 ans en prenant en compte, la consommation d'énergie, la QAI, la maintenance et la durabilité et robustesse du système



- **Normes d'inspection de la ventilation, au nombre de 3 en Europe**
- L'EN 16798-17 : Performance énergétique des bâtiments - Partie 17 : ventilation des bâtiments - Lignes directrices pour l'inspection des systèmes de ventilation et de conditionnement d'air
  - En complément de l'évaluation à réception, cette norme pourrait intégrer des recommandations pour évaluer les performances du système après un certain nombre d'année (à partir des data sur les dérives potentielles)
- L'EN 16211 : Ventilation des bâtiments - Mesurages des débits d'air sur site – Méthodes
  - Cette norme ne propose que des méthodes de mesure de débit pour les systèmes à débit constant. Il serait intéressant d'intégrer des procédures d'évaluation adaptés aux systèmes « intelligents » qui modulent les débits en permanence
- L'EN 12599 : Ventilation des bâtiments - Procédures d'essai et méthodes de mesure pour la réception des installations de conditionnement d'air et de ventilation
  - Cette norme donne des directives générales sur l'évaluation des systèmes de ventilation et manque actuellement d'information sur le contrôle des systèmes à la demande



# Préconisations – Programmes de recherche

Notre état de l'art et les résultats de ce projet illustrent un besoin de financement de travaux de recherche d'envergure au niveau français et européen sur :

- La durabilité intrinsèque des systèmes de ventilation de tout type
- La performance in situ à long terme de la ventilation, avec le suivi de parc de bâtiments divers – pas seulement les logements
- Le développement de capteurs fiables, robustes et durables
- Le développement de connaissances nouvelles sur l'impact de la maintenance et de son calendrier, avec des tests à 1, 3, 6, 12 mois et chiffrage économique des impacts et coûts évités
- La résilience de ces systèmes aux climats futurs, avec des travaux de simulation et des expérimentations en laboratoires avec enceintes climatiques
- Les impacts multi-critères des stratégies de ventilation, incluant QAI, énergie, sobriété, santé, adaptation aux dérèglements climatiques et environnementaux (pandémies, feux), performances cognitives, impacts économiques. Pour cela des approches multidisciplinaires sont nécessaires et requièrent des financements plus importants
- La sensibilisation des différents acteurs autour de l'importance de la ventilation, de son choix à son utilisation jusqu'à l'utilisateur final, en passant par la maintenance
- Sur le développement de systèmes de détection de fautes et d'incitation à l'utilisateur, incluant des techniques issues de la psychologie sociale



- Un état de l'art mettant en évidence que le projet Performance 2 est un projet pilote au niveau mondial sur le sujet de la durabilité des performances de la ventilation
- Des nouvelles connaissances sur les usages et la maintenance de la ventilation sur la durée et leurs impacts sur les performances à long-terme des systèmes de ventilation
- Des nouvelles connaissances sur la durabilité des performances intrinsèques des composants de la ventilation et notamment des tissus hygroscopiques intégrés aux composants de la ventilation hygro-réglable, ainsi que sur des capteurs de CO<sub>2</sub> utilisés dans cette étude pour du monitoring continu
- Une série de préconisations cruciales pour tous les acteurs



# Performance 2

Durabilité de la performance de la ventilation

## Questions / Échanges





# Performance 2

Durabilité de la performance de la ventilation

## Témoignages

- Jean-Denis UNAL

LYON  
METROPOLE  
HABITAT





# Performance 2

Durabilité de la performance de la ventilation

Merci à tous

