

# Niveaux de particules dans les environnements intérieurs en France

## Particle levels in French indoor environments

Olivier RAMALHO, Jean-Paul LUCAS, Corinne MANDIN, Mickael DERBEZ, Séverine KIRCHNER<sup>(1)</sup>

### Résumé

L'état des connaissances actuelles sur les niveaux de particules dans les différents environnements intérieurs est présenté au niveau de la France. La contribution des sources intérieures et extérieures est variable selon l'environnement et la taille des particules considérées. Il est nécessaire de développer des études pour combler le manque de connaissances sur la pollution particulaire dans les écoles et les bureaux, sur la caractérisation de la phase organique des particules des environnements intérieurs et sur les moyens à mettre en œuvre pour se protéger des particules fines provenant de l'extérieur tout en assurant une ventilation suffisante des locaux.

### Mots-clés

Air intérieur, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub>, logement, école, bureau.

### Introduction

Nous vivons dans un monde de particules. Il n'est pas un environnement qui en soit dépourvu. L'environnement intérieur pourrait être considéré comme un abri. Mais la présence de sources de particules à l'intérieur, tout comme le transfert de celles provenant de l'extérieur, font que la concentration de matière particulaire en suspension dans l'air y est souvent très élevée.

La synthèse présentée ici cherche à mettre à jour l'état des connaissances sur les niveaux de particules dans les environnements intérieurs en France, initié notamment par Mosqueron *et al.* [2002], et plus récemment par l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail (ANSES) en 2009.

Pour réaliser cette synthèse, nous nous sommes focalisés sur les études menées en France et qui ont mesuré les particules dans un grand nombre de locaux (40 ou plus). D'autres études de taille plus modeste sont disponibles, mais la disparité des méthodes de prélèvement et des durées d'intégration ne permettent pas de rassembler les données pour en avoir une vision globale. Par ailleurs, les ambian-

ces de travail (en dehors des bureaux) présentent des situations d'exposition particulières et ne sont par conséquent pas abordées ici.

### Mesure des particules dans les environnements intérieurs

La mesure des particules dans les environnements intérieurs durant l'occupation des locaux reste encore aujourd'hui très difficile à réaliser. En effet, elle nécessite un prélèvement actif à un débit contrôlé quelle que soit la perte de charge. De plus, la mesure doit être des plus silencieuses, la moins encombrante possible pour ne pas perturber l'occupant. Certains compteurs optiques répondent à ces spécifications, mais ils renseignent la concentration en nombre de particules. Il est possible à partir de ces données d'estimer la concentration massique de la fraction PM<sub>2,5</sub> ou PM<sub>10</sub>, mais ce calcul est sujet à controverse, car il peut varier selon le type de compteur utilisé et la nature de l'aérosol étudié. La méthode gravimétrique reste la méthode de référence, bien qu'elle soit plus difficile à mettre en œuvre.

<sup>(1)</sup> Université Paris-Est, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, division Santé, 84 av. Jean Jaurès BP2, 77447 Marné-la-Vallée Cedex 2, France.

## PARTICULES

Tableau I.

Niveaux de particules mesurés dans les logements français pendant la campagne nationale sur la qualité de l'air (2003-2005). De P5 à P95 : du 5<sup>e</sup> au 95<sup>e</sup> percentile.

Measured particle levels in French dwellings during the indoor air quality national survey (2003-2005). P5 to P95: 5<sup>th</sup> to 95<sup>th</sup> percentile.

	Concentration ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )		Moyenne horaire ( $\text{cm}^{-3}$ )		Max horaire ( $\text{cm}^{-3}$ )	
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	[0,01 – 1 $\mu\text{m}$ ] x1000	[0,3 – 20 $\mu\text{m}$ ]	[0,01 – 1 $\mu\text{m}$ ] x1000	[0,3 – 20 $\mu\text{m}$ ]
Moyenne	53.6	37.1	20.3	116	45.2	1414
Écart type	64.1	51.9	16.7	125	42.6	1645
N (logements)	297	290	11	20	11	20
P5	14.2	9.5	5.7	36	15.3	177
P10	17.0	10.7	5.8	37	15.4	322
P25	22.0	14.0	10.0	46	16.3	398
P50 (Médiane)	31.3	19.1	15.3	62	23.3	505
P75	56.8	35.4	24.4	115	63.9	1845
P90	105	69.0	29.1	351	70.8	4175
P95	182	134	46.8	411	113	4366

## Niveaux de particules dans les logements en France

Mis à part les mesures de fumées noires ou de particules totales en suspension, les premières mesures de la fraction massique PM<sub>2.5</sub> ou PM<sub>10</sub> réalisées dans les logements datent de la fin des années 90. De décembre 1999 à septembre 2000, des mesures de la fraction PM<sub>2.5</sub> ont été menées dans le séjour de 55 logements durant le temps de présence des occupants sur une journée [Mosqueron *et al.*, 2001]. Les résultats variaient de 5 à 106  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  avec une concentration moyenne de  $25 \pm 14 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (médiane = 23  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Entre 1999 et 2001, des mesures de la fraction PM<sub>2.5</sub> ont été menées sur 48 heures dans 44 logements de 5 villes françaises (Paris, Grenoble, Toulouse, Nice, Clermont-Ferrand) dans le cadre de l'étude VESTA [Zmirou *et al.*, 2002]. Le niveau moyen était de 22,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (écart-type de 18,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

La principale source de données reste aujourd'hui la campagne nationale logements menée par l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI) dans 567 logements entre septembre 2003 et décembre 2005 [Kirchner *et al.*, 2007]. Des mesures réalisées dans le séjour des fractions PM<sub>2.5</sub> et PM<sub>10</sub> ont été intégrées sur 7 jours durant les périodes d'occupation (de 17 h à 8 h les jours ouvrés et 24 heures sur 24 le week-end). Des mesures en nombre ont également été réalisées dans un sous-échantillon de logement sur 7 jours pour les particules de 0,3 à 20  $\mu\text{m}$  de diamètre et sur une soirée pour les particules de 0,01 à 1  $\mu\text{m}$ . Les résultats sont présentés dans le Tableau I.

Des données valides ont été obtenues pour près de 300 logements, soit à peine plus de 50 %. Les

principales sources d'invalidité des données étaient liées au contrôle des débits, à la panne des instruments, et au refus de l'occupant. En moyenne, les niveaux observés en considérant uniquement l'occupation des locaux sont supérieurs aux campagnes de mesure précédentes.

Pour pallier l'absence de mesures extérieures, les données des réseaux de surveillance (en sélectionnant les stations de fond les plus proches) ont été utilisées pour calculer le rapport entre la concentration intérieure et extérieure [Letinois & Malherbe, 2010]. Les données extérieures ont été intégrées en fonction des durées d'occupation. Les résultats sont présentés dans le tableau II, en distinguant les logements avec au moins un fumeur présent des autres. Le ratio entre les concentrations intérieures et extérieures (I/E) est plus élevé pour la fraction PM<sub>10</sub> par rapport à la fraction PM<sub>2.5</sub>. Il est également plus important au niveau des logements avec fumeurs.

Tableau II.

Ratios intérieur/extérieur (I/E) des niveaux de particules mesurés dans les logements français en fonction de la présence ou non d'au moins un fumeur.

Indoor/outdoor ratios (I/E) of measured particle levels in French dwellings according to the presence or absence of at least one smoker.

	Ratio I/E (sans fumeurs)		Ratio I/E (avec fumeurs)	
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>
Moyenne	2,0	1,6	3,2	3,2
N (logements)	183	141	282	221
P25	1,1	0,9	1,2	1,1
P50 (Médiane)	1,5	1,3	1,8	1,6
P95	4,3	3,3	11	13

La présence de fumeurs dans le logement a un impact significatif sur le niveau de particules (autant  $PM_{2.5}$  que  $PM_{10}$ ). En présence d'un fumeur (figure 1), les niveaux mesurés augmentent en moyenne de 40 à 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  par rapport aux logements sans aucun fumeur (moyenne de 19 et 33  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivement pour  $PM_{2.5}$  et  $PM_{10}$ ). Sur la population de logements avec fumeurs, les niveaux de particules sont d'ailleurs très corrélés aux niveaux de monoxyde de carbone, d'acétaldéhyde et d'acroléine, de benzène, de styrène, d'éthylbenzène, de toluène et de xylènes (même lorsque ces niveaux sont corrigés du niveau extérieur).

Le niveau de particules ne dépend pas de la zone urbaine, périurbaine ou rurale du logement. Une variation saisonnière est observée (figure 2) avec un maximum à la fin de l'hiver (au mois de mars) et un minimum au cours de l'été (en août particulièrement). En ajustant par rapport à la présence de fumeurs dans le logement, une variation saisonnière est toujours observée, sauf pour la fraction  $PM_{10}$  dans les logements sans fumeurs.

Une régression PLS (*Partial Least Squares*), enrichie d'une méthode itérative de sélection de variables et réalisée sur l'ensemble de la base de données, a permis de mettre en évidence d'autres facteurs qui contribuent à augmenter le niveau de particules (fractions  $PM_{2.5}$  et  $PM_{10}$ ). Les facteurs identifiés en plus de la fumée de tabac sont entre autres : l'utilisation de bougies, d'encens ou de sprays durant la semaine d'enquête, l'ouverture de la fenêtre du séjour en période de chauffe, un taux de présence élevé des occupants dans le logement durant la semaine, une

utilisation fréquente de l'aspirateur, l'utilisation d'un chauffage d'appoint, l'utilisation d'un appareil à combustion non raccordé utilisant un combustible liquide, l'utilisation du gaz propane ou butane comme énergie pour la cuisine et la présence d'animaux domestiques autres que chat et chien. À l'inverse, la présence de moquettes au sol (pour la fraction  $PM_{10}$ ), l'étanchéité du bâtiment et la période hors-chauffe contribuent à faire diminuer le niveau de particules dans le logement.

Enfin, l'enregistrement des particules en nombre a permis de mettre en évidence que les niveaux étaient les plus élevés dans le séjour lorsque le taux d'occupation du séjour était en général élevé et notamment en soirée entre 19 et 21 heures.

### Niveaux de particules dans les écoles

Les écoles ont fait assez peu l'objet d'études de grande envergure. L'étude ISAAC (*International Study on Asthma and Allergies in Childhood*) a mesuré la fraction  $PM_{2.5}$  sur 24 heures dans 108 écoles (387 classes) de 6 villes françaises (Strasbourg, Créteil, Reims, Marseille, Bordeaux, Clermont-Ferrand) en 1999-2000 (*Annesi-Maesano, 2008* et 2012). En 2010, l'OQAI a mené une étude pilote dans 17 écoles de l'agglomération de Clermont-Ferrand (51 classes) dans laquelle la fraction  $PM_{2.5}$  a été mesurée du lundi au vendredi (sauf mercredi) durant les heures de présence des enfants (8 h 00-17 h 00) [*Kirchner et al., 2011*]. Les résultats de ces deux études sont présentés dans le tableau III.

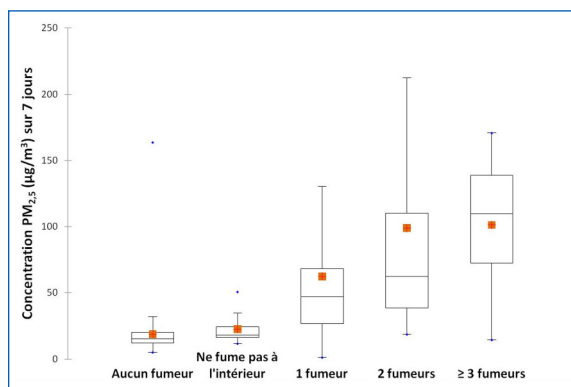


Figure 1.

Impact du nombre de fumeurs dans le logement sur le niveau de particules (fraction  $PM_{2.5}$ ) mesuré durant la semaine. (Effectifs de gauche à droite : 171, 25, 64, 26, 4). La valeur médiane est représentée par le trait intermédiaire dans le rectangle défini par le 25<sup>e</sup> et 75<sup>e</sup> percentile. La croix représente la moyenne arithmétique. Une distribution similaire est observée pour la fraction  $PM_{10}$ .

Impact of the number of smokers in the dwelling on the measured  $PM_{2.5}$  particle level during the week. (Number of dwellings from left to right: 171, 25, 64, 26, 4). The median value is represented by the intermediate line in the box defined by the 25<sup>th</sup> and 75<sup>th</sup> percentile. The cross represents the arithmetic mean. A similar distribution is observed for the  $PM_{10}$  fraction.

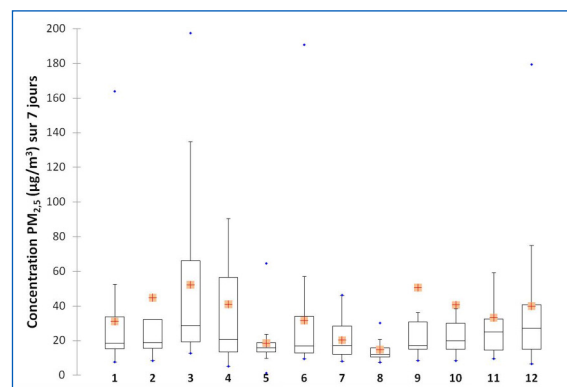


Figure 2.

Distribution des niveaux de particules (fraction  $PM_{2.5}$ ) à l'intérieur des logements selon le mois de mesure (janvier = 1). La valeur médiane est représentée par le trait intermédiaire dans le rectangle défini par le 25<sup>e</sup> et 75<sup>e</sup> percentile. La croix représente la moyenne arithmétique. Une distribution similaire est observée pour la fraction  $PM_{10}$ .

Distribution of particle  $PM_{2.5}$  concentration (fraction) in dwellings according to the month of measurement. The median value is represented by the intermediate line in the box defined by the 25<sup>th</sup> and 75<sup>th</sup> percentile. The cross represents the arithmetic mean. A similar distribution is observed for the  $PM_{10}$  fraction.

## PARTICULES

Tableau III.

Niveaux de particules (fraction  $PM_{2,5}$ ) mesurés dans les écoles en France (de P5 à P95 : du 5<sup>e</sup> au 95<sup>e</sup> percentile).  
 Particle level ( $PM_{2,5}$  fraction) measured in French schools. (P5 to P95: 5<sup>th</sup> to 95<sup>th</sup> percentile).

Étude	ISAAC		OQAI / Étude pilote écoles	
Auteurs	Annesi-Maesano <i>et al.</i> (2008, 2012)		Kirchner <i>et al.</i> (2011)	
Période	1999-2000		2010	
Lieux	6 villes en France		Clermont-Ferrand	
N classes	387 (108 écoles)	51 (17 écoles)	25 (17 écoles)	
Critère	<b><math>PM_{2,5}</math> (<math>\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}</math>)</b>	<b><math>PM_{2,5}</math> (<math>\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}</math>)</b>	<b>[0,3 – 1 <math>\mu\text{m}</math>]</b>	<b>[1 – 20 <math>\mu\text{m}</math>]</b>
	<b>Moyenne (<math>\text{cm}^{-3}</math>)</b>			
Durée	24 h		36 h d'occupation sur 4 jours	
Moyenne	15 (20 durant occupation)	22	54	22
P5	8	13	23	1,8
P25	11	16	35	2,4
P50	16	20	41	3,1
P75	19	27	62	6,9
P95	28	35	117	86

Les deux études donnent des résultats comparables pour la fraction  $PM_{2,5}$  en considérant la période d'occupation. Les niveaux mesurés sont également comparables à ceux observés dans les logements sans fumeurs. En l'absence de sources de combustion, la principale source de particules fines dans les écoles est l'air extérieur. Par contre, la concentration en nombre de grosses particules peut être jusqu'à 100 fois plus élevée durant l'occupation de la salle de classe du fait de la remise en suspension des particules [Blondeau *et al.*, 2005]. Cela laisse supposer que le niveau de  $PM_{10}$  pourrait être plus élevé que dans les logements sans fumeurs. Des récents travaux menés dans 3 écoles du Nord de la France tendent à confirmer cette hypothèse avec des niveaux hebdomadaires en phase d'occupation pour la fraction  $PM_{10}$  compris entre 73 et 85  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  avec des ratios I/E entre 1,7 et 2,5 [Tran *et al.*, 2012]. Cette étude met d'ailleurs en avant que les éléments chimiques des particules proviendraient essentiellement de sources anthropiques extérieures. Néan-

moins, les sources intérieures de matière organique contribuent de manière importante à la concentration de  $PM_{10}$  [Pegas *et al.*, 2012].

### Niveaux de particules dans les bureaux

Depuis février 2007, il est strictement interdit de fumer sur le lieu de travail, y compris dans les bureaux individuels et collectifs. Les études françaises d'envergure qui couvrent la mesure des particules dans les bureaux sont antérieures à cette date. Les deux premières [Mouilleseaux *et al.* (1993) et Vincent *et al.* (1997)] ont mesuré la fraction  $PM_8$  avec des niveaux en moyenne plus élevés que ceux de la fraction  $PM_{10}$  dans les logements. La dernière [Mosqueron *et al.*, 2001] a mesuré la fraction  $PM_{2,5}$  durant l'occupation des bureaux sur 24 heures. Les niveaux sont du même ordre que ceux rencontrés dans les logements (incluant les fumeurs).

Tableau IV. Niveaux de particules mesurés dans les immeubles de bureaux en France (moyenne  $\pm$  écart type ; VMC : ventilation mécanique contrôlée).

Particle level measured in French office buildings. (mean  $\pm$  standard deviation, VMC: Fan assisted balanced ventilation).

Étude	LHVP 1993	EDF	Franciliens $PM_{2,5}$
Auteurs	Mouilleseaux <i>et al.</i> (1993)	Vincent <i>et al.</i> (1997)	Mosqueron <i>et al.</i> (2001)
Période	1986 - 1991	1992	1999-2000
Lieux	Paris	Paris	Paris
N immeubles	112 (374 bureaux)	3 (139 bureaux)	55 bureaux
Critère	<b><math>PM_8</math> (<math>\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}</math>)</b>	<b><math>PM_8</math> (<math>\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}</math>)</b>	<b><math>PM_{2,5}</math> (<math>\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}</math>)</b>
Durée	Non renseignée	Non renseignée	24 h (occupation)
Moyenne	178 $\pm$ 150 (fumeurs)	136 $\pm$ 118 (sans système)	35 $\pm$ 39
	81 $\pm$ 62 (non fumeurs)	148 $\pm$ 153 (air conditionné)	
		94 $\pm$ 113 (VMC)	
Médiane	--	--	26

De nombreuses études ont fait état de l'émission de particules ultrafines par les imprimantes et photocopieurs [Salthammer *et al.*, 2012], très variable selon le modèle et la vétusté du matériel. Néanmoins, à ce jour, aucune étude d'envergure n'a mesuré les particules ultrafines dans les bureaux en France. La prochaine campagne nationale dans les bureaux [Mandin *et al.*, 2012] qui prévoit des mesures de particules ultrafines devrait combler ce manque.

### Autres environnements intérieurs

Peu d'études sont disponibles sur les locaux recevant du public. Ces études qui portent sur très peu de cas, montrent des niveaux voisins voire légèrement plus faibles par rapport aux logements [ANSES, 2009]. Quelques parkings souterrains couverts ont fait également l'objet de mesures de la fraction  $PM_{10}$  avec des niveaux moyens entre 30 et 75  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  et des maxima horaires entre 100 et 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  [ANSES, 2007].

La qualité de l'air dans les transports a fait l'objet de plus d'attention notamment au travers d'une revue de synthèse réalisée par le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF) en 2006 et dernièrement par l'Observatoire régional de santé en Ile-de-France [ORS-IDF, 2012]. Le niveau de la fraction  $PM_{10}$  dans les enceintes souterraines de transport ferroviaire de plusieurs villes françaises se situe entre 18 et 479  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne journalière et entre 188 et 469  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en maximum horaire [ORS-IDF, 2012]. À Paris, le réseau de transport ferroviaire francilien fait l'objet d'un suivi de la qualité de l'air depuis 2007 dans trois stations par le réseau SQUALES (Surveillance de la Qualité de l'Air de l'Environnement Souterrain) mis en place par la RATP. En 2010, la fraction  $PM_{10}$  pouvait atteindre selon les stations 202  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle, 680  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en maximale journalière et 1 284 en maximale horaire. Pour la fraction  $PM_{2,5}$  mesurée à la station Auber (RER), les niveaux étaient respectivement de 76, 305 et 626  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle, maximale journalière et horaire.

### Conclusion

Les environnements intérieurs, notamment les écoles et les bureaux, souffrent d'un manque de

données concernant les particules, en particulier la fraction ultrafine. La difficulté de mise en place des instruments et leur coût représentent un frein à la mise en place d'études d'envergure. Une amélioration des moyens de mesure compatibles avec l'occupation pour les environnements intérieurs est nécessaire.

Les enceintes souterraines de transport ferroviaire présentent en moyenne les niveaux de particules les plus élevés. Il est toutefois nécessaire de considérer les temps passés dans chaque environnement pour pouvoir déterminer leur contribution respective.

Au niveau des logements, la fumée de tabac reste l'une des principales sources de particules. En l'absence de source de combustion, les particules fines à l'intérieur des locaux sont principalement d'origine extérieure. Par ailleurs, l'enveloppe du bâtiment tend à diminuer le transfert des grosses particules provenant de l'extérieur. Le niveau de celles-ci est d'ailleurs plus élevé durant les périodes d'occupation dans les logements et les écoles. Dès lors, les grosses particules proviennent essentiellement de l'intérieur par la remise en suspension de poussières préalablement déposées ou transportées par les occupants, ou encore directement de leurs activités.

Il est nécessaire de mieux caractériser la matière organique particulaire intérieure pour pouvoir déterminer la contribution des différentes sources. Et de manière plus générale, il est nécessaire de collecter plus d'informations sur les particules autrement qu'au travers des seules fractions massiques  $PM_{2,5}$  et  $PM_{10}$ .

La pollution particulaire extérieure jouant un rôle prépondérant à l'intérieur, les futures recherches devraient également être orientées vers les moyens à mettre en œuvre pour éviter d'être exposé chez soi, à l'école ou dans les bureaux, aux particules d'origine extérieure tout en assurant une ventilation suffisante des locaux.

Enfin, avec le besoin croissant d'améliorer les performances énergétiques, une nouvelle génération de bâtiments basse consommation commence à voir le jour avec des spécificités d'étanchéité et d'équipements différentes. Celles-ci pourraient modifier les contributions des sources intérieures de particules au regard de celles extérieures.

### References

- Annesi-Maesano I, Caillaud D, Lavaud F *et al.* Exposition aux particules atmosphériques fines et développement des maladies allergiques de l'enfant. Résultats épidémiologiques issus de l'étude des six villes (ISAAC-2 France) – *Rev. Fr. Allergol.* 2008 ; 48 : 427-33.
- Annesi-Maesano I, Hulin M, Lavaud F *et al.* Poor air quality in classrooms related to asthma and rhinitis in primary schoolchildren of the French 6 Cities Study – *Thorax* 2012 ; 67(8) : 682-8.
- ANSES. Recommandations pour la qualité de l'air dans les parcs de stationnement couverts – Rapport d'expertise collective, Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, 2007 : 107 p.

## PARTICULES

- ANSES. Proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur – particules – Rapport d'expertise collective, Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, 2009 : 90 p.
- Blondeau P., Iordache V., Poupard O. et al. Relationship between outdoor and indoor air quality in eight French schools – *Indoor Air* 2005 ; 15 : 2-12.
- CSHPF. Qualité de l'air dans les modes de transport terrestres – Rapport du groupe de travail « air et transports », Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France, section des milieux de vie, Éditions Tec&Doc Lavoisier, 2006 : 162 p.
- Kirchner S, Cochet C, Derbez M *et al.* État de la qualité de l'air dans les logements français – *Environ. Risque Santé* 2007 ; 6(4) : 259-69.
- Kirchner S, Mandin C, Derbez M *et al.* *Qualité d'air intérieur, qualité de vie. 10 ans de recherche pour mieux respirer*, Observatoire de la qualité de l'air intérieur, CSTB éditions, 2011 : 212 p.
- Letinois L, Malherbe L. Campagne nationale logements. Étude des relations entre l'air intérieur et extérieur – Rapport INERIS - OQAI, 2010 : 84 p.
- Mandin C, Ramalho O, Riberon J, Kirchner S. IAQ, ventilation, comfort and health in office buildings: A French nationwide survey – *Proc. 10th Int. conf. on Industrial Ventilation*, Paris (France), 2012, 5 p.
- Mosqueron L., Kirchner S., Nedellec V. Bilan des études françaises sur la mesure de la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments (1990-2001) – *Environ. Risque Santé* 2002 ; 1(1) : 31-41.
- Mosqueron L, Le Moulec Y, Momas I. Personal exposure to fines particles in Parisian office workers – *12th World Clean Air and Environment*, 2001. Seoul, Corée.
- Mouilleseaux A, Squinazi F, Festy B. Air quality in air conditioned office buildings – *Proc. Indoor Air'93*, Helsinki (Finlande) 1993 ; 6 : 615-20.
- ORS-IDF. Pollution de l'air dans les enceintes souterraines de transport ferroviaire et santé – Observatoire Régional de Santé Ile-de-France, Rapport air intérieur, 2012 : 16 p.
- Pegas PN, Nunes T, Alves CA *et al.* Indoor and outdoor characterization of organic and inorganic compounds in city centre and suburban elementary schools of Aveiro, Portugal – *Atmos. Environ.* 2012 ; 55 : 80-9.
- Salthammer T, Schripp T, Uhde E, Wensing M. Aerosols generated by hardcopy devices and other electrical appliances – *Environ. Pollut.* 2012 ; 169 : 167-74.
- Tran DT, Alleman LY, Coddeville P, Galloo JC. Elemental characterization and source identification of size resolved atmospheric particles in French classrooms. *Atmos. Environ.* 2012 ; 54 : 250-9.
- Vincent D, Annesi I, Festy B et Lambrozo J. Ventilation system, indoor air quality, and health outcomes in Parisian modern office workers – *Environ. Res.* 1997 ; 75 : 100-12.
- Zmirou D, Gauvin S, Pin I *et al.* Five epidemiological studies on transport and asthma: objectives, design and descriptive results – *J. Exp. Anal. Environ. Epidemiol.* 2002 ; 12(3) : 186-96.

