



Observatoire de la qualité de
l'air intérieur

CSTB
le futur en construction

Journée technique Qualité de l'air intérieur
Paris, 12 décembre 2017

Campagne nationale « Bureaux » : premiers résultats



Contexte et objectifs de la campagne nationale

- Peu de données relatives à la qualité de l'air intérieur et au confort dans les bâtiments de bureaux en France
 - De nombreux travailleurs dans ces espaces
 - Des sources spécifiques
- **Des impacts sur la santé et des conséquences économiques**
- Faire un premier **état des lieux** de la qualité de l'air intérieur et du confort dans les immeubles de bureaux en France
- Elaborer des **recommandations** pour l'amélioration de la qualité de l'air intérieur et du confort (si nécessaire)

Focus sur les immeubles de bureaux de plus de 50 personnes

Constitution de l'échantillon

- Pas de base exhaustive des immeubles de bureaux en France
- Utilisation de la **base de données de HBS Research** qui recense 2,1 millions d'immeubles en 2012
 - ↳ Identification des immeubles **de bureaux** :
 - dans lesquels le cumul des effectifs déclarés > 50
 - hébergeant des entreprises ayant un code NAF correspondant à une activité de « Bureaux »
 - superficie minimale de 650 m²
- **13 709 immeubles de plus de 50 personnes en métropole**
- **Tirage au sort aléatoire** (représentativité des situations) stratifié sur la zone climatique, au prorata du nombre d'immeubles de bureaux dans chaque zone pour atteindre 300

Inclusion de volontaires pour accélérer le recrutement

L'enquête en résumé

- **1 journée** par immeuble
- **3 opérateurs** se répartissant les rôles
- **3 catégories de données** :
 - relatives aux occupants : confort et santé perçus
 - descriptives du bâtiment : environnement, systèmes, entretien, performances énergétiques, etc.
 - mesures de QAI et des paramètres d'ambiance

Résultats préliminaires sur les données validées pour 129 immeubles

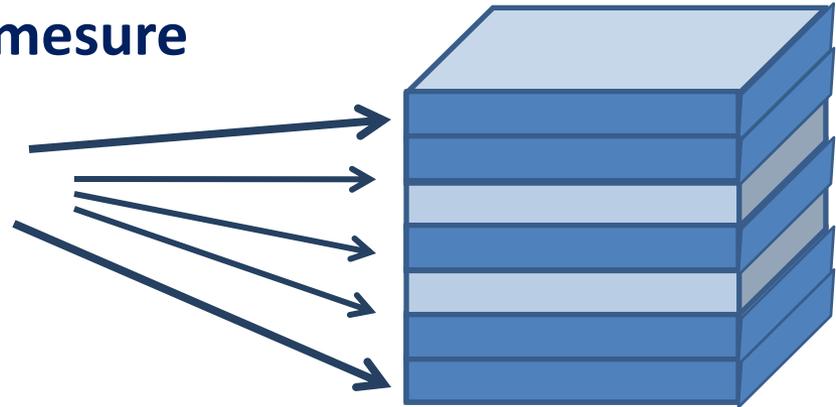
**Représentativité
Faisabilité**



**5 points intérieurs
+ 1 extérieur**

Détermination des 5 points de mesure par les enquêteurs

- Répartition spatiale
- Selon différentes orientations
- Bureaux « représentatifs » des espaces de travail : fermés ou ouverts
- Bureaux occupés
- Occupant(s) d'accord pour participer



- Pendant **6 heures** :
 - mesure en continu (10 min) de la **température**, de l'**humidité relative** et du **CO₂**
 - mesure en continu (1 min) des **particules ultrafines** (\varnothing 10 nm-1 μ m), 1h/bureau
 - prélèvement actif des **COV** sur tubes Tenax TA 60/80 au moyen d'une pompe Pocket au débit de 20 mL/min
 - ↳ analyse en laboratoire
 - prélèvement actif des **aldéhydes** sur cartouches SKC au moyen d'une pompe Gil'Air au débit de 300 mL/min
 - ↳ analyse en laboratoire



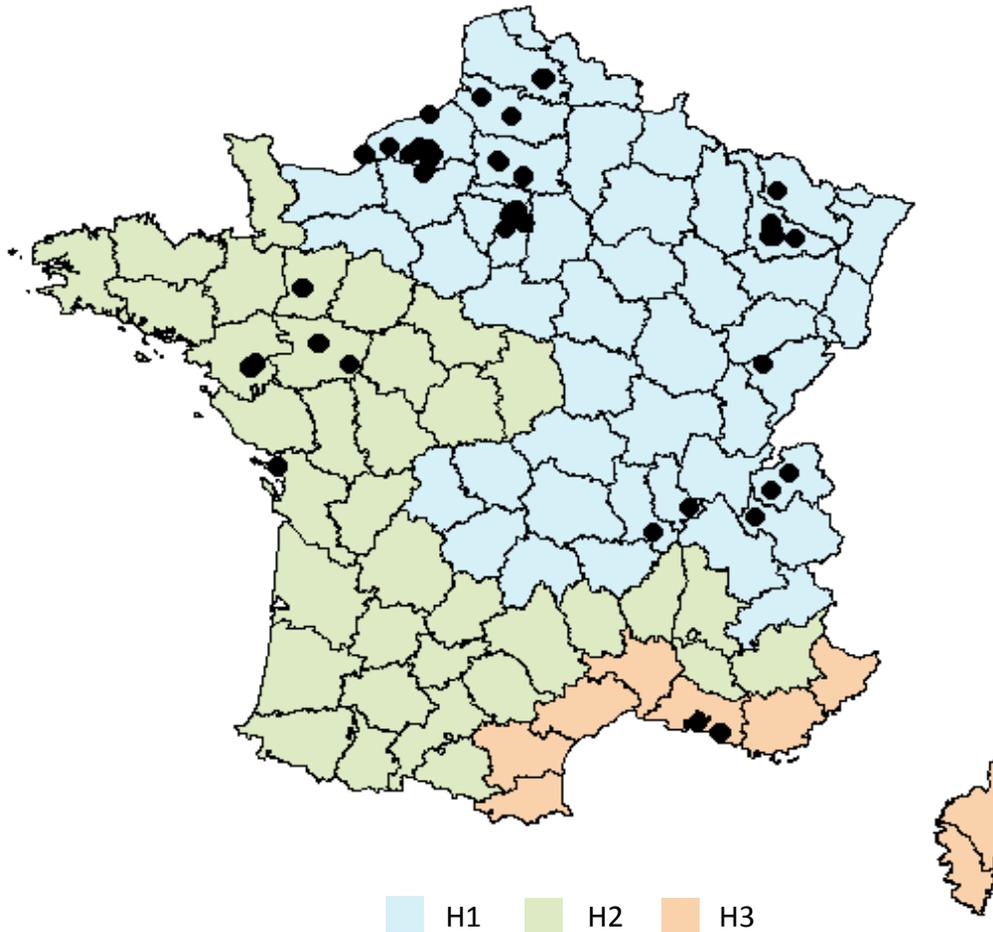
Choix des COV et aldéhydes d'intérêt

- **Hiérarchisation des polluants de l'air intérieur en 2010 :**
1026 substances chimiques
- COV et aldéhydes classés en trois catégories :
 - composés dont la **mesure apparaît incontournable** : benzène, toluène, tétrachloroéthylène, formaldéhyde et acétaldéhyde
 - autres composés d'intérêt (i.e. **fréquemment rencontrés dans les logements**) : hexanal, benzaldéhyde, éthylbenzène, xylènes (m/p + o), styrène, naphthalène, 2-butoxyéthanol et phénol
 - composés **spécifiques de certaines sources**, intéressants à rechercher :
 - **matériaux** : MIBK (4-méthyl-2-pentanone), 2-éthyl-1-hexanol
 - **produits d'entretien, parfums** : limonène, α -pinène

Soit une liste de 18 COV et aldéhydes d'intérêt retenus

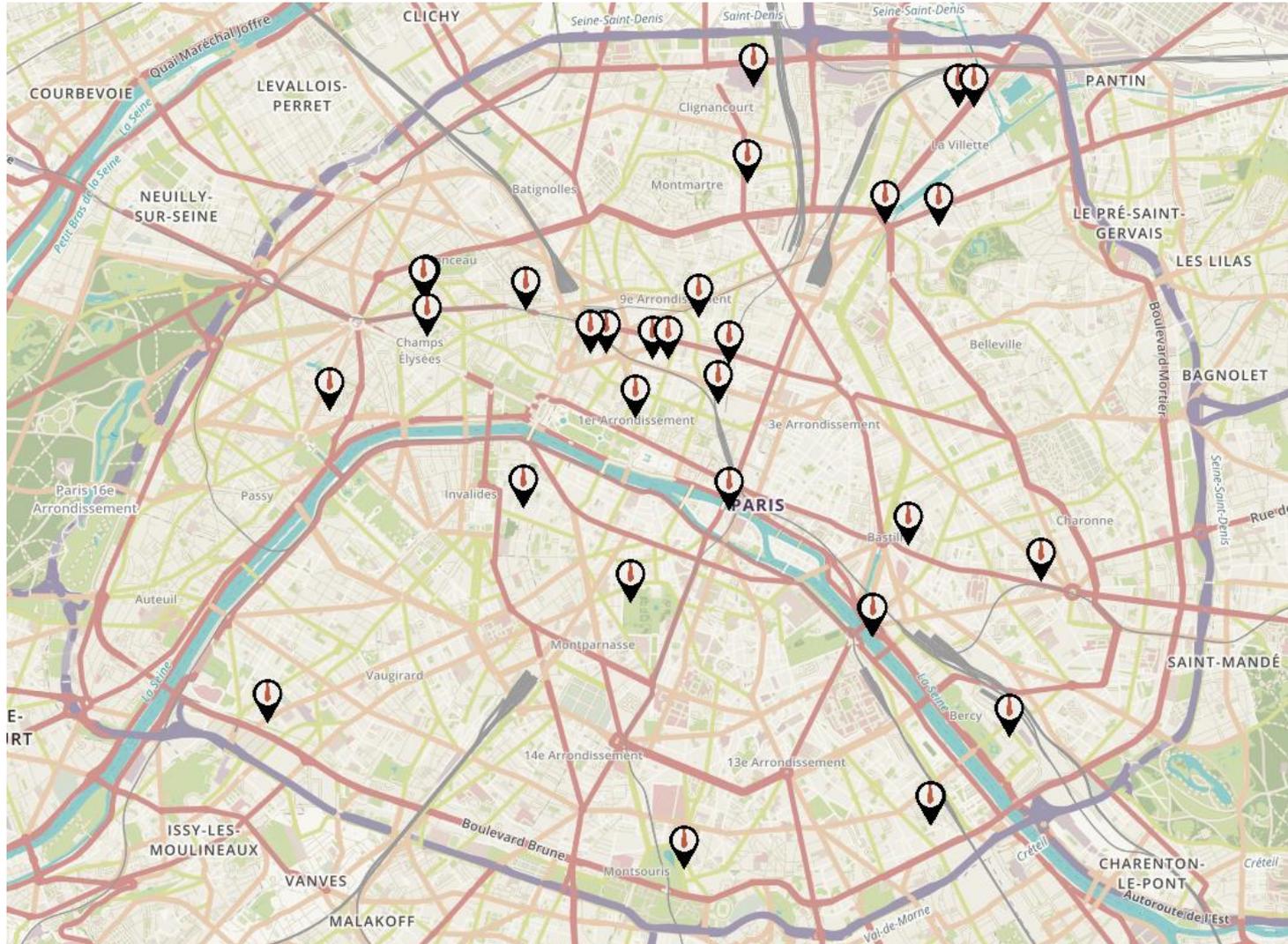
Localisation des 129 immeubles enquêtés

- Instrumentés entre juin 2013 et novembre 2017



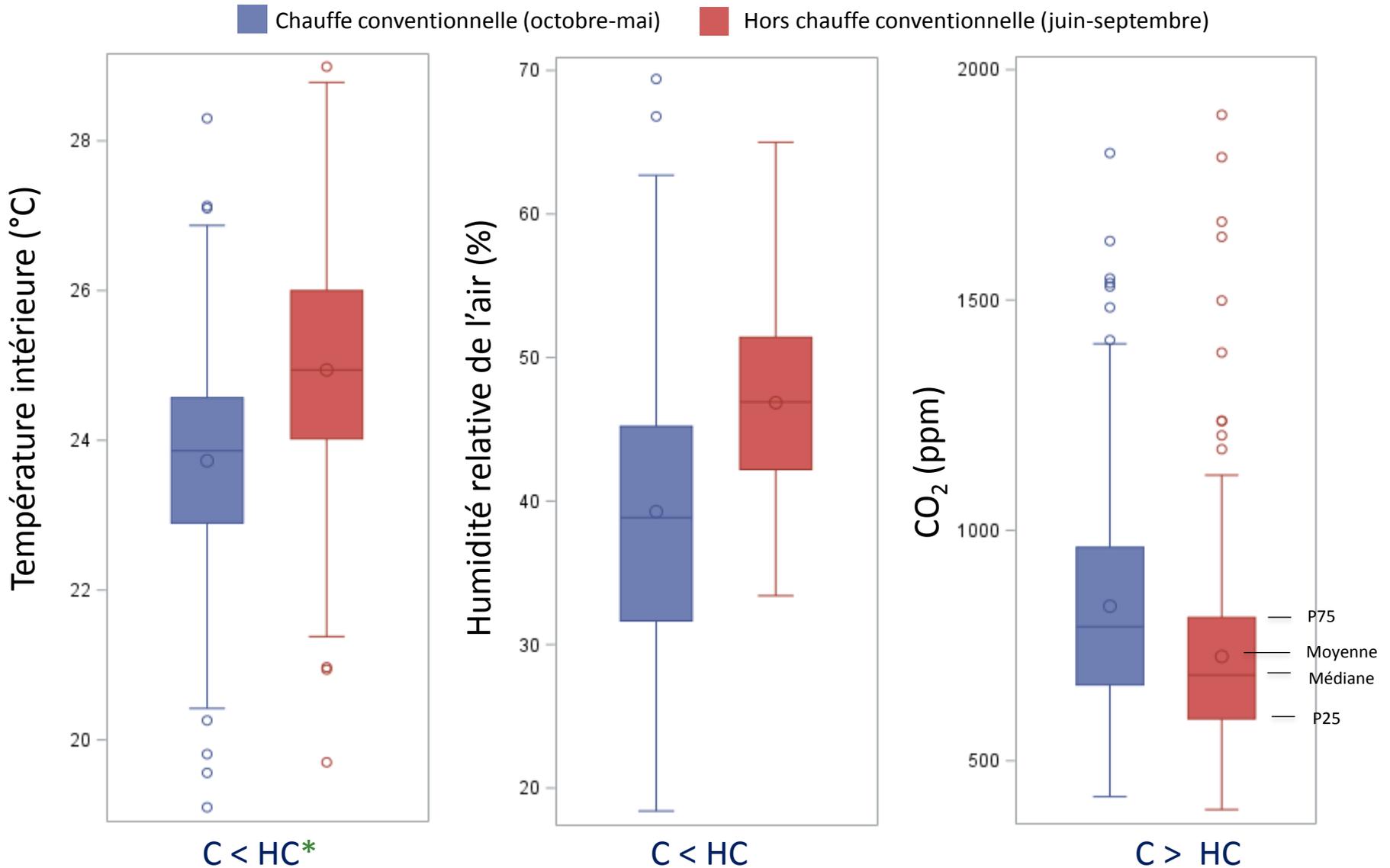
- 85 tirés au sort (66 %)
- 44 volontaires (34 %)

Dont 38 immeubles enquêtés à Paris



Confort des espaces de bureaux

Moyenne journalière
par bureau (n=573)

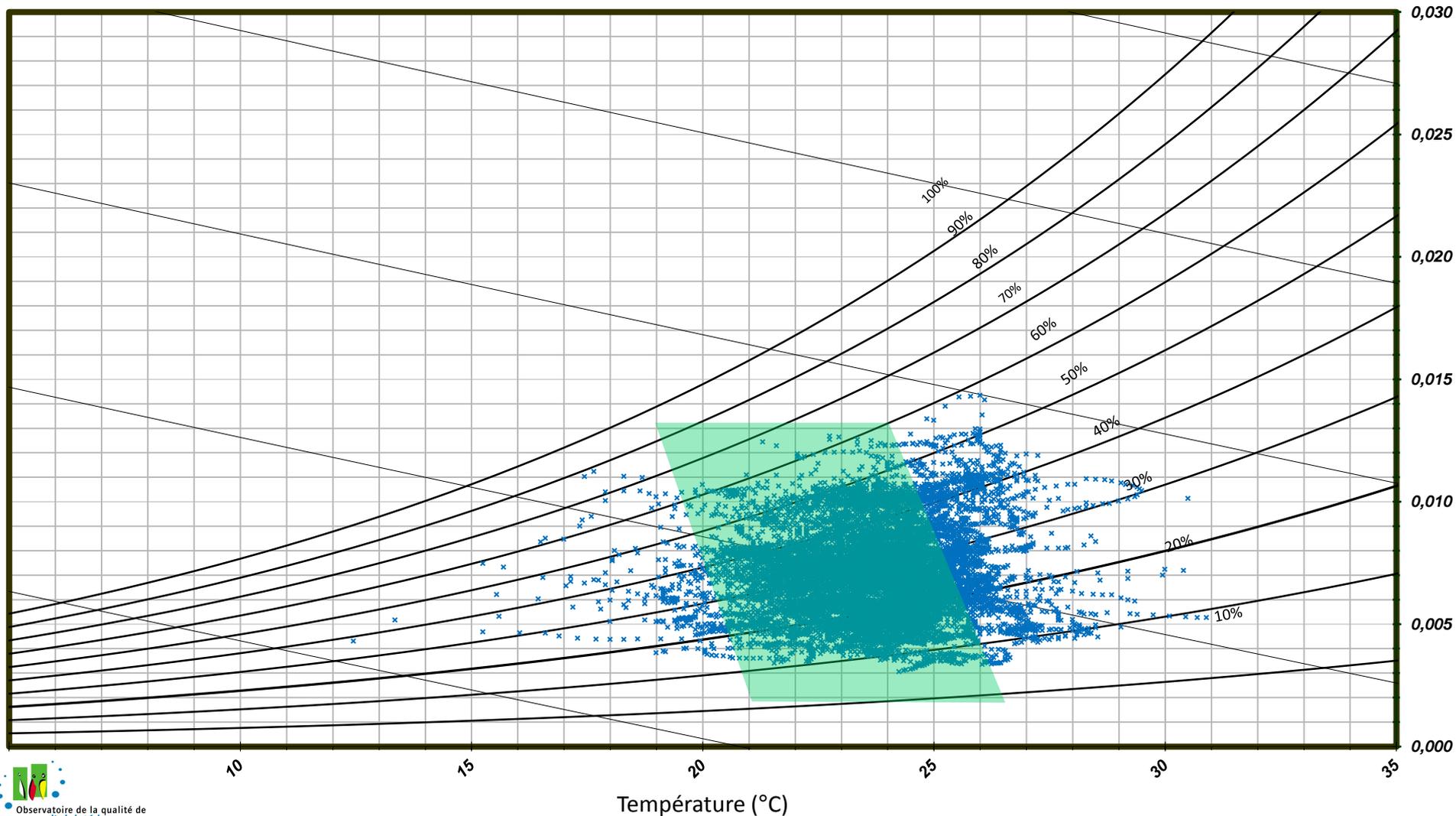


*Différence significative ($p < 5\%$) | C = Période de chauffe conventionnelle (77 immeubles) | HC = période hors chauffe conventionnelle (52 immeubles)

Confort des espaces de bureaux en chauffe

Norme NF EN ISO 7730 : Zones de confort pour $-0,5 < PMV < 0,5$ | 1,0 Clo = tenue d'hiver

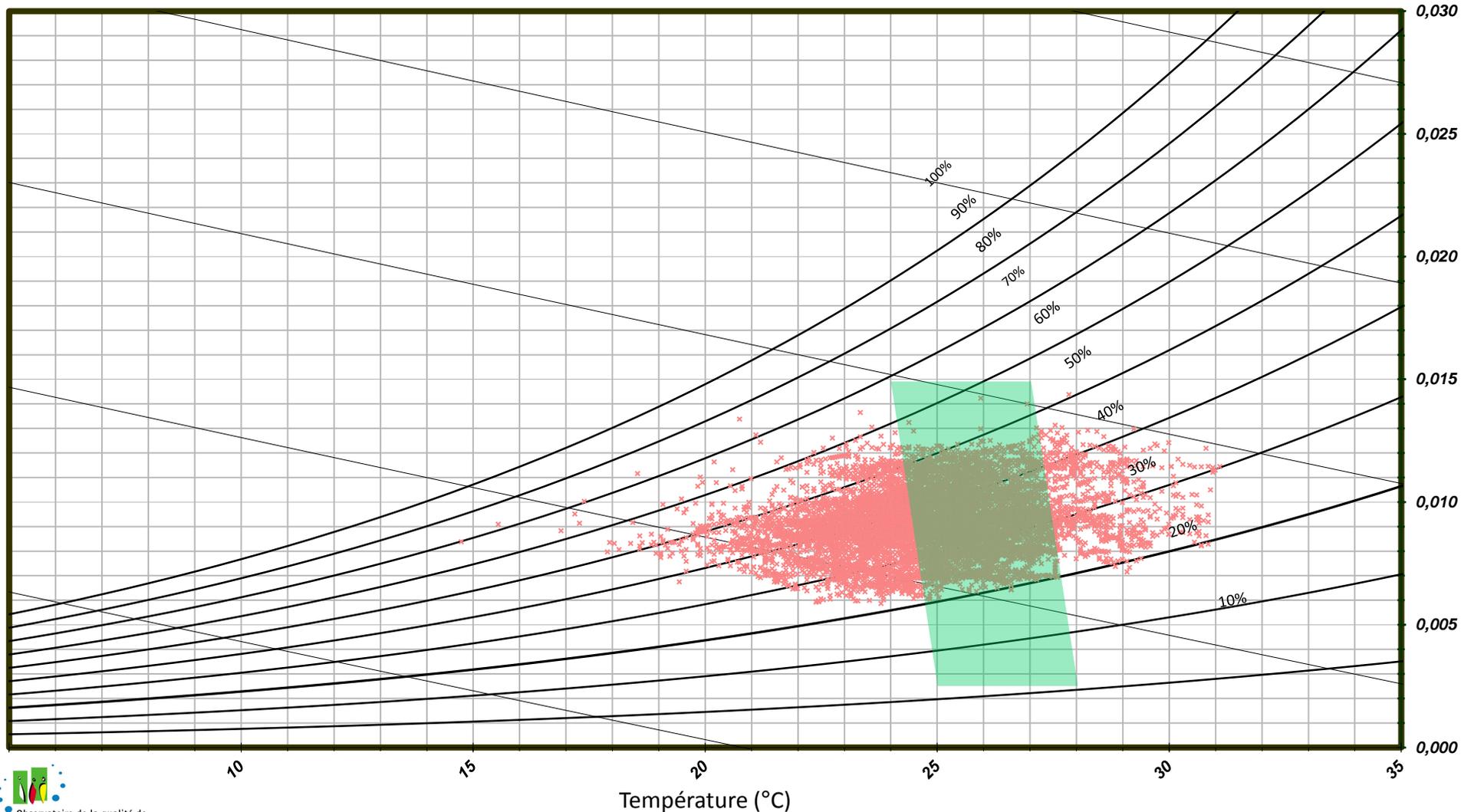
Humidité absolue (kg/kg)



Confort des espaces de bureaux hors chauffe

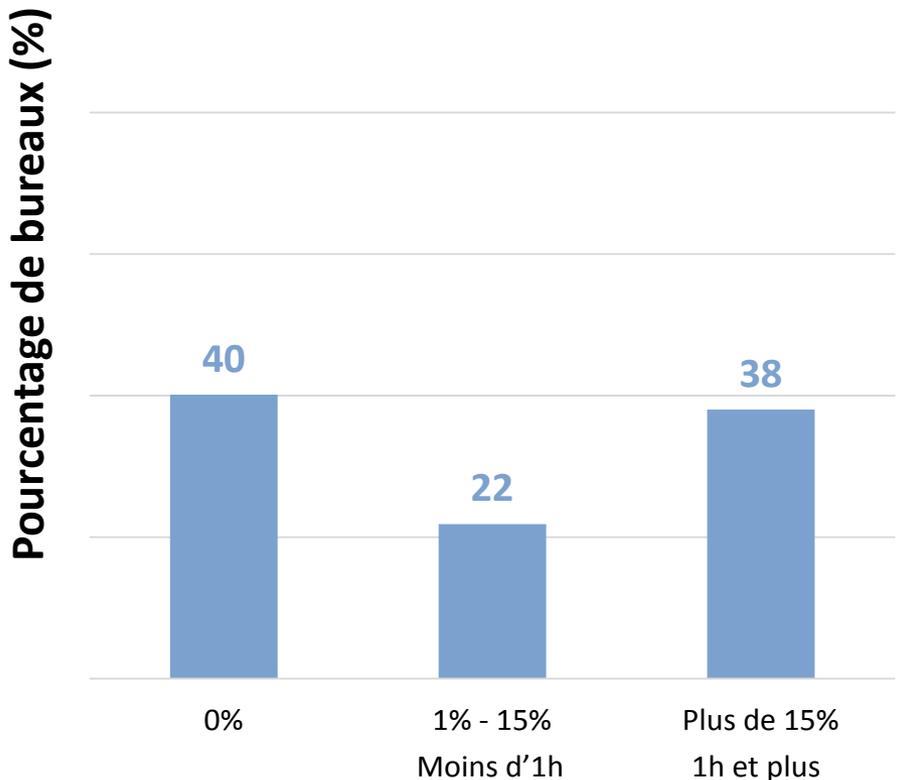
Norme NF EN ISO 7730 : Zones de confort pour $-0,5 < PMV < 0,5$ | $0,5 \text{ Clo} =$ tenue d'été

Humidité absolue (kg/kg)



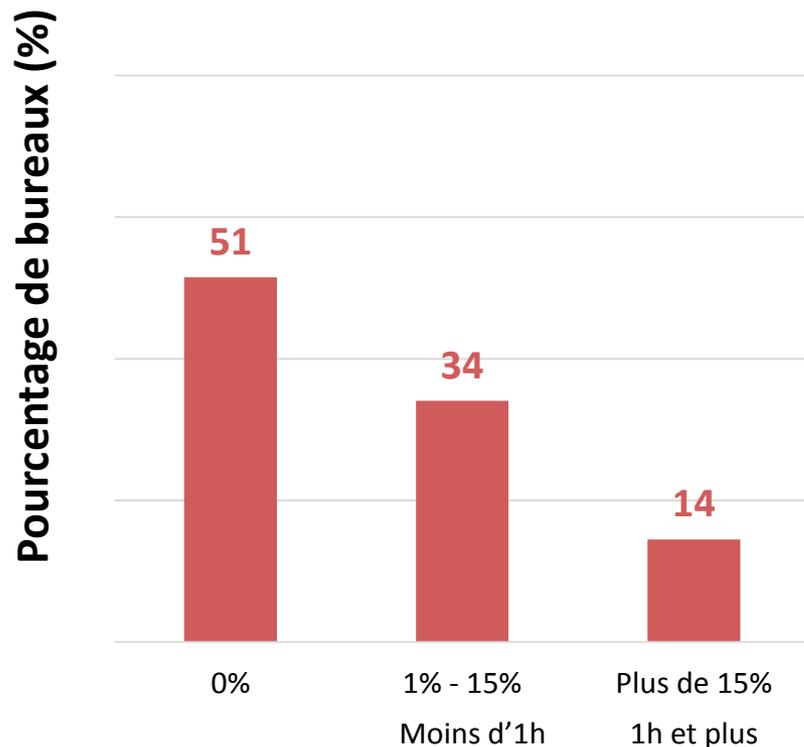
Concentration en CO₂ : % dépassements de 1000 ppm

CHAUFFE CONVENTIONNELLE



Pourcentage de temps avec [CO₂] > 1000 ppm

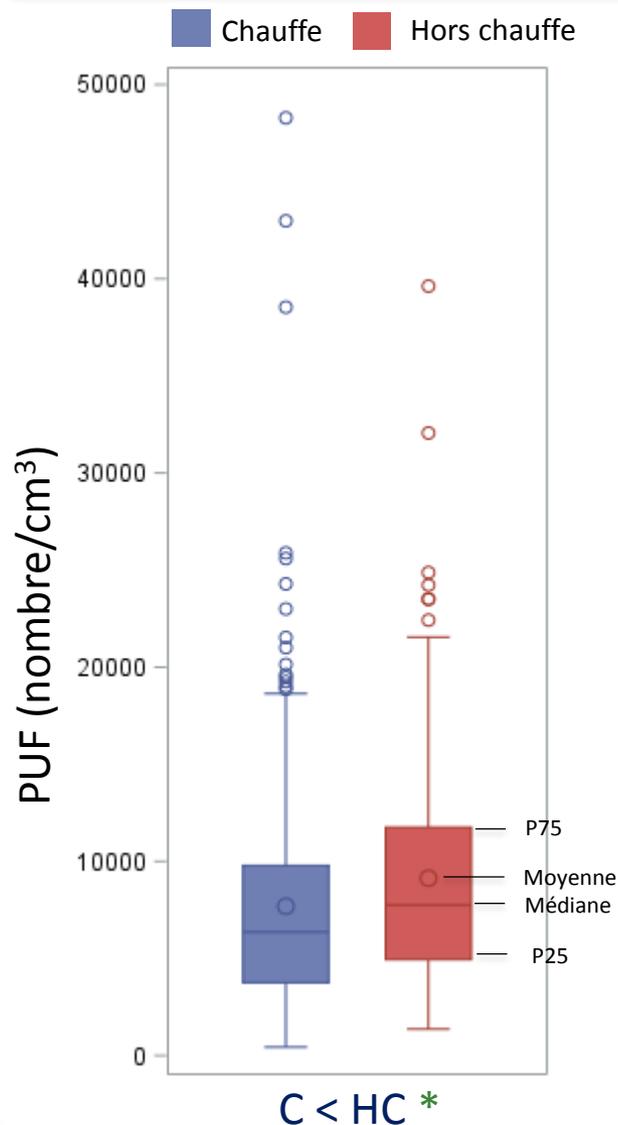
HORS CHAUFFE CONVENTIONNELLE



Pourcentage de temps avec [CO₂] > 1000 ppm

Concentration en CO₂ en chauffe > Concentration en CO₂ hors chauffe ($p < 5\%$)

Particules ultrafines

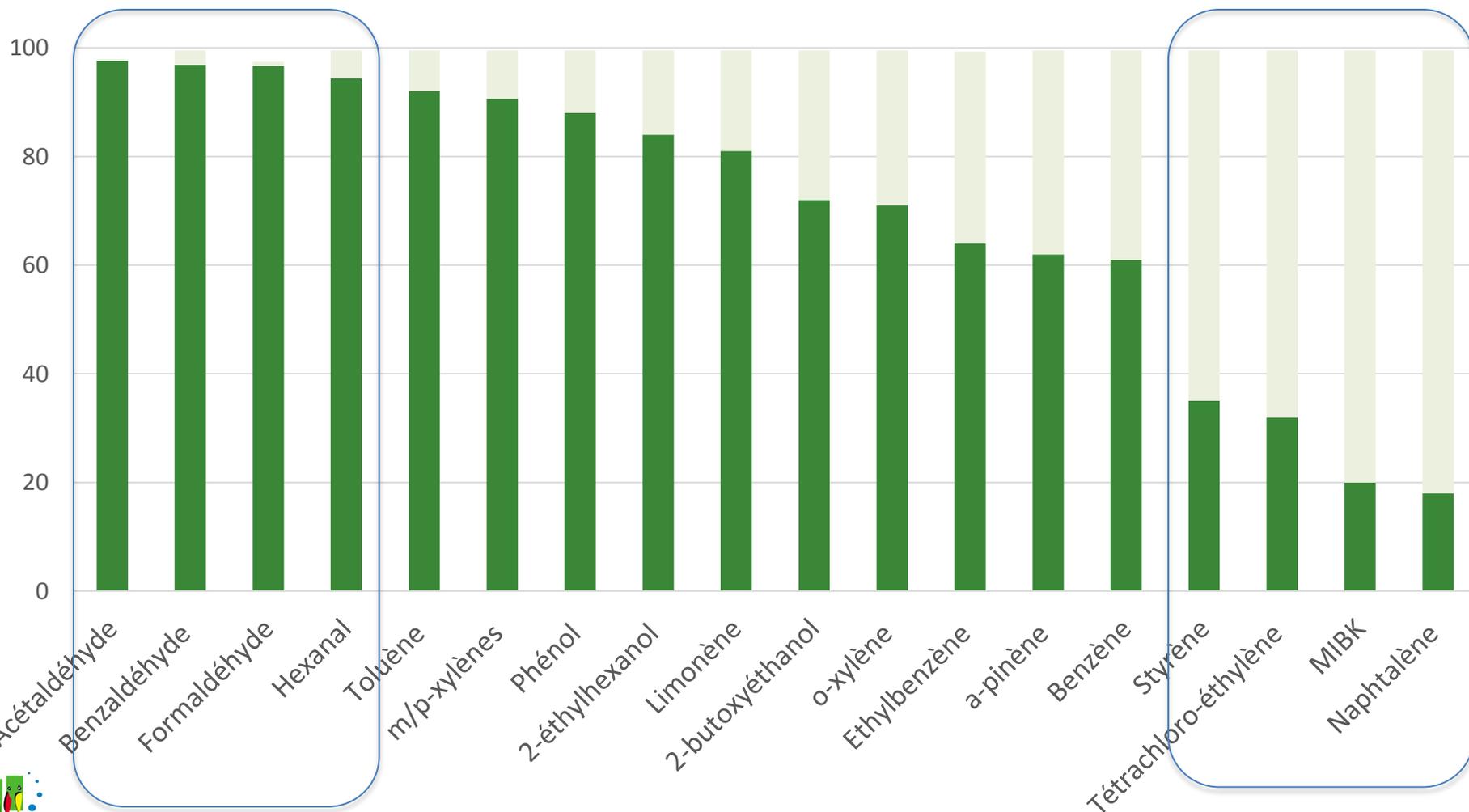


*Différence significative ($p < 5\%$)

- Concentration médiane par bureau (n=510) toute période confondue : **6900 particules/cm³**
- **Comparaison avec les données du projet OFFICAIR**, immeuble de bureaux proche périphérique parisien, VMC double-flux :
 - 1^{er} étage : médiane 12 000 p/cm³
gamme : 4 200 – 52 500 p/cm³
 - 4^{ème} étage : médiane 15 000 p/cm³
gamme : 5 200 – 26 300 p/cm³(Szigeti et al., STOTEN 2017)
- **Métanalyse Morawaska et al. (Env Int 2017)** :
moyenne dans les bureaux : 3700 p/cm³

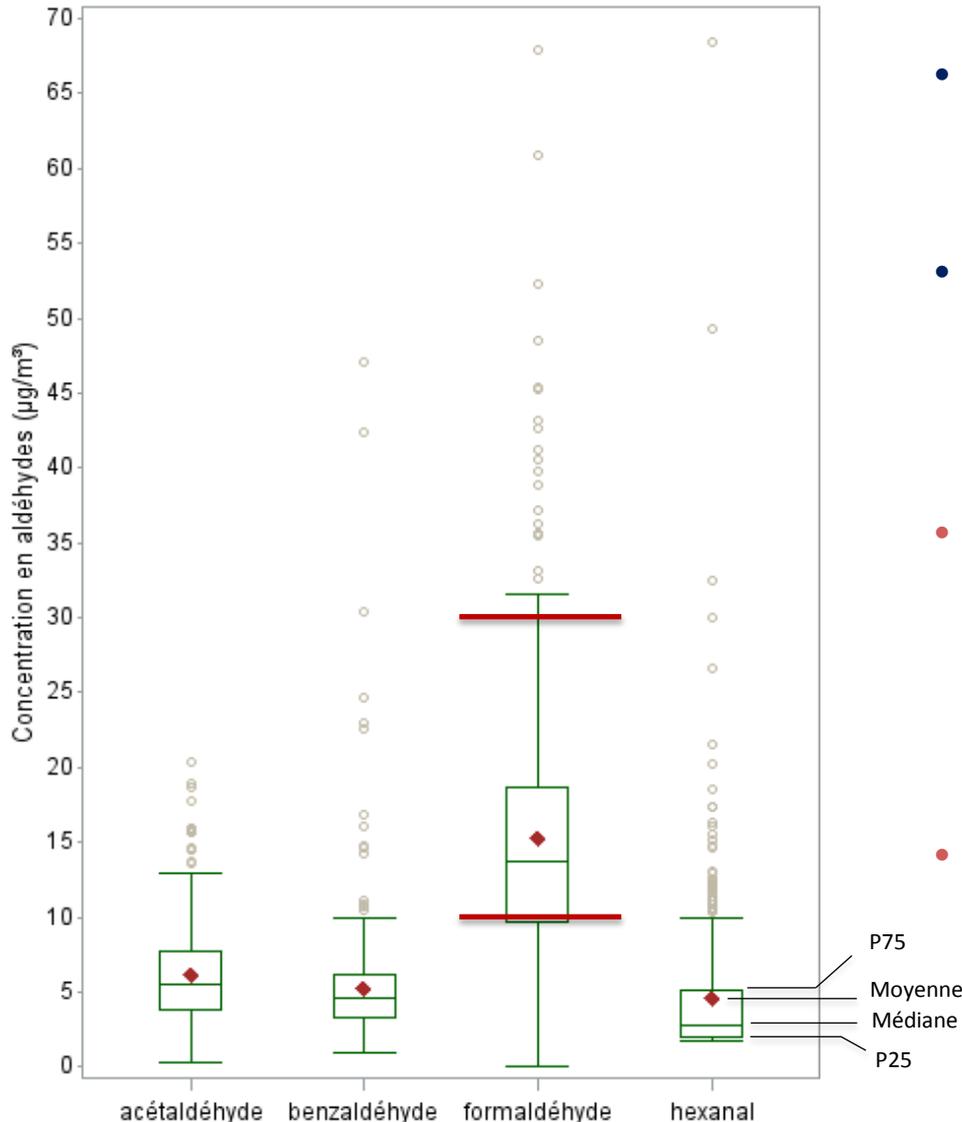
Limites de détection et de quantification

■ Concentration > LQ ■ LD < Concentration < LQ



Qualité de l'air intérieur : aldéhydes

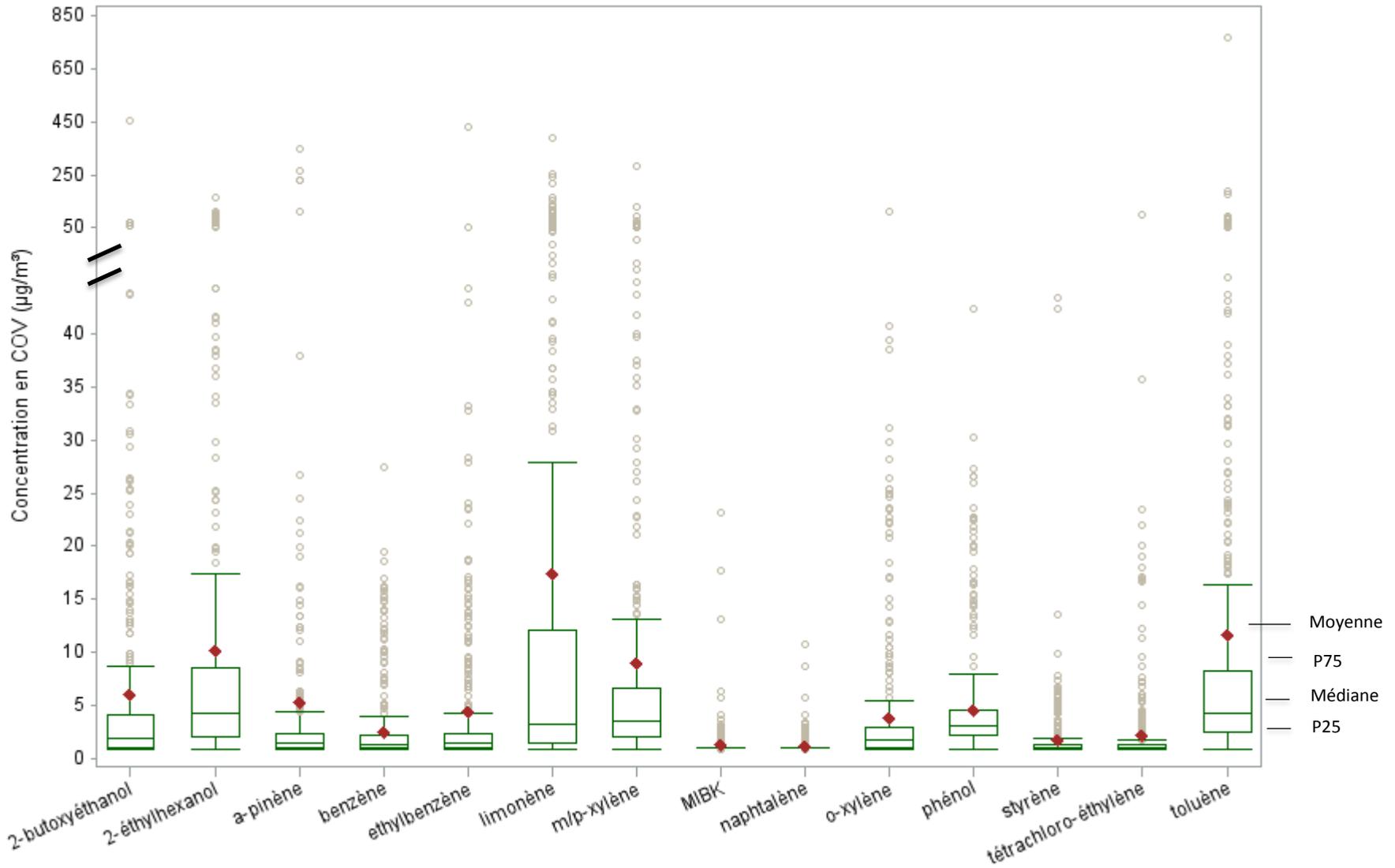
n=410 bureaux



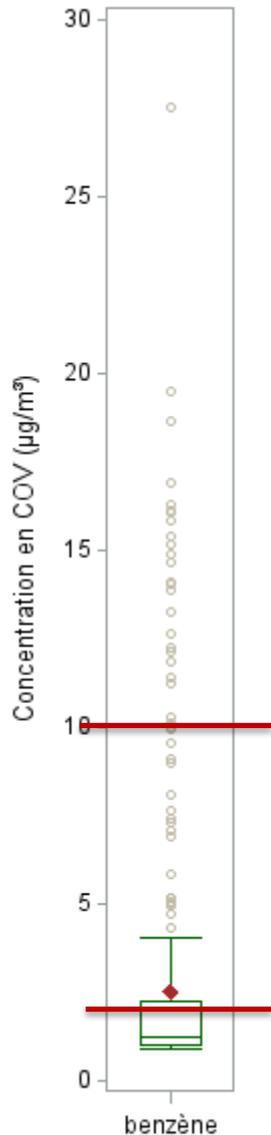
- **VGAI sanitaire de l'acétaldéhyde** ($160 \mu\text{g}/\text{m}^3$) : jamais dépassée
- **VGAI d'alerte du formaldéhyde** ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) : jamais dépassée
- **VGAI réglementaire du formaldéhyde** ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) :
dépassée dans 5,5 % des bureaux
21 % dans les logements
- **VGAI sanitaire du formaldéhyde** ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) :
dépassée dans 72 % des bureaux
86 % dans les logements

Qualité de l'air intérieur : COV

n=423 bureaux



Qualité de l'air intérieur : COV



Ethylbenzène (1500 µg/m ³)
2-éthylhexanol (100 µg/m ³)
Limonène (1000 µg/m ³)
α-pinène (1000 µg/m ³)
Naphtalène (10 µg/m ³)
o-xylène (200 µg/m ³)
m/p-xylènes (200 µg/m ³)
Styrène (250 µg/m ³)
Tétrachloroéthylène (250 µg/m ³)
Toluène (250 µg/m ³)

VGAI sanitaire	
n	%
2	0,5
4	0,9
0	0
0	0
4	0,9
0	0
2	0,5
3	0,7
3	0,7
1	0,2

VGAI d'alerte du benzène (10 µg/m³) :
dépensée dans 5,6 % des bureaux

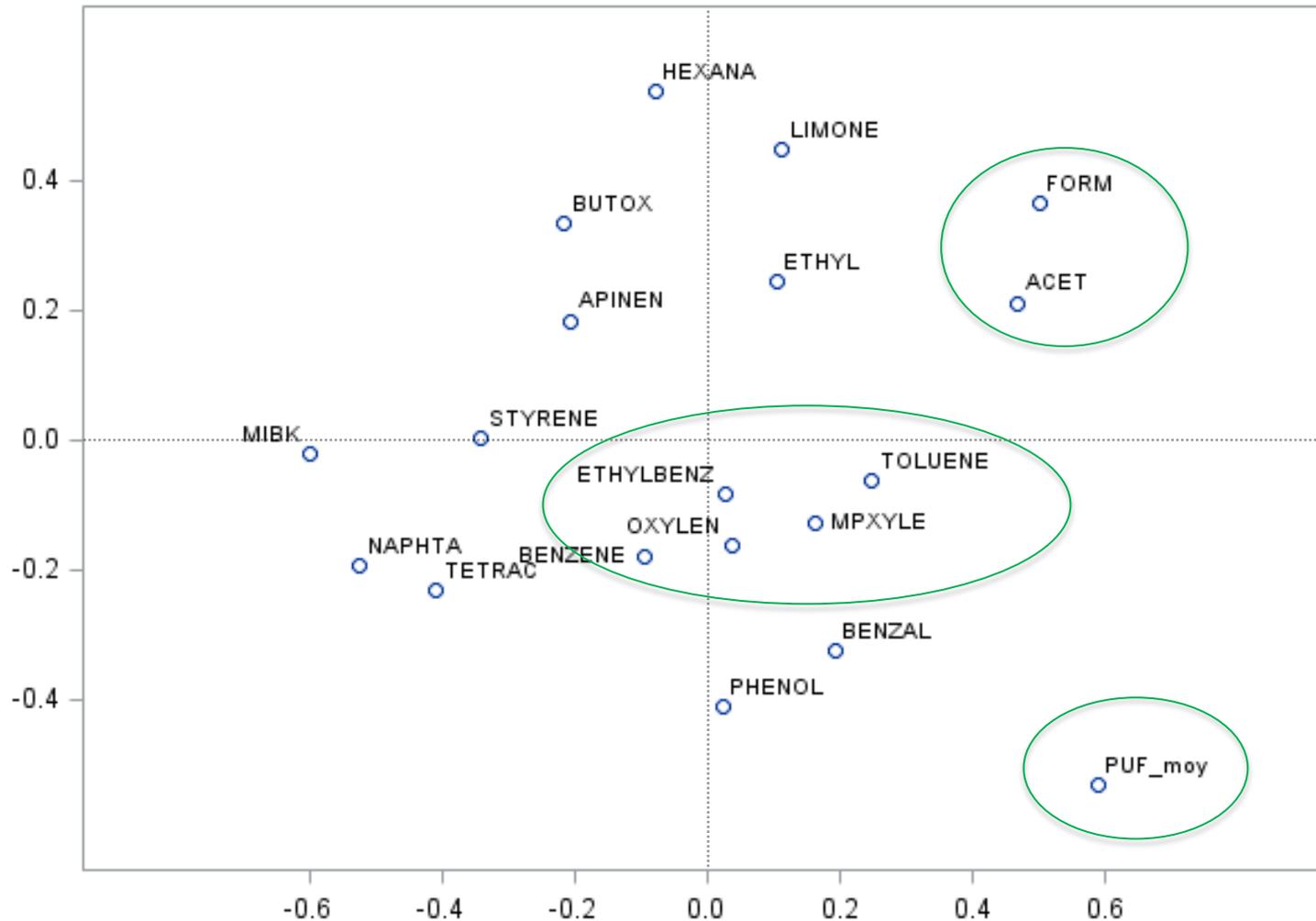
2,7 % dans les logements

VGAI réglementaire du benzène (2 µg/m³) :
dépensée dans 30 % des bureaux

50 % dans les logements

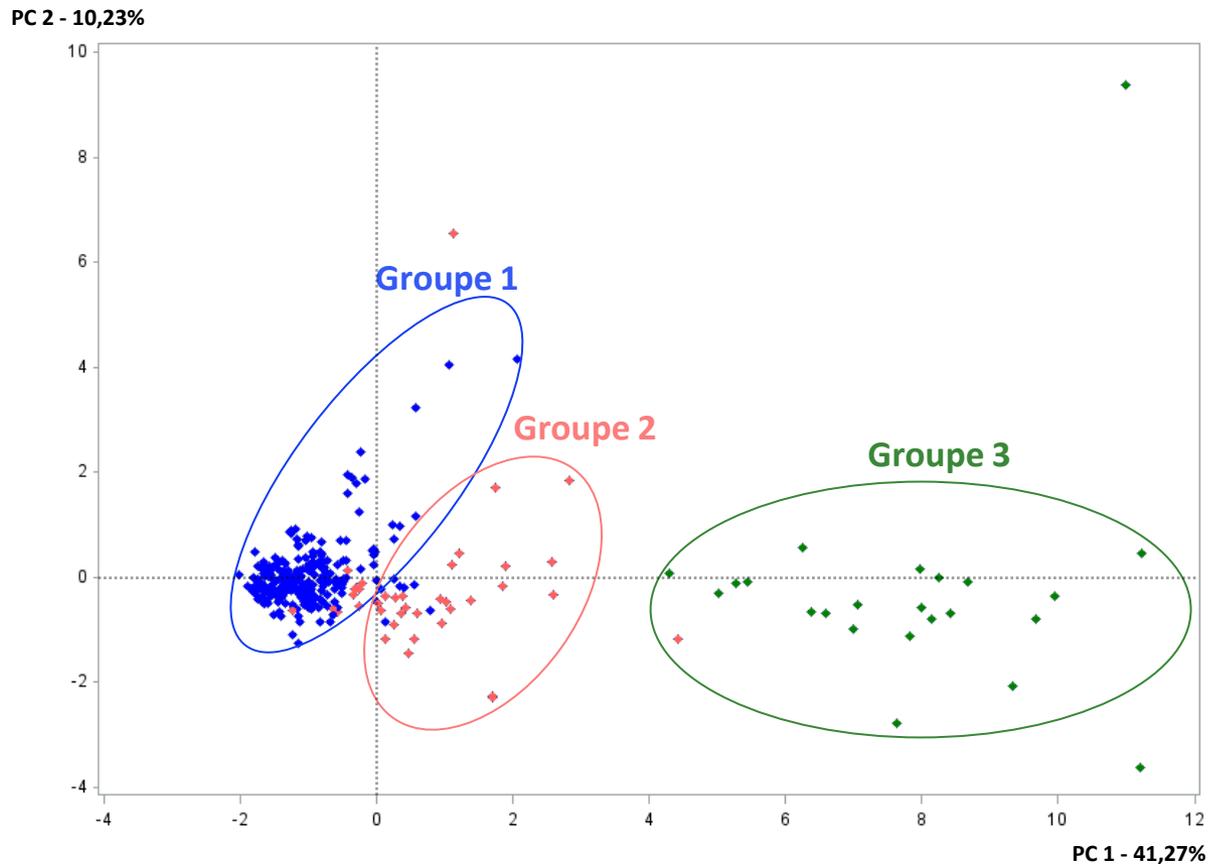
Observés dans les mêmes immeubles (7) et plutôt liés aux concentrations extérieures (5/7)

Y a-t-il des corrélations entre polluants ?



Multi Dimensional Scaling (MDS) basé sur les corrélations de Spearman

La QAI est-elle homogène dans les bureaux ?

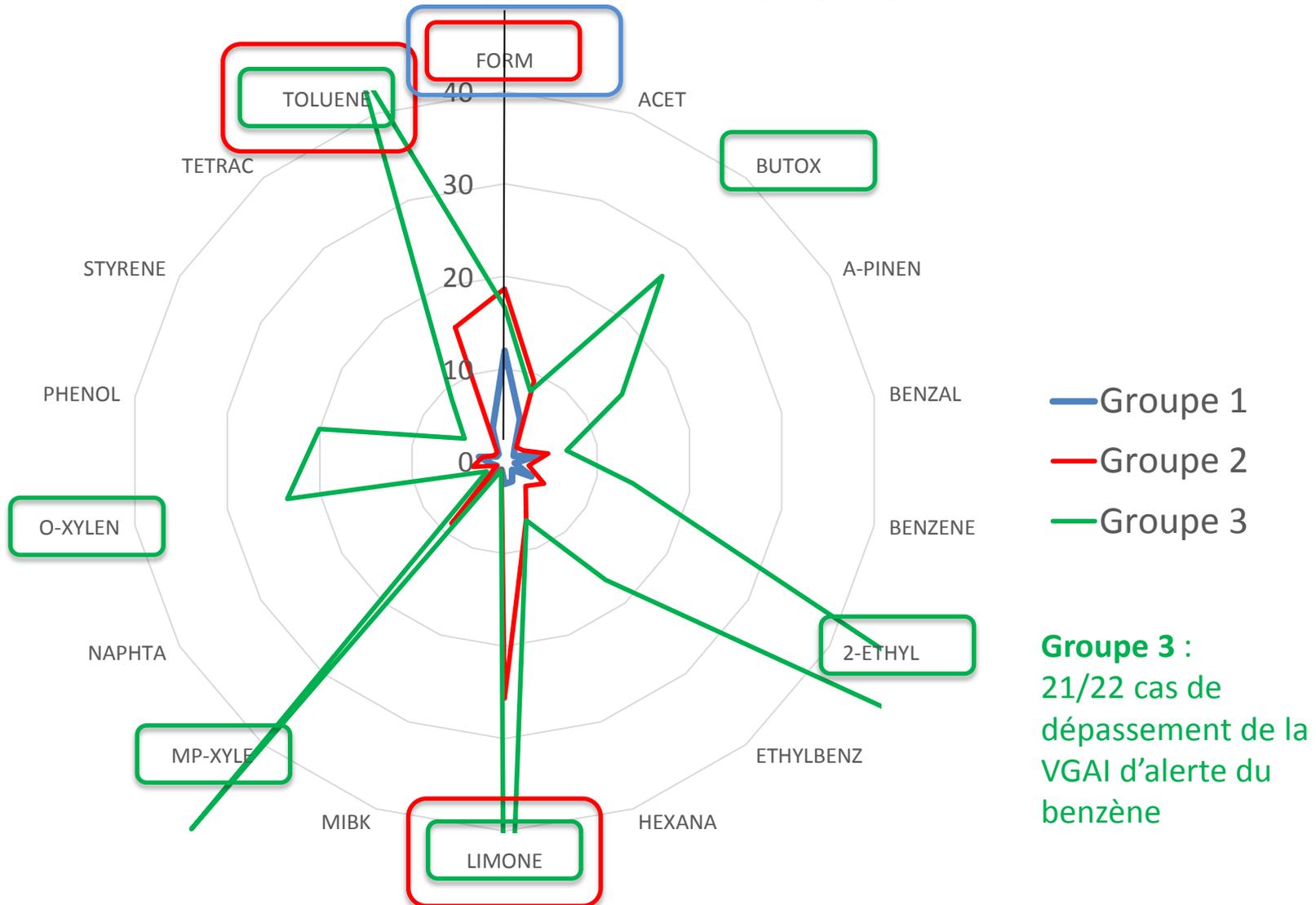


Classification sur base complète (n=298 bureaux) :

- **Groupe 1** : n = 232 (78%) bureaux aux concentrations les plus faibles
- **Groupe 2** : n = 41 (14%) bureaux aux concentrations proches des médianes
- **Groupe 3** : n = 25 (8%) bureaux aux concentrations les plus fortes

La QAI est-elle homogène dans les bureaux ?

Concentrations médianes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dans chaque groupe



Mise en perspective

Concentrations médianes
en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Mesures capteurs
passifs 5 jours

	CNB 2013-2017	OFFICAIR 2012-2013
Benzène	1,2	1,9
Toluène	4,2	8,8
Ethylbenzène	1,4	1,8
α -pinène	1,4	4,2
Limonène	3,2	10
2-butoxyéthanol	1,9	0,9
2-éthyl-1-hexanol	4,3	5,0
Styrène	1,0	0,7
Formaldéhyde	14	10
Acétaldéhyde	5,5	5,1
Hexanal	2,8	8,6

CNB : campagne nationale bureaux

Conclusion & suites

- **Des concentrations globalement faibles** des composés recherchés. Cependant :
 - présence de tous les composés
 - des situations hétérogènes avec des bureaux multipollués
 - des dépassements fréquents de VGAI pour le benzène et le formaldéhyde
- **Prochaines étapes (entre autres) :**
 - rechercher les déterminants des concentrations intérieures et identifier ceux des situations problématiques
 - étudier le confort et la santé perçus par les occupants

Remerciements

- Aux **financeurs** de l'étude :



- Aux **entreprises et occupants** des bâtiments qui ont accepté de participer
- Aux **opérateurs** : SPSE, CSTB, CEREMA, Solener, INRS, Econeau'Logis, Enexco, Air Paca, Conseil Habitat Santé
- Aux **laboratoires** : CSTB-Pollem et SGS
- Aux **prestataires** associés : SEPIA-Santé et WebSaisie



Observatoire de la qualité de
l'air intérieur

Merci de votre attention !