



Observatoire de la qualité de  
l'air intérieur

**CSTB**  
*le futur en construction*

4e Journée de l'Institut Santé-Travail Paris-Est  
Créteil, 29 novembre 2018

# Que respire-t-on au bureau ?

**Corinne MANDIN**



# 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

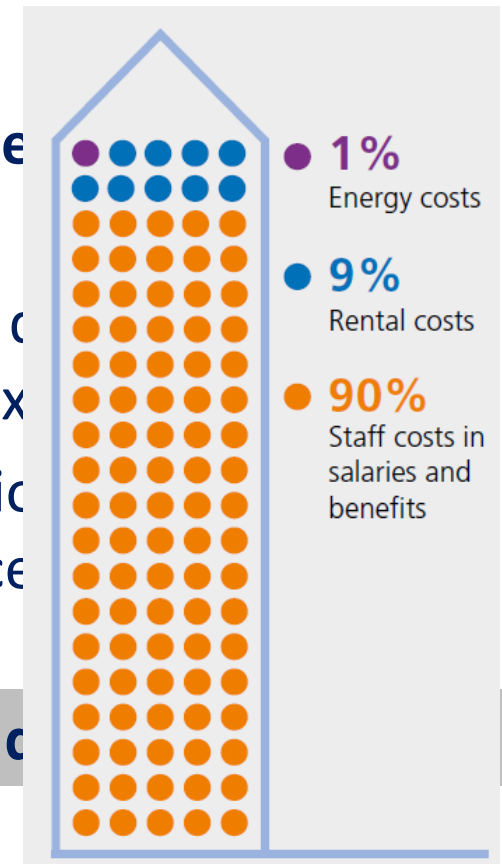
## → Des impacts sur la santé et des conséquences

- Faire un premier **état des lieux** de la qualité de l'air intérieur et du confort dans les immeubles de bureaux

## → 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 1000 m<sup>2</sup>**

World Green Building Council, 2014



# 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
  - **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

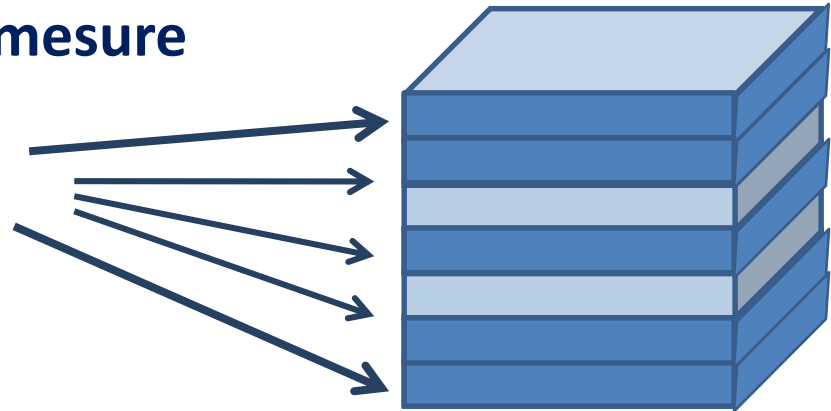
**Représentativité  
Faisabilité**



**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 **CO<sub>2</sub>**
  - mesure en continu (1 min) des **particules ultrafines** ( $\varnothing$  10 nm-1  $\mu$ 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

---

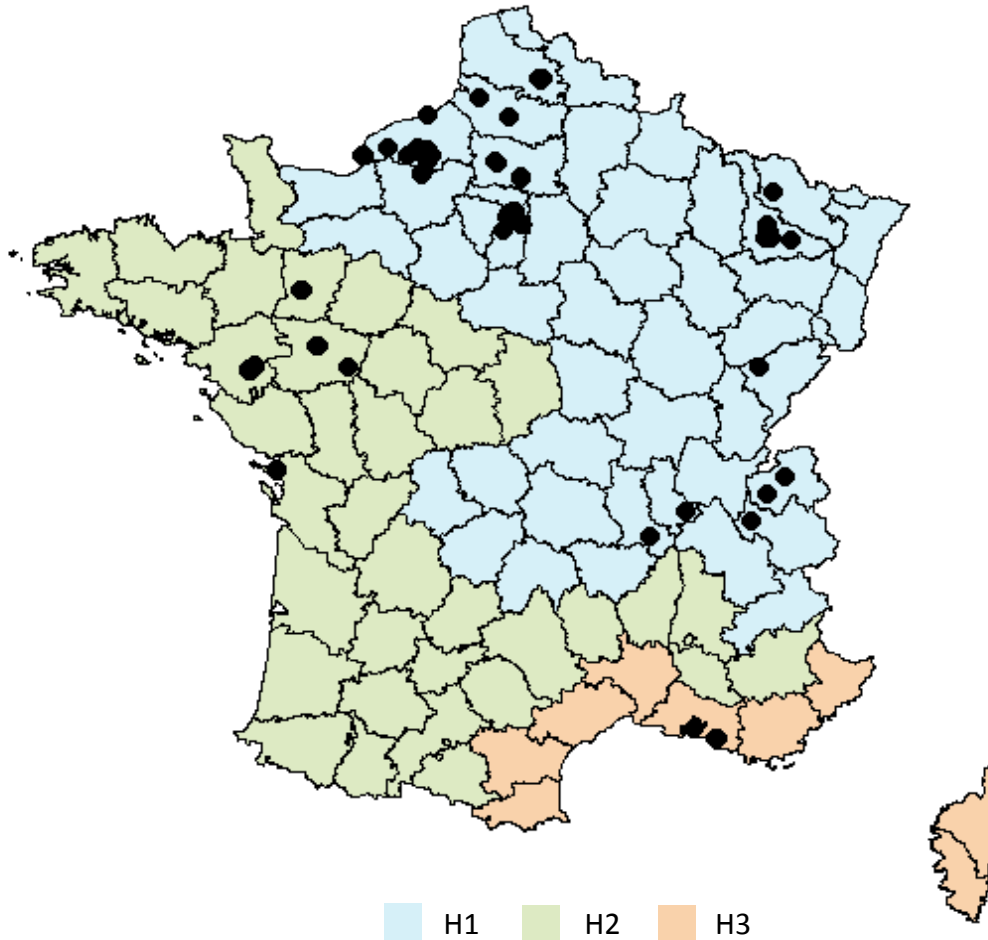
- **Hiérarchisation des polluants de l'air intérieur en 2010 :**  
1026 substances chimiques
- COV et aldéhydes classés en trois catégories :
  - composés dont la **mesure apparaît incontournable** : benzène, toluène, tétrachloroéthylène, formaldéhyde et acétaldéhyde
  - autres composés d'intérêt (i.e. **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,  $\alpha$ -pinène

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

# Localisation des 129 immeubles enquêtés

---

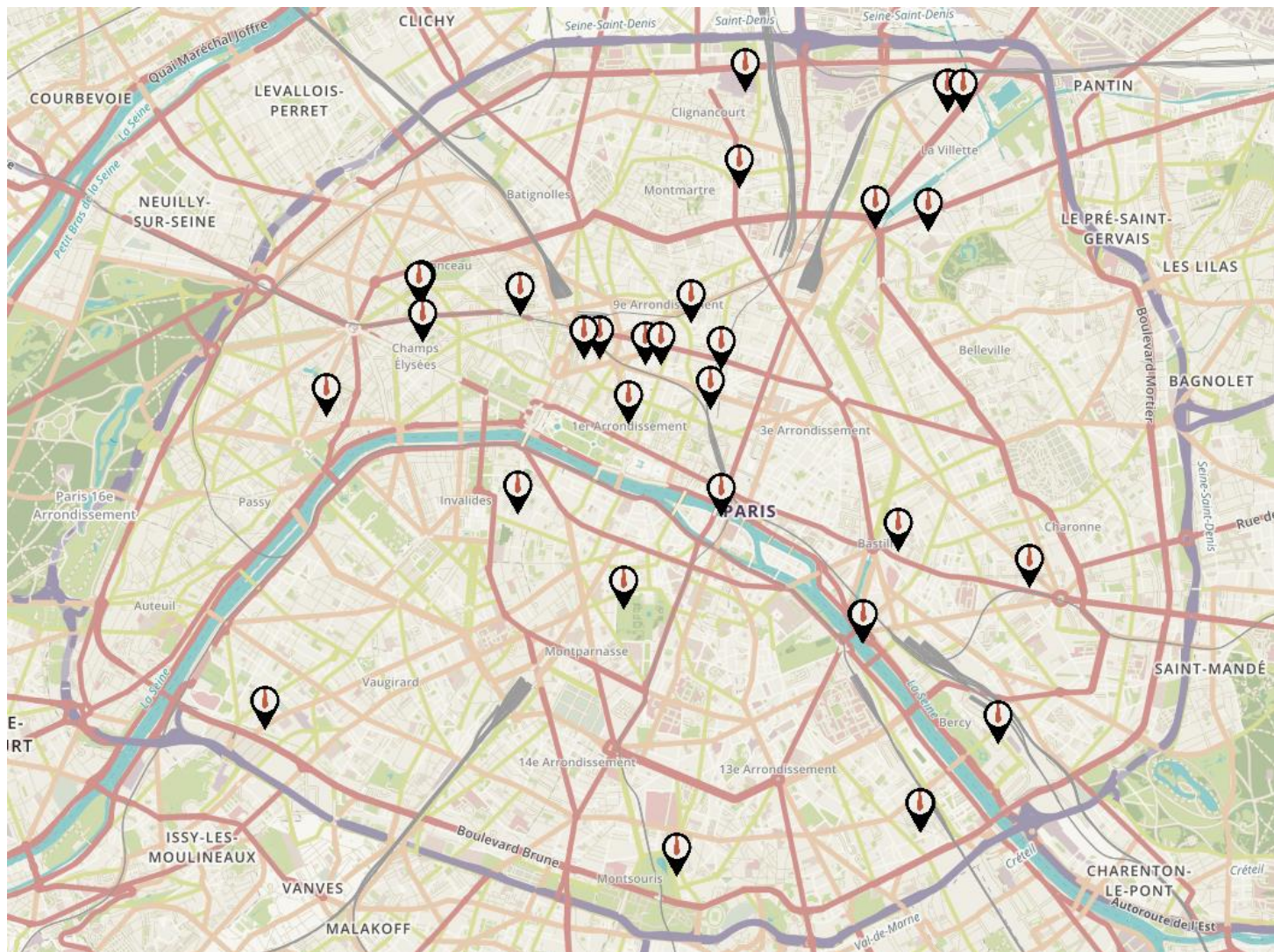
- Instrumentés entre juin 2013 et novembre 2017



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

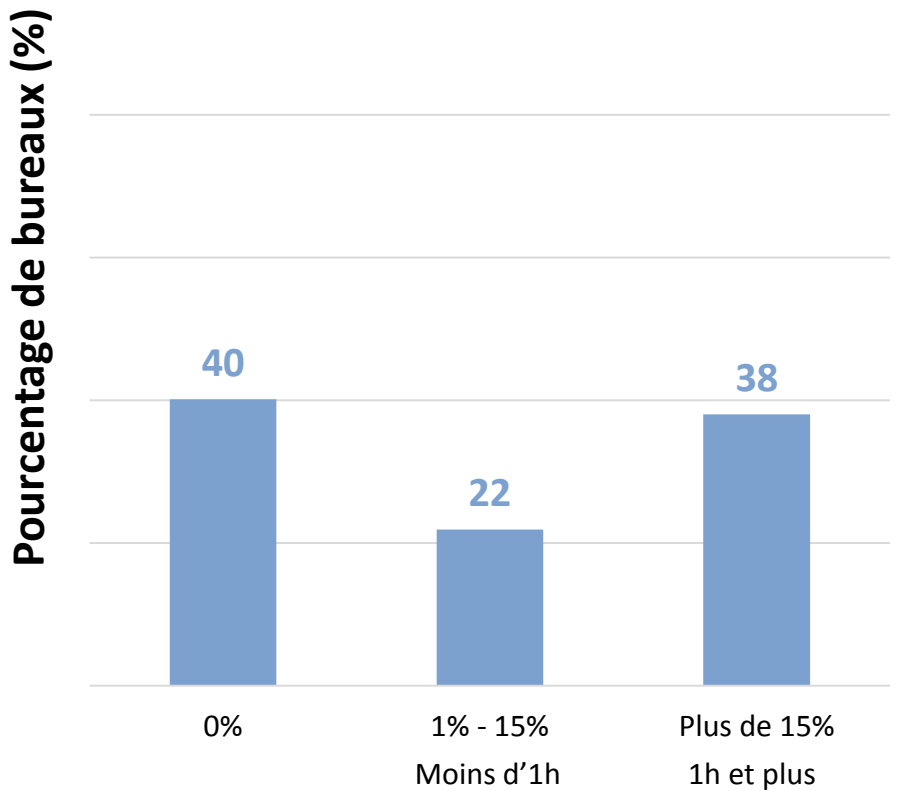


# Dont 38 immeubles enquêtés à Paris

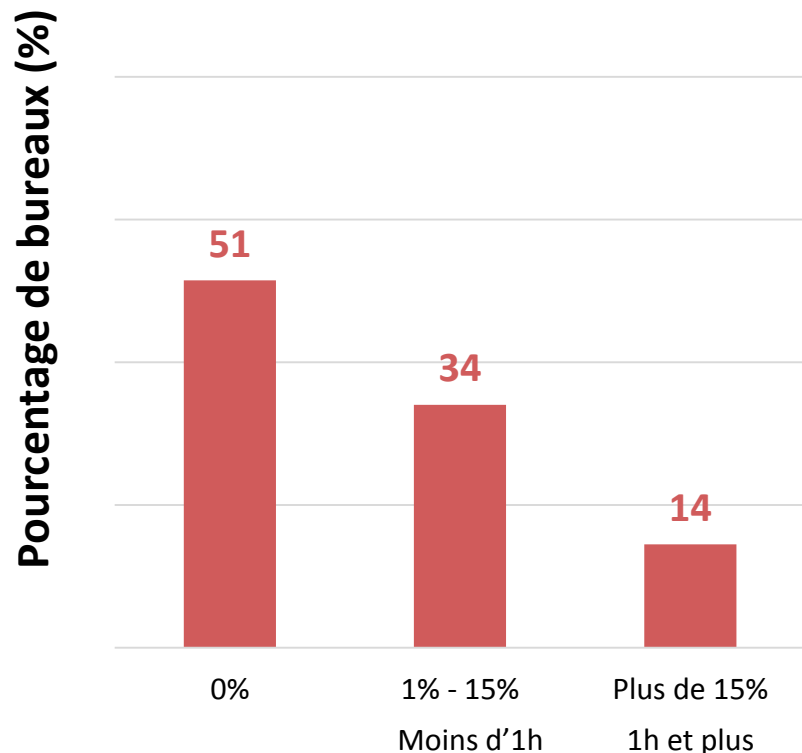


# Concentration en CO<sub>2</sub> : % dépassements de 1000 ppm

## CHAUFFE CONVENTIONNELLE



## HORS CHAUFFE CONVENTIONNELLE

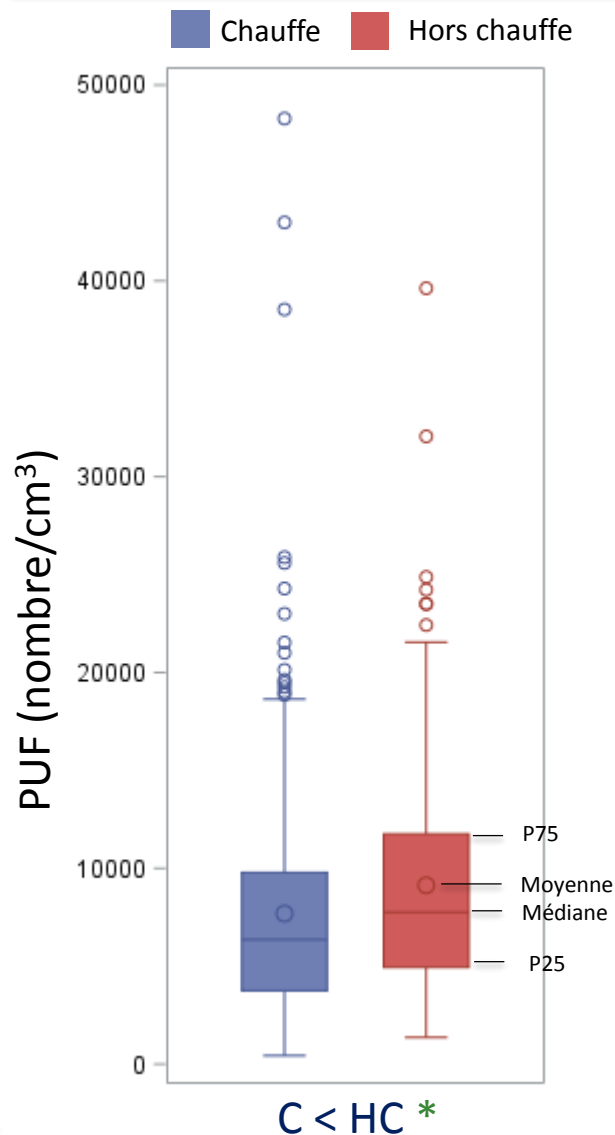


Pourcentage de temps avec [CO<sub>2</sub>] > 1000 ppm

Pourcentage de temps avec [CO<sub>2</sub>] > 1000 ppm

Concentration en CO<sub>2</sub> en chauffe > Concentration en CO<sub>2</sub> hors chauffe ( $p < 5\%$ )

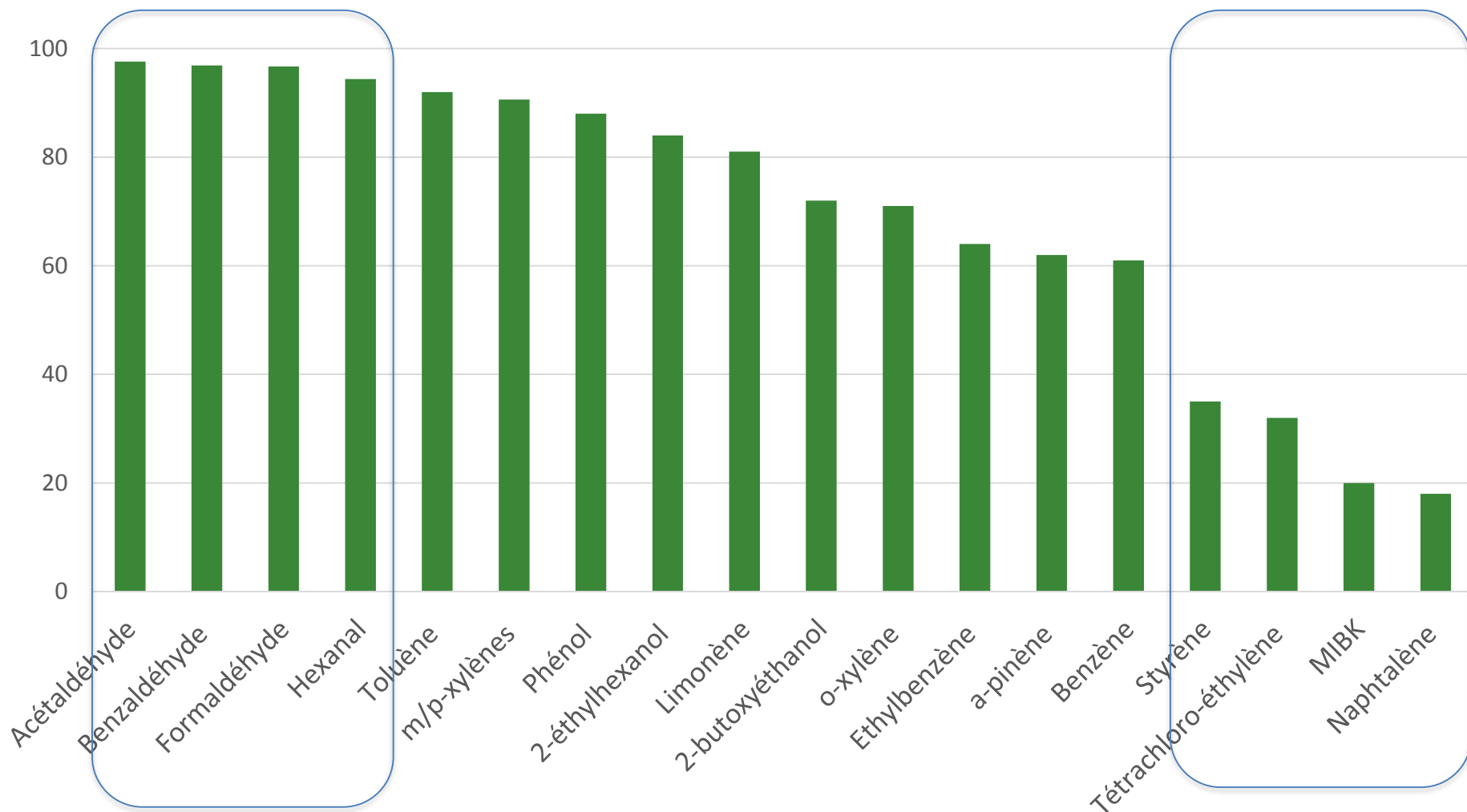
# Particules ultrafines



\*Différence significative ( $p < 5\%$ )

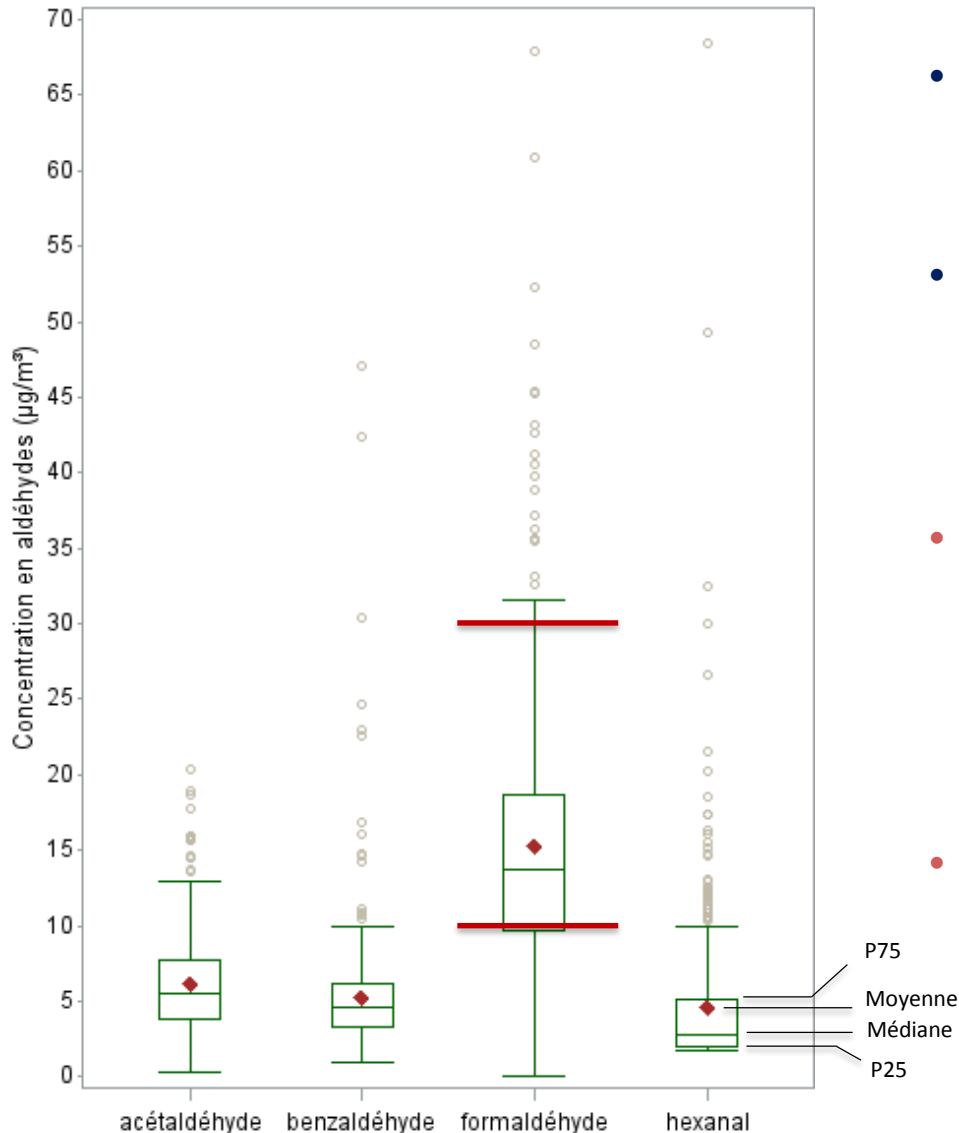
- Concentration médiane par bureau (n=510) toute période confondue : **6900 particules/cm<sup>3</sup>**
- **Comparaison avec les données du projet OFFICAIR**, immeuble de bureaux proche périphérique parisien, VMC double-flux :
  - 1<sup>er</sup> étage : médiane 12 000 p/cm<sup>3</sup>  
gamme : 4 200 – 52 500 p/cm<sup>3</sup>
  - 4<sup>ème</sup> étage : médiane 15 000 p/cm<sup>3</sup>  
gamme : 5 200 – 26 300 p/cm<sup>3</sup>(Szigeti et al., STOTEN 2017)
- **Métanalyse Morawaska et al. (Env Int 2017)** :  
moyenne dans les bureaux : 3700 p/cm<sup>3</sup>

# Aldéhydes et COV : % > limites de quantification



# Concentrations en aldéhydes

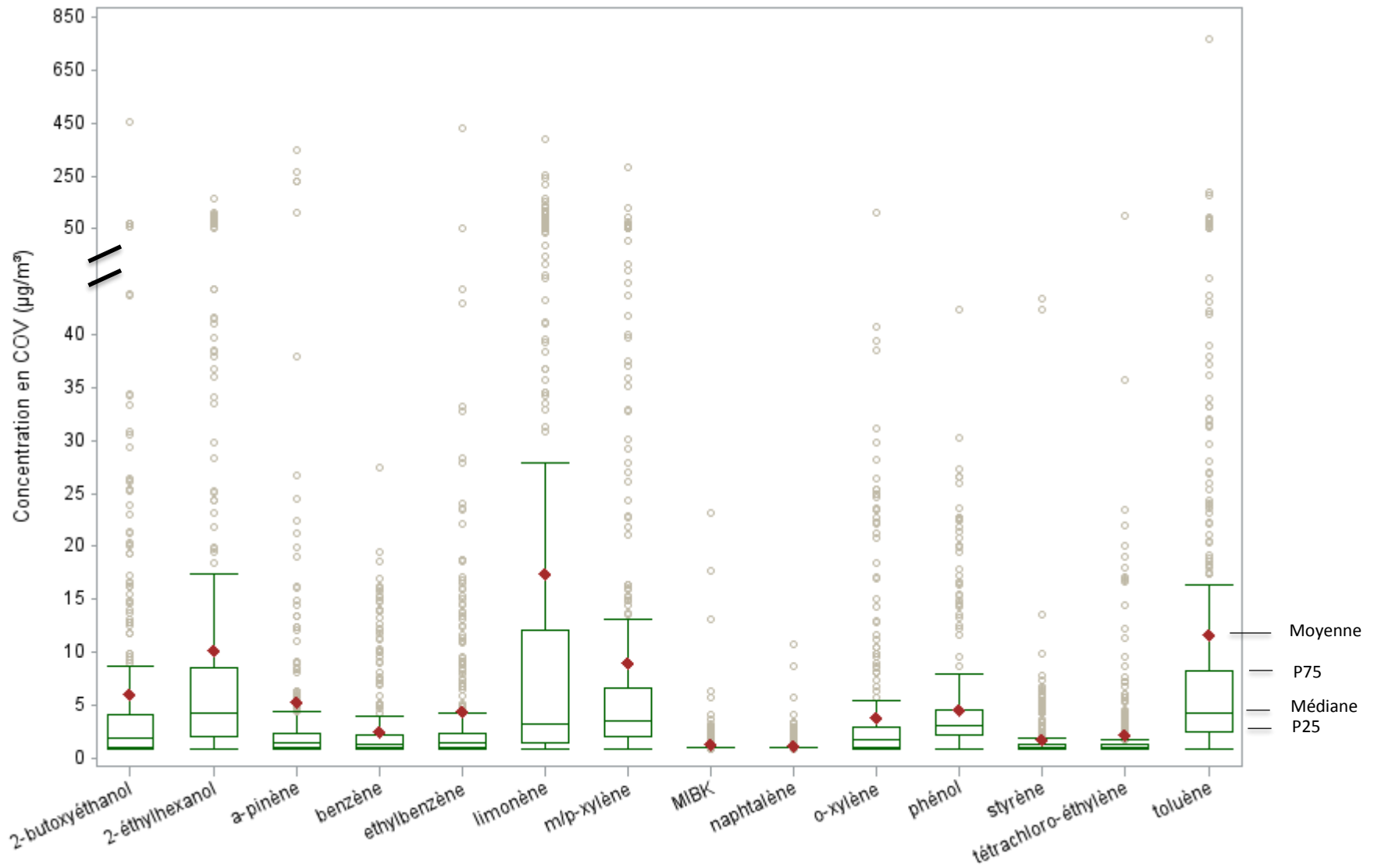
n=410 bureaux



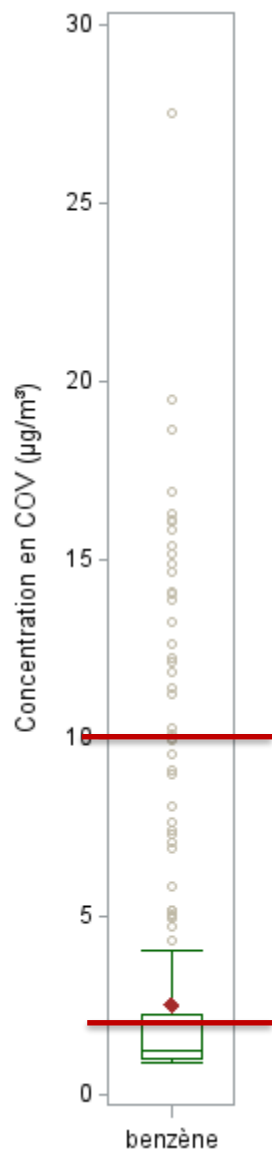
- **VGAI sanitaire de l'acétaldéhyde** ( $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) : jamais dépassée
- **VGAI d'alerte du formaldéhyde** ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) : jamais dépassée
- **VGAI réglementaire du formaldéhyde** ( $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) :  
dépassée dans 5,5 % des bureaux  
21 % dans les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

# Concentrations en COV

n=423 bureaux



# Concentrations en COV / Valeurs guides de QAI



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

## 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/m<sup>3</sup>) :**  
dépensée dans 5,6 % des bureaux

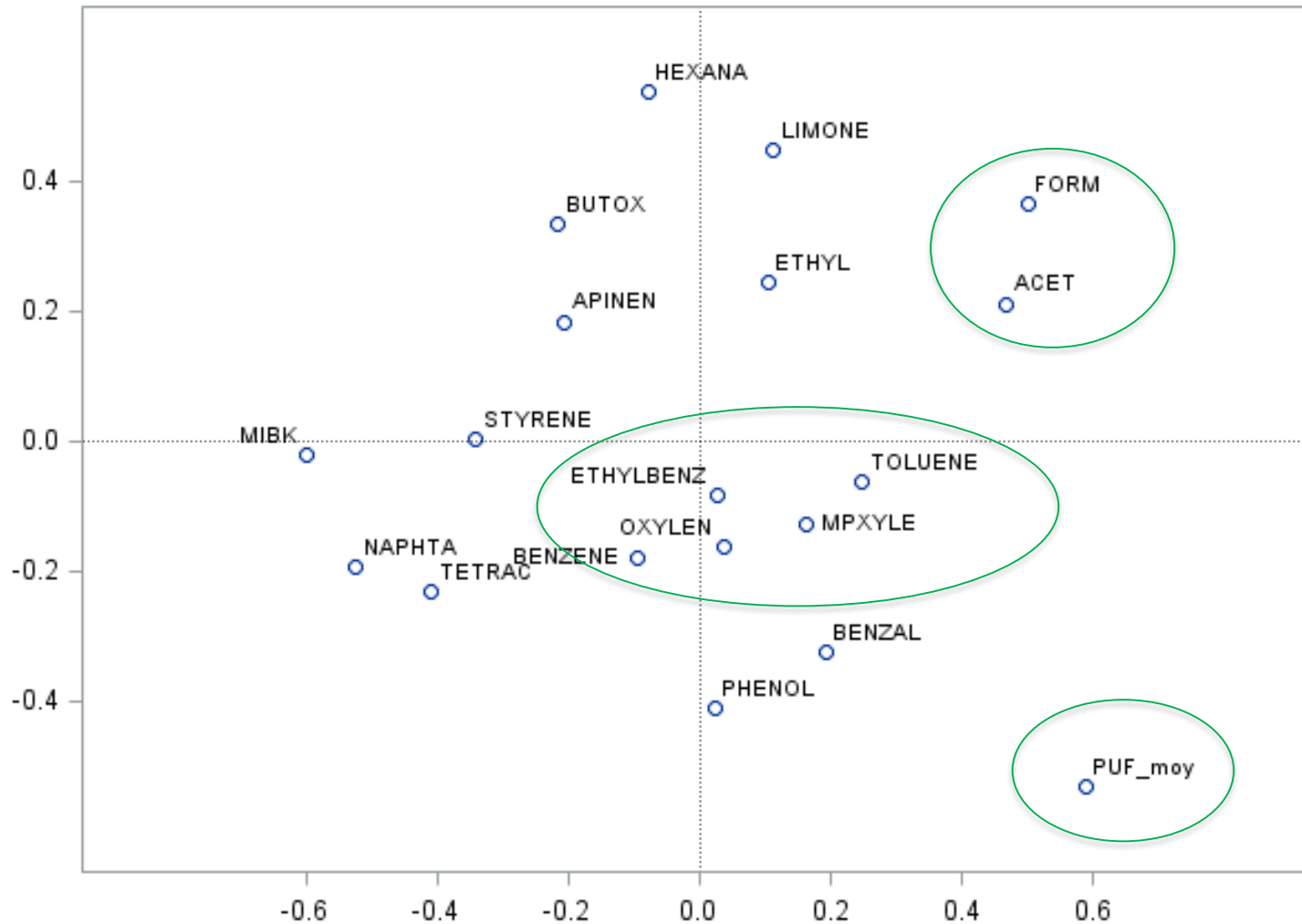
2,7 % dans les  
logements

**VGAI réglementaire du benzène (2 µg/m<sup>3</sup>) :**  
dépensée dans 30 % des bureaux

50 % dans les  
logements

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

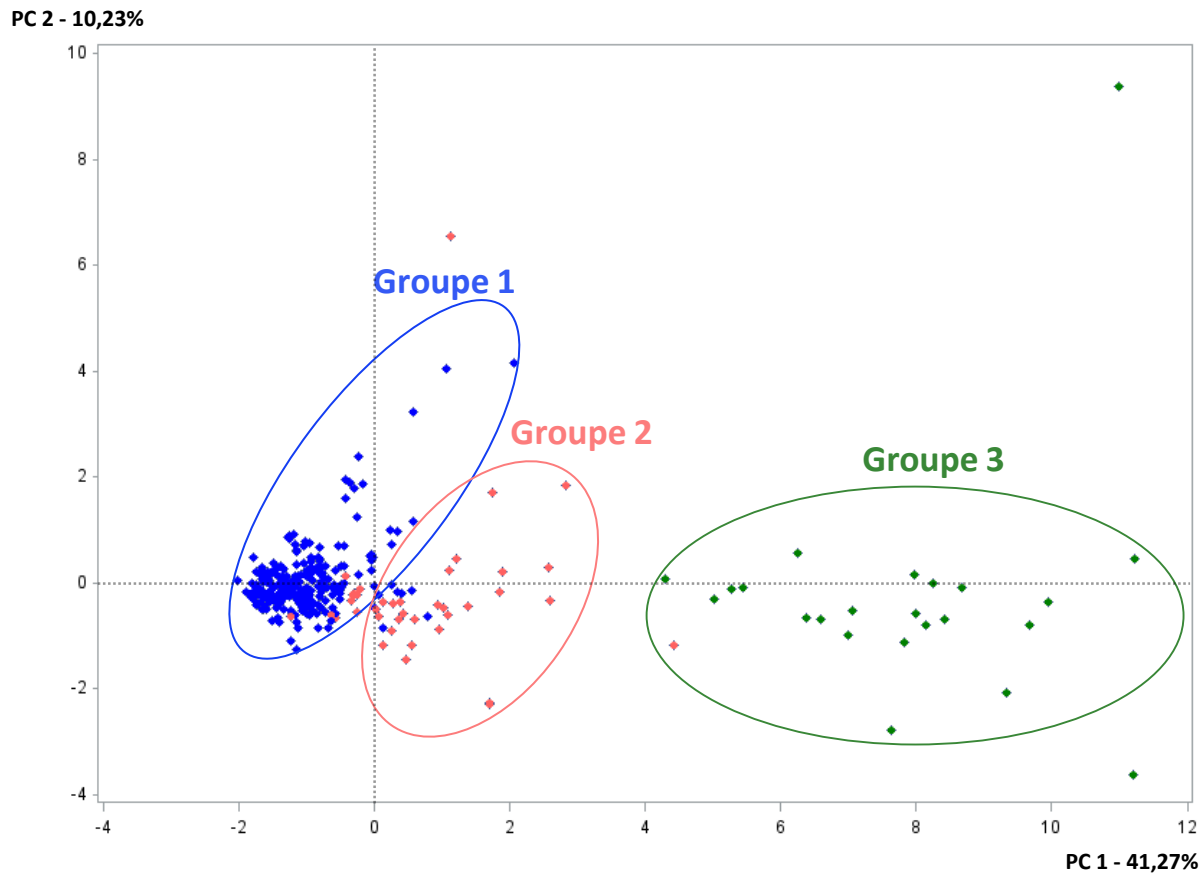
# Y a-t-il des corrélations entre polluants ?



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



# La QAI est-elle homogène dans les bureaux ?

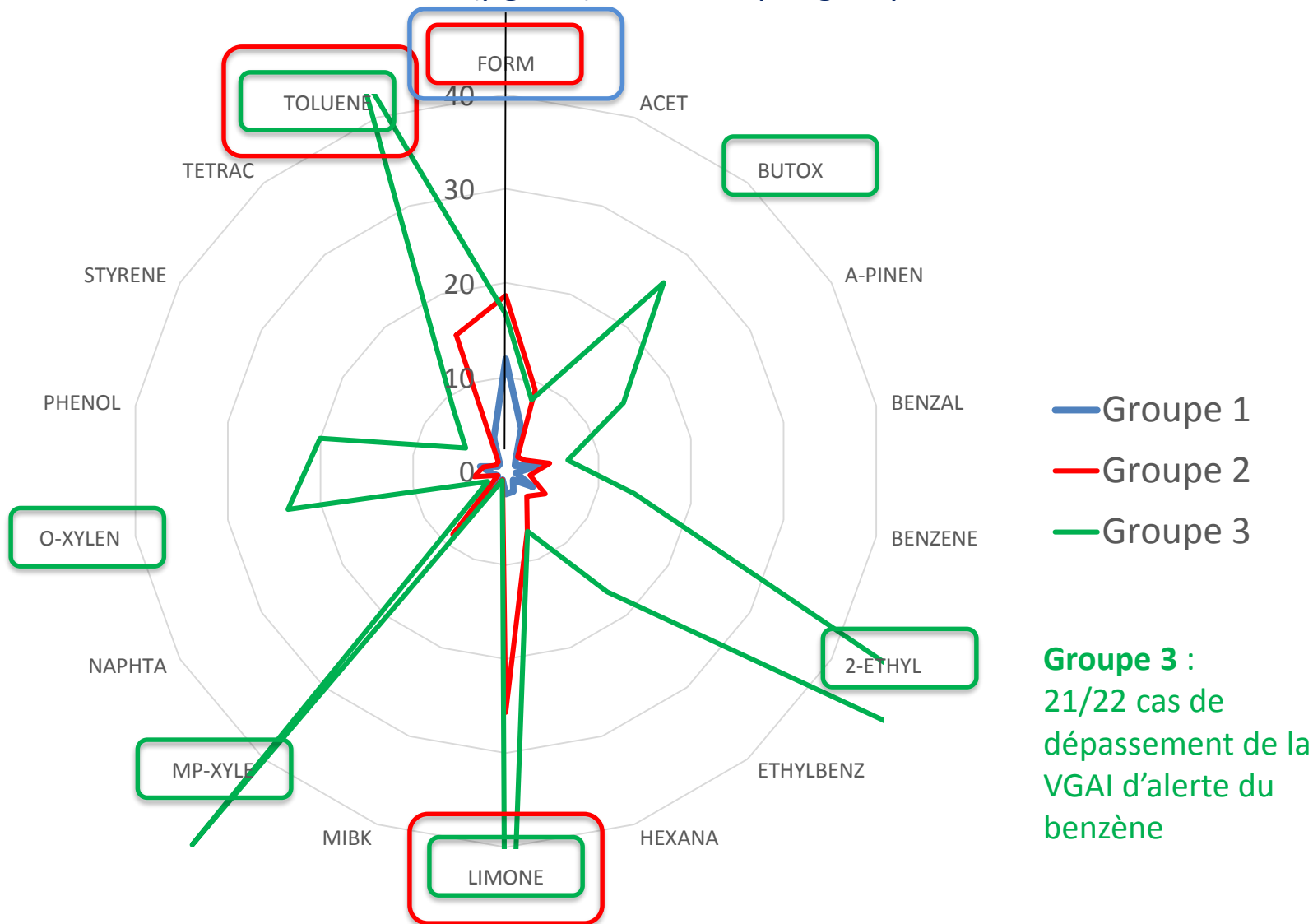


Classification sur base complète (n=298 bureaux) :

- **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

	Bureaux 2013-2017	OFFICAIR 2012-2013
Benzène	1,2	1,9
Toluène	4,2	8,8
Ethylbenzène	1,4	1,8
$\alpha$ -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

# Conclusion & suites

---

- **Des concentrations globalement faibles** des composés recherchés. Cependant :
  - 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 !**