

# QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR EN STRUCTURES MÉDICO-SOCIALES ET LIBÉRALES : CONTAMINATION CHIMIQUE ET MICROBIOLOGIQUE

A. Baudet\*<sup>1</sup>, E. Baurès<sup>2</sup>, O. Blanchard<sup>2</sup>, J.P. Gangneux<sup>3</sup>, H. Guegan<sup>3</sup>, M. Guillaso<sup>4</sup>, E. Surget<sup>2</sup>, P. le Cann<sup>2</sup>, et A. Florentin<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Faculté d'Odontologie de Lorraine, Université de Lorraine, 54505 Vandoeuvre-les Nancy, France

<sup>2</sup> Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique, 35043 Rennes, France

<sup>3</sup> Centre hospitalier universitaire de Rennes, laboratoire de parasitologie-mycologie, 35033 Rennes, France

<sup>4</sup> Département d'Hygiène, des Risques Environnementaux et Associés aux Soins, Faculté de Médecine, Université de Lorraine, 54505 Vandoeuvre-les Nancy, France

\* Courriel de l'orateur : alexandre.baudet@univ-lorraine.fr

## TITLE

**Indoor air quality in medical-social and liberal facilities: chemical and microbiological contamination**

## RESUME

La qualité de l'air des structures médico-sociales et libérales ne bénéficie que d'une exploration très limitée. Le but de notre étude est de décrire qualitativement et quantitativement la contamination microbiologique, chimique et particulaire de l'environnement intérieur de ces structures. Des campagnes de mesures ont été réalisées en été 2018 et hiver 2019 sur Rennes et Nancy dans six structures de soins libérales et quatre structures médico-sociales pour séniors. Les premiers résultats montrent que l'air intérieur comporte un mélange complexe de polluants retrouvés en concentrations assez faibles, en deçà des valeurs guides de l'air intérieur.

## ABSTRACT

The indoor air quality of the medico-social and liberal facilities is poorly study. The aim of our study is to describe qualitatively and quantitatively the microbiological, chemical and particulate contamination of the indoor environment of these facilities. Measurements campaigns were taken in Rennes and Nancy in summer 2018 and winter 2019 in six liberal facilities and four medico-social institutions for seniors. The first results show that indoor air contained a complex mixture of many pollutants found in rather low concentrations, below the indoor air quality guidelines.

**MOTS-CLES** : qualité de l'air intérieur, composés organiques, matière particulaire, microbiologie environnementale / **KEYWORDS**: indoor air quality, organic compounds, particulate matter, environmental microbiology

## 1 INTRODUCTION

La connaissance de la qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant des travailleurs (ERT) et du public (ERP) est importante, notamment quand ce public est potentiellement vulnérable. C'est le cas des établissements libéraux de santé (pharmacies, cabinets médicaux et dentaires) qui accueillent des patients souvent malades et potentiellement immunodéprimés, mais aussi des structures médico-sociales pour séniors (établissements d'hébergement pour personnes âgées dépendantes (EHPAD) et résidences séniors) qui hébergent des personnes âgées à la santé parfois fragile.

L'air intérieur contient divers agents microbiens et chimiques qui peuvent impacter la santé des personnes exposées (Le Cann *et al.*, 2011). Les microorganismes, bactériens ou fongiques, transmis par l'air peuvent engendrer diverses pathologies (Herfst *et al.*, 2017 ; Gangneux *et al.*, 2016). Les composés organiques volatils (COV) et semi-volatils (COSV) pénètrent dans l'organisme par inhalation, contact cutané et ingestion et peuvent être à l'origine de problèmes de santé variés (Pelletier *et al.*, 2017 ; Fournier *et al.*, 2014 ; Tsai, 2019). Enfin, les particules présentent dans l'air, dont les particules fines de moins de 2,5 µm de diamètre (PM<sub>2.5</sub>) sont aussi des facteurs de risques de mortalité et de morbidité (Kim *et al.*, 2015).

L'objectif principal de ce travail était de décrire qualitativement et quantitativement la contamination microbiologique, chimique et particulaire de l'environnement intérieur de différentes structures médico-sociales et libérales de Nancy et Rennes. L'objectif secondaire était d'évaluer la variabilité spatio-temporelle en fonction des saisons (été vs hiver) et entre les structures (médico-sociales vs libérales).

## 2 MATERIEL ET METHODES

### 2.1 Sites et périodes de prélèvement

L'étude MEDIQAI s'est déroulée sur les deux agglomérations de Nancy et Rennes lors des saisons été 2018 et hiver 2019. Sur la base du volontariat, cinq sites ont été investigués dans chacune des deux villes : deux structures médico-sociales pour séniors (EHPAD et/ou résidence séniors), et trois structures libérales de

santé (cabinet médical généraliste, cabinet dentaire et pharmacie). Sur chacun des sites ont été choisies deux pièces à prélever : chambre et salle commune (réfectoire ou salon) dans chaque EHPAD et résidence seniors, salle de consultation et d'attente dans les cabinets médicaux, salle de soins et d'attente ou de stérilisation dans les cabinets dentaires et salle de préparation et espace commercial dans les pharmacies. Les prélèvements et mesures *in situ* ont été réalisés sur chaque site, au rythme de deux sites par semaine, permettant ainsi de les réaliser sur trois semaines consécutives par ville et par saison.

## 2.2 Techniques de mesures, de prélèvement et d'analyse

Une large gamme de composés chimiques (43 COV et 13 COSV), les PM<sub>2,5</sub>, des microorganismes bactériens et fongiques, ainsi que les paramètres ambiants ont été étudiés (tableau 1).

Tableau 1. Techniques de mesures, de prélèvements et d'analyses

Composés/paramètres (équipement/moyen)	Prélèvement	Durée	Analyse
Composés organiques volatils : COV			
COV totaux : COVT (ppbRAE®)	Actif	2,5 jours	
COV (CarboPack™-Carboxen®)	Actif	3 heures	GC/MS
Aldéhydes (Radiello®)	Passif	4,5 jours	LC/UV
Peroxyde d'hydrogène (cassette)	Actif	6 à 8 heures	Photomètre
Composés organiques semi-volatils : COSV			
COSV (cartouche URG)	Actif	4,5 jours	GC/MS/MS
Particules fines de diamètre inférieur à 2,5 µm			
PM <sub>2,5</sub> (compteur à particules)	Actif	2,5 jours	
Microbiologie			Cultures
Air (Coriolis®)	Actif	10 minutes	
Surface (écouvillon)	/	Ponctuel	
Paramètres d'ambiance			
Température, humidité relative et dioxyde de carbone (Class'Air®)	/	4,5 jours	
Température, humidité relative et pression atmosphérique (Q-Track®)	/	Ponctuel	
Débit de ventilation (Q-Track®)	/	Ponctuel	

## 2.3 Analyses statistiques et calcul de l'indice de confinement

Les analyses statistiques ont été menées avec le logiciel RStudio version 1.1.456. Le seuil de significativité a été fixé pour  $p < 0,05$ . Pour les tests statistiques relatifs aux COV et COSV, les valeurs inférieures à la limite de quantification (LQ) ont été remplacées par LQ/2 et les valeurs supérieures à la limite de quantification haut de gamme ont été remplacées par sa valeur. Les tests ont été réalisés uniquement pour les composés quantifiés dans plus de 50% des salles investiguées. L'indice de confinement de l'air intérieur a été calculé à partir de la concentration en CO<sub>2</sub> avec le logiciel Microsoft® Excel selon la formule décrite par Ribéron *et al.*, 2016.

## 3 RESULTATS

### 3.1 Paramètres d'ambiance et indice de confinement

La température moyenne dans l'ensemble des sites est de  $22,4 \pm 2,9^\circ\text{C}$  (médiane :  $22,6^\circ\text{C}$ ) avec  $25,4 \pm 1,5^\circ\text{C}$  en été (médiane :  $25,3^\circ\text{C}$ ) et de  $20,8 \pm 2,2^\circ\text{C}$  en hiver (médiane :  $20,9^\circ\text{C}$ ) ( $p < 0,0001$ ).

Le taux moyen d'humidité relative est de  $40,7 \pm 8,2\%$  (médiane :  $39,0\%$ ) avec  $47,2 \pm 7,5\%$  en été (médiane :  $48,0\%$ ) et  $37,2 \pm 6,2\%$  en hiver (médiane :  $36,0\%$ ) ( $p < 0,0001$ ).

La concentration moyenne en CO<sub>2</sub> est de  $648 \pm 307$  ppm (médiane : 543 ppm) avec une valeur de  $574 \pm 255$  ppm en été (médiane : 472 ppm) et de  $688 \pm 324$  ppm en hiver (médiane : 600 ppm) ( $p < 0,0001$ ). La plupart des structures présente un indice de confinement nul ou faible. Ces indices sont plus élevés en journée aux heures d'occupation et de travail, à l'exception des chambres des structures médico-sociales où l'indice est plus élevé ou égal la nuit lorsque les personnes âgées étaient présentes en continu.

### 3.2 Composés organiques

#### 3.2.1 Composés organiques volatils totaux (COVT)

La concentration moyenne en COVT est de  $212 \pm 308$  ppb (médiane : 120 ppb) dont  $117 \pm 197$  ppb en été (médiane : 22 ppb) et  $288 \pm 355$  ppb en hiver (médiane : 185 ppb) ( $p < 0,0001$ ). Elle est de  $255 \pm 353$  ppb dans les structures libérales (médiane : 159 ppb) et de  $152 \pm 353$  ppb dans les structures médico-sociales (médiane : 78 ppb) ( $p < 0,0001$ ). Les valeurs extrêmes vont de 0 à 8 398 ppb.

#### 3.2.2 Composés organiques volatils

Plus de la moitié des résultats d'analyses (53,1%) sont en dessous de la LQ. Les COV aux concentrations médianes les plus élevées sont des alcools (éthanol :  $372,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et isopropanol :  $28,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), des cétones

(acétone : 27,2 µg/m<sup>3</sup>), des aldéhydes (formaldéhyde : 11, 4 µg/m<sup>3</sup> et acétaldéhyde : 6,5 µg/m<sup>3</sup>) et des terpènes (limonène : 5,9 µg/m<sup>3</sup>) (figure 1).

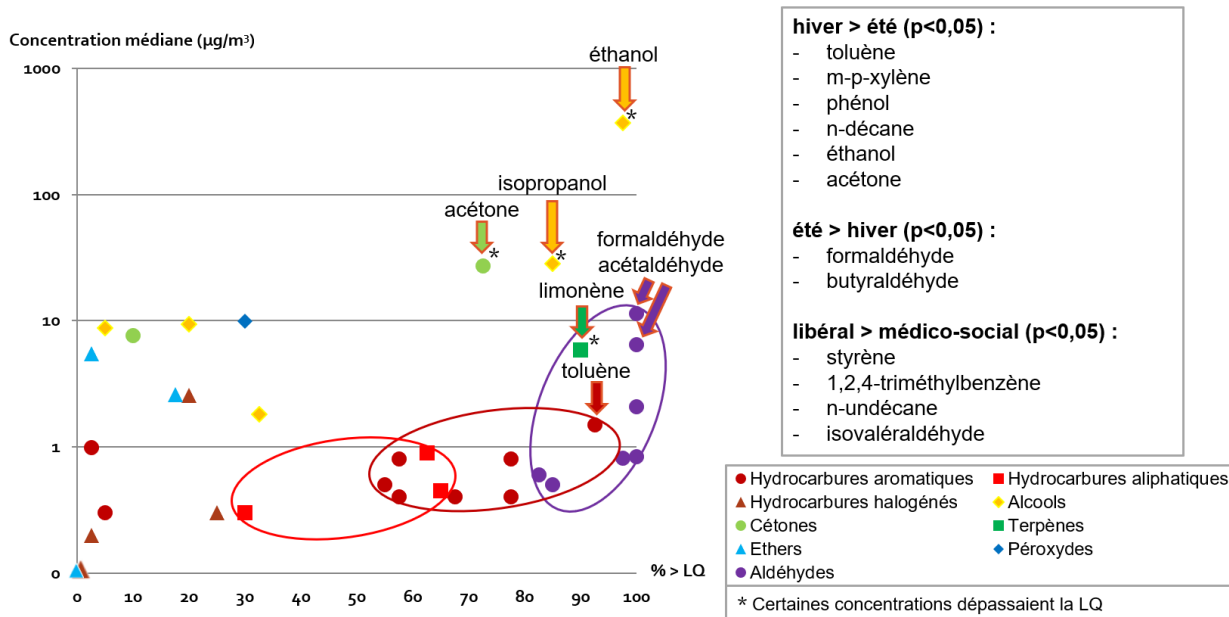


Figure 1. Concentrations médianes en COV selon leur fréquence de quantification

### 3.2.3 Composés organiques semi-volatils

Plus de la moitié des résultats d'analyses (50,8%) sont en dessous de la LQ. Trois phtalates et deux muscs sont présents dans toutes les pièces investiguées (figure 2).

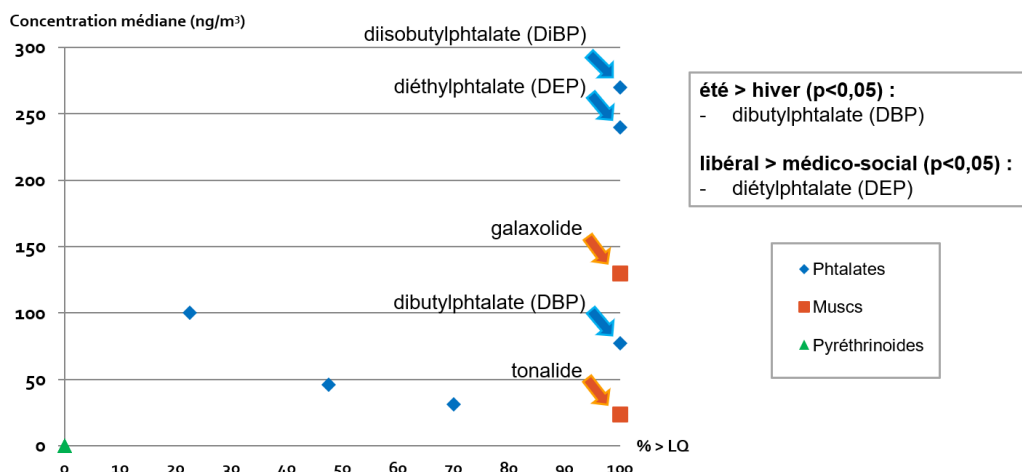


Figure 2. Concentrations médianes en COSV selon leur fréquence de quantification

## 3.3 Particules fines

Les pièces présentent une concentration moyenne en PM<sub>2,5</sub> de 13,5 ± 16,2 µg/m<sup>3</sup> (médiane : 9,3 µg/m<sup>3</sup>) pour 16,1 ± 17,8 µg/m<sup>3</sup> en été (médiane : 12,1 µg/m<sup>3</sup>) et 11,0 ± 14,0 µg/m<sup>3</sup> en hiver (médiane : 7,1 µg/m<sup>3</sup>) (p<0,0001). La concentration moyenne en PM<sub>2,5</sub> est de 13,4 ± 14,3 µg/m<sup>3</sup> dans les structures libérales (médiane : 8,7 µg/m<sup>3</sup>) et de 13,8 ± 19,6 µg/m<sup>3</sup> dans les structures médico-sociales (médiane : 10,4 µg/m<sup>3</sup>) (p<0,002). Les valeurs extrêmes vont de 0,4 à 668,5 µg/m<sup>3</sup>.

## 3.4 Microorganismes

### 3.4.1 Bactéries et mycètes viables de l'air

Les cultures bactériennes issues des 40 prélèvements cycloniques de l'air ont révélé 44 ± 82 UFC/m<sup>3</sup> (médiane : 9 UFC/m<sup>3</sup>) avec une moyenne de 40 ± 69 UFC/m<sup>3</sup> en été (médiane : 3 UFC/m<sup>3</sup>) et de 49 ± 95 UFC/m<sup>3</sup> en hiver (médiane : 16 UFC/m<sup>3</sup>) (p>0,05). Les cultures fongiques ont révélé 16 ± 28 UFC/m<sup>3</sup> (médiane : 5 UFC/m<sup>3</sup>) avec une moyenne de 21 ± 24 UFC/m<sup>3</sup> en été (médiane : 13 UFC/m<sup>3</sup>) et de 11 ± 31 UFC/m<sup>3</sup> en hiver (médiane : 0 UFC/m<sup>3</sup>) (p<0,002).

### 3.4.2 Bactéries et mycètes viables des surfaces

Les cultures bactériennes issues des 80 prélèvements de surface par écouvillon ont révélé en moyenne  $600 \pm 1\,128$  UFC/cm<sup>2</sup> (médiane : 157 UFC/cm<sup>2</sup>) plus particulièrement  $380 \pm 787$  UFC/cm<sup>2</sup> en été (médiane : 128 UFC/cm<sup>2</sup>) et  $822 \pm 1\,364$  UFC/cm<sup>2</sup> en hiver (médiane : 178 UFC/cm<sup>2</sup>) ( $p > 0,05$ ). Les cultures fongiques ont révélé en moyenne  $73 \pm 365$  UFC/cm<sup>2</sup> (médiane : 4 UFC/cm<sup>2</sup>) avec  $56 \pm 206$  UFC/cm<sup>2</sup> en été (médiane : 8 UFC/cm<sup>2</sup>) et  $90 \pm 476$  UFC/cm<sup>2</sup> en hiver (médiane : 0 UFC/cm<sup>2</sup>) ( $p < 0,002$ ).

## 4 DISCUSSION ET CONCLUSION

L'air intérieur des structures médico-sociales et libérales comporte un mélange complexe de polluants. Les niveaux de concentrations chimiques, microbiologiques et particulaires sont généralement faibles. Comparée aux résultats de la littérature, la contamination de l'air intérieur mesurée dans cette étude est semblable à celle d'autres environnements de travail tels que les immeubles de bureaux (Mandin *et al.*, 2017). Elle est plus élevée que dans les hôpitaux où une meilleure ventilation mécanisée est présente (Baurès *et al.*, 2018 ; Bessonneau *et al.*, 2013) mais inférieure à celle des logements (Dallongeville *et al.*, 2016 ; Langer *et al.*, 2016). Une pollution spécifique liée à l'activité a été mise en évidence : une forte concentration en alcool, en particulier en éthanol et isopropanol, qui peut être mise en relation avec l'utilisation de solution hydroalcoolique, et du limonène qui est un terpène parfumant de nombreux produits de nettoyage.

## REFERENCES

- Baurès, E., Blanchard, O., Mercier, F., Surget, E., le Cann, P., Rivier, A., ... Florentin, A. (2018). Indoor air quality in two French hospitals: Measurement of chemical and microbiological contaminants. *The Science of the Total Environment*, 642, 168-179. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.047>
- Bessonneau, V., Mosqueron, L., Berrubé, A., Mukensturm, G., Buffet-Bataillon, S., Gangneux, J.-P., & Thomas, O. (2013). VOC contamination in hospital, from stationary sampling of a large panel of compounds, in view of healthcare workers and patients exposure assessment. *PLoS One*, 8(2), e55535. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0055535>
- Dallongeville, A., Costet, N., Zmirou-Navier, D., Le Bot, B., Chevrier, C., Deguen, S., ... Blanchard, O. (2016). Volatile and semi-volatile organic compounds of respiratory health relevance in French dwellings. *Indoor Air*, 26(3), 426-438. <https://doi.org/10.1111/ina.12225>
- Fournier, K., Glorennec, P., & Bonvallot, N. (2014). An exposure-based framework for grouping pollutants for a cumulative risk assessment approach: Case study of indoor semi-volatile organic compounds. *Environmental Research*, 130, 20-28. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.01.007>
- Gangneux, J.-P., Bougnoux, M.-E., Hennequin, C., Godet, C., Chandenier, J., Denning, D. W., ... LIFE program, the Société française de mycologie médicale SFMM-study group. (2016). An estimation of burden of serious fungal infections in France. *Journal De Mycologie Médicale*, 26(4), 385-390. <https://doi.org/10.1016/j.mycmed.2016.11.001>
- Herfst, S., Böhringer, M., Karo, B., Lawrence, P., Lewis, N. S., Mina, M. J., ... Menge, C. (2017). Drivers of airborne human-to-human pathogen transmission. *Current Opinion in Virology*, 22, 22-29. <https://doi.org/10.1016/j.coviro.2016.11.006>
- Kim, K.-H., Kabir, E., & Kabir, S. (2015). A review on the human health impact of airborne particulate matter. *Environment International*, 74, 136-143. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.10.005>
- Langer, S., Ramalho, O., Derbez, M., Ribéron, J., Kirchner, S., & Mandin, C. (2016). Indoor environmental quality in French dwellings and building characteristics. *Atmospheric Environment*, 128, 82-91. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.12.060>
- Le Cann, P., Bonvallot, N., Glorennec, P., Deguen, S., Goeury, C., & Le Bot, B. (2011). Indoor environment and children's health: Recent developments in chemical, biological, physical and social aspects. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 215(1), 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2011.07.008>
- Mandin, C., Trantallidi, M., Cattaneo, A., Canha, N., Mihucz, V. G., Szigeti, T., ... Bartzis, J. (2017). Assessment of indoor air quality in office buildings across Europe—The OFFICAIR study. *The Science of the Total Environment*, 579, 169-178. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.238>
- Matz, C. J., Stieb, D. M., Davis, K., Egyed, M., Rose, A., Chou, B., & Brion, O. (2014). Effects of age, season, gender and urban-rural status on time-activity: Canadian Human Activity Pattern Survey 2 (CHAPS 2). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(2), 2108-2124. <https://doi.org/10.3390/ijerph110202108>
- Pelletier, M., Bonvallot, N., Ramalho, O., Mandin, C., Wei, W., Raffy, G., ... Glorennec, P. (2017). Indoor residential exposure to semivolatile organic compounds in France. *Environment International*, 109, 81-88. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.08.024>
- Ribéron, J., Ramalho, O., Derbez, M., Berthineau, B., Wyart, G., Kirchner, S., & Mandin, C. (2016). *Indice de confinement de l'air intérieur: Des écoles aux logements*. (228), 1-12.
- Schweizer, C., Edwards, R. D., Bayer-Oglesby, L., Gauderman, W. J., Ilacqua, V., Jantunen, M. J., ... Künzli, N. (2007). Indoor time-microenvironment-activity patterns in seven regions of Europe. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 17(2), 170-181. <https://doi.org/10.1038/sj.jes.7500490>
- Tsai, W.-T. (2019). An overview of health hazards of volatile organic compounds regulated as indoor air pollutants. *Reviews on Environmental Health*, 34(1), 81-89. <https://doi.org/10.1515/reveh-2018-0046>