

# Qualité de l'air extérieur en milieu aéroportuaire : étude métrologique

## EN RÉSUMÉ

Afin d'évaluer la qualité de l'air extérieur que respirent les travailleurs de la zone aéroportuaire, les médecins du travail d'une compagnie aérienne ont procédé, dans différentes escales françaises, à quinze campagnes de mesurages sur quatre ans des principaux polluants atmosphériques (hydrocarbures aromatiques polycycliques, composés organiques volatiles, oxydes d'azote, monoxyde de carbone, particules en suspension). Des prélèvements individuels au poste de travail, ainsi que des prélèvements ambiants, ont été réalisés par un organisme extérieur accrédité. Les résultats montrent des niveaux d'exposition faibles, parfois à la limite de quantification des méthodes utilisées, pour la plupart des polluants mesurés. Seuls les niveaux d'exposition aux particules diesel classées par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) depuis 2012 comme cancérogènes certains pour l'homme (groupe 1) nécessitent de renforcer les mesures de prévention mises en œuvre.

## AUTEURS :

B. Guidez, B. Pasquet, F. Desert, V. Gassman, P. Hertert, C. Labadie, S. Mekhloufi, C. Monclus, C. Préau, L. Prunières, C. Raby, C. Rogier-Ricou, S. Meffre-Stevens, L. Touri, M. Klerlein

Médecins du travail, Air France

## MOTS CLÉS

Qualité de l'air / produit chimique / hydrocarbure aromatique polycyclique / métrologie



© Tiphaine Lemoine - Air France

**D**epuis quelques années, la qualité de l'air respiré est un sujet de préoccupation pour la santé. Des niveaux croissants de seuils (seuil d'alerte, seuil de recommandation et d'information, objectif de qualité, valeur limite d'exposition professionnelle) ont été fixés réglementairement pour le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), l'ozone (O<sub>3</sub>), les composés organiques volatiles (COV), le monoxyde de carbone (CO), les métaux, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et/ou les particules afin de limiter les effets possibles sur la santé à court terme (pathologies respiratoires telles que

l'asthme) et à moyen terme (cancers du poumon, décès toutes causes confondues et plus spécifiquement par maladies cardio-respiratoires) [1, 2].

Le milieu du travail n'échappe pas à cette préoccupation, l'évaluation des risques, la surveillance médicale des salariés, la prévention faisant partie des missions des services de santé au travail, notamment pour le risque chimique.

La survenue d'un cas de cancer hématologique chez une personne travaillant en zone aéroportuaire, déclaré et reconnu en maladie professionnelle au titre du tableau des maladies professionnelles du régime général de la Sécurité sociale n° 4 (« *Hémopathies provoquées par le benzène et tous produits en renfermant* »), a alerté les services de

Qualité de l'air extérieur en milieu aéroportuaire : étude métrologique

santé au travail d'une compagnie aérienne qui se sont intéressés à la qualité de l'air respiré pour les salariés travaillant à l'extérieur, sur le tarmac.

La pollution de l'air extérieur dans les aéroports provient, en effet, à la fois de la pollution de fond, de la pollution environnementale issue de sources extérieures transportées vers l'aéroport par le vent (chauffage, industrie, trafic routier) et, enfin, de la pollution produite dans les aéroports eux-mêmes. Les gaz d'échappement des avions et des moteurs diesel, les émissions directes de carburant lors du ravitaillement des avions et les particules de poussières issues des freins, des pneus et/ou du bitume, en constituent les principales sources. Concernant l'avion lui-même, les principaux polluants émis lors des cycles LTO (*landind-take-off*)<sup>1</sup> sont les NOx, le CO, les COV, les particules, le SO<sub>2</sub> et les HAP. Les émissions de NOx sont majoritaires lors des phases nécessitant de fortes poussées (décollage et montée) alors que les émissions de CO ou de COV ont plutôt lieu au sol, lors de la phase de roulage au ralenti [3].

Or si l'on dispose des résultats des mesurages atmosphériques des principaux polluants (dont le benzène) à certains points fixes des sites aéroportuares français [3 à 7], peu de données sont en fait disponibles au poste de travail des personnels travaillant et se déplaçant en piste sur l'ensemble de la plate-forme dans l'exercice de leur fonction [8, 9]. C'est pourquoi, les services de santé au travail d'une compagnie aérienne ont proposé de réaliser une campagne de métrologie atmosphérique visant à évaluer l'exposition par inhalation des travailleurs de la piste *via* des mesurages individuels et d'ambiance, en les comparant aux valeurs limites d'expo-

sition professionnelles, quand elles existent, afin de vérifier l'efficacité des mesures de prévention mises en place et d'adapter le contenu du suivi médical.

MOYENS ET MÉTHODES

Afin de caractériser au mieux les différents composants chimiques incriminés dans la pollution de l'air extérieur des zones aéroportuares, il a été fait appel à un organisme extérieur spécialisé accrédité COFRAC. Celui-ci a procédé d'une part à des mesures fixes d'ambiance, de durée variable, avec des capteurs placés à 1,5 m du sol sur trépied en différents lieux (point de stationnement des avions, sortie des réacteurs, dans la cabine du repousseur<sup>2</sup>, sous une passerelle...) et, d'autre part, à des prélèvements individuels, d'une durée variable, avec un capteur porté par l'opérateur au niveau des voies respiratoires, qui permettent de le suivre dans ses multiples déplacements au cours de la journée de travail sur la plate-forme.

Quinze campagnes de mesurages sur neuf sites français ont été effectuées entre 2005 et 2012, donnant lieu chacune à un rapport d'intervention spécifique : septembre 2005 ; juillet 2007 ; juillet 2009 ; janvier, février, juillet, août, septembre, octobre et novembre 2011 ; mai, juillet et août 2012. Ces campagnes ont eu lieu de préférence pendant les mois chauds de l'année car la dispersion des polluants y est plus faible et l'activité des mouvements d'avions plus soutenue.

Neuf sites français (escales) présentant des configurations géographiques différentes ont fait l'objet de ces campagnes de mesurages successivement dans le temps, à différents endroits représentatifs de la zone de travail des personnels : principalement les aéroports parisiens d'Orly et de Roissy/Charles de Gaulle (CDG), complétés par les sites provinciaux de Toulouse, Montpellier, Lyon, Marseille, Nice, Bordeaux et Strasbourg (tableau I).

Les conditions météorologiques, notamment les paramètres de vent, d'humidité et de rayonnement solaire, étaient systématiquement

1. Ces cycles définis par l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) comportent les phases d'approche avant atterrissage, roulage, décollage et montée

2. Véhicule de piste utilisé pour le repousseur des avions

➤ TABLEAU II : GROUPES D'EXPOSITION HOMOGENES ETUDIÉS PAR

ESCALE	CDG	ORY	TLS	MRS	NCE	CDG	BOD
DATE DE CAMPAGNE	9/05	9-07	7-09	1-11	2 et 3/2/11	4 au 5/7/11	12 et 13/7/11
Groupes d'exposition homogènes	Agents d'escale « touchée avion »	x	x	x	x	x	x
	Agents « fret »		x	x			
	Mécaniciens « avion piste »		x	x			
	Mécaniciens « engins spéciaux »		x	x	x	x	x
	Tractistes		x				
	Agents « support cabine »						

## > TABLEAU I : NOMBRE DE CAMPAGNES DE MESURAGES PAR ESCALE

ESCALE	ABRÉVIATION	NOMBRE DE CAMPAGNES
Bordeaux	BOD	1
Lyon	LYS	1
Marseille	MRS	1
Montpellier	MPL	1
Nice	NCE	1
Orly	ORY	4
Roissy/Charles De Gaulle	CDG	3
Strasbourg	SXB	1
Toulouse	TLS	2

quement notées lors de chaque campagne de mesurage car la qualité de l'air en dépend (extrait d'un rapport de mesurage : « *le temps fut couvert lors des deux journées de prélèvement avec des rafales de vent, beaucoup d'humidité le 5 juillet 2007 – entre 16 et 26 nœuds et 70 % d'humidité – et quelques éclaircies le 6 juillet 2007* »).

### POPULATION ÉTUDIÉE

Des groupes d'exposition homogènes (GEH) ont été constitués par métier, en prenant en compte les tâches réalisées à proximité des sources de pollution.

Ont été ainsi retenus (tableau II) :

- **Les agents d'escale « touchée avion »** interviennent à l'arrivée et au départ de l'avion pour la réception et le refoulement de celui-ci, le chargement et le déchargement des soutes, le déchargement des eaux usées à l'aide d'un camion spécial, la coordination des différents intervenants au point de stationnement (ou « touchée ») de l'avion. Ils travaillent à proximité des moteurs d'avion et des engins spéciaux de la piste, avec retours et attentes en zone de repli, entre deux avions à traiter.
- **Les mécaniciens « avion piste »**

effectuent sur demande de l'équipage, en cas de problème technique, des travaux de maintenance en ligne des avions de différents types (mécanique, hydraulique, électrique, électronique) en extérieur ou en cabine.

- **Les agents « fret »** acheminent les containers entre la zone de stationnement de l'avion et celle de fret.

- **Les tractistes** procèdent aux déplacements de l'avion sur le tarmac à l'aide d'un engin spécial.

- **Les mécaniciens « engins spéciaux »** assurent la maintenance préventive et curative des engins spéciaux de la piste en atelier et à proximité de l'avion en cas de problème technique (maintenance d'un groupe électrogène par exemple).

- **Les agents « support cabine »** effectuent des visites de cabine pour l'installation des civières, des bouteilles d'oxygène supplémentaires à usage médical, le changement des masques à oxygène et le remplacement des troussees médicales de bord.

### POLLUANTS ANALYSÉS

Six familles de polluants ont été retenues pour évaluer la pollution sur les pistes, en privilégiant, dans la stratégie de choix des polluants, la recherche de traceurs spécifiques de l'exposition au kérosène (hydrocarbures C6-C12 et hydrocarbures benzéniques C9-C12) : NO<sub>x</sub>, COV, HAP, CO, particules en suspension (diesel), aldéhydes.

Au total, 28 polluants ont été analysés. Leur choix lors des 15 campagnes a évolué entre 2005 et 2012 ; il a été fonction des contraintes budgétaires, des résultats obtenus lors des campagnes de mesurage précédentes, et des obligations réglementaires. Seul le benzène a fait l'objet d'une analyse sur l'ensemble des neuf sites français et dans 13 campagnes sur 15 (tableau III).

### CAMPAGNE DE MESURAGES

TLS	ORY	ORY	CDG	ORY	SXB	MPL	LYS	NOMBRE DE CAMPAGNES
20 et 21/7/11	17 et 18/8/11	18/8/11	27 et 29/9/2011	6 et 7/10/11	15 et 16/11/11	15/5 et 22/8/12	11/7 et 16/8/12	
x	x	x			x	x	x	13
								2
			x	x				4
x	x				x	x	x	11
			x	x				3
			x	x				2

**STRATÉGIE  
D'ÉCHANTILLONNAGE ET  
MÉTHODES D'ANALYSE**

Pour chaque polluant, ont été pré-  
cisés, entre autres, le support à uti-  
liser, le débit, la méthode d'analyse  
et de détection par un laboratoire

d'analyse extérieur à l'entreprise  
accrédité COFRAC.

Le plan d'échantillonnage a été éta-  
bli conjointement entre le labora-

> TABLEAU III : LISTE DES POLLUANTS ANALYSÉS PAR CAMPAGNE DE MESURAGES

DATE DE CAMPAGNE		9-05		9-07		7-09		1-11	2-11	4 et 5/7 2011	
ESCALE		CDG		ORY		TLS		MRS	NCE	CDG	
A = ambiant	I=individuel	A	I	A	I	A	I	I	I	I	
POLLUANTS	ALDÉHYDES	acétaldéhyde					x				
		formaldéhyde					x				
	COV	1-butanol	x								
		isopentane					x				
		3-méthylheptane	x								
		acétone			x						
		acétonitrile			x		x				
		acide isobutyrique					x				
		benzène			x		x	x	x	x	x
		chlorobenzène	x								
		chlorométhane					x				
		dichlorométhane					x				
		éthanol			x		x				
		éthylbenzène	x								
		hexane	x				x				
		hydrocarbures benzéniques		x		x		x			
		cyclopentane	x								
		nonane					x				
		octane					x				
		pentane					x				
	toluène			x		x					
	xylènes	x									
	HAP*	benzo(a)pyrène		x		x					
		naphtalène		x		x					
	MONOXYDE DE CARBONE	monoxyde de carbone						x			
	OXYDES D'AZOTE	monoxyde d'azote									
		dioxyde d'azote									
	PARTICULES EN SUSPENSION (DIESEL)	carbone élémentaire/ organique		x		x		x			

\* Ne sont mentionnés  
ici que les 2 HAP,  
parmi les  
19 recherchés,  
détectés et mesurés  
par la méthode  
utilisée (cf. p. 71).

toire d'analyse extérieur, le médecin du travail et le responsable de la maîtrise des risques ; pour chaque campagne de mesurages, le plan

définissait la zone de mesure, le métier, le(s) composé(s) à analyser, le nombre de mesures, la durée de chaque mesure.

Pour chaque GEH, de trois à neuf prélèvements ont été réalisés par campagne de mesurages, en fonction de la taille du groupe de

12 et 13/7 2011	20 et 21/7 2011	17 et 18/8 2011	18/08 2011	9-11	6 et 7/10 2011	15 et 16/11 2011	15/5 et 22/8 2012	11/7 et 16/8 2012	NOMBRE DE CAMPAGNES
BOD	TLS	ORY	ORY	CDG	ORY	SXB	MPL	LYS	
I	I	I	A I	A I	I	I	I	I	15
									1
									1
									1
									1
									1
									1
									2
									1
x	x	x		x	x	x	x	x	13
									1
									1
									1
									2
									1
									2
									1
									2
									1
									1
									1
									2
									1
									2
									2
									1
			x x						2
			x						1
			x	x	x				6

Qualité de l'air extérieur en milieu aéroportuaire : étude métrologique

salariés, de façon à disposer d'un échantillon représentatif, et en comptabilisant le temps passé en piste sur les différentes tâches de travail effectuées pendant la vacation travaillée. Pour constituer un GEH, les résultats mesurés dans le groupe devaient être inclus dans l'intervalle compris entre la moitié et le double de la moyenne d'exposition. Un niveau moyen d'exposition a ensuite été calculé par GEH. Pour chaque polluant, la valeur mesurée a été comparée à la valeur limite d'exposition réglementaire (contraignante, indicative), quand elle existe.

Selon les substances, il s'agit de :

- la valeur limite moyenne d'exposition sur 8 heures (VLEP-8 h), destinée à protéger les travailleurs des effets à terme, mesurés ou estimés

sur la durée de travail de 8 heures. Elle peut être dépassée sur de courtes périodes sous réserve de ne pas dépasser la valeur limite court terme mesurée sur 15 mn (VLCT) ;

- la valeur limite court terme mesurée sur 15 mn (VLCT), destinée à protéger des effets des pics d'exposition.

Certaines substances ne disposent pas de valeur limite française (cas des particules diesel) [10] (tableau IV).

Pour les mesurages individuels, lorsque les durées de prélèvement ont couvert la totalité de la journée de travail ou une période jugée représentative, les concentrations mesurées étaient considérées égales à l'exposition sur 8 heures. En revanche, lorsque les durées effectives d'exposition ont couvert une

période inférieure ou supérieure à la durée de référence (8 h), l'équivalent exposition sur une durée de 8 heures a été calculé par la formule :  $E = (C * t) / T$  où C est la concentration sur la durée réelle de l'exposition, t la durée de la mesure et T la durée de la période de référence (8 h).

Pour les mesurages individuels, compte tenu de la variabilité des situations industrielles, la stratégie d'interprétation s'est basée sur la norme NF EN 689 [11] qui définit une méthodologie d'évaluation et de classification du risque à partir de l'indice d'exposition « I ». Celui-ci, exprimé en pourcentage, est le rapport de la concentration d'exposition sur 8 h (E) à la VLEP-8 h x 100. Si au moins un indice d'exposition est supérieur à 100 %, la valeur limite d'exposition est dépassée.

➤ TABLEAU IV : VALEURS LIMITES DES DIFFÉRENTS POLLUANTS MESURÉS LORS DES PRÉLÈVEMENTS INDIVIDUELS

Composé	N° CAS	VLEP en mg.m <sup>-3</sup> sur 8 h	VLCT en mg.m <sup>-3</sup> sur 15 mn	Texte de référence	Statut de la VLEP
acétaldéhyde	75-07-0	180		circulaire du 13/05/1987	indicative
benzène	71-43-2	3,25		décret n° 2012-746 du 09/05/2012	réglementaire contraignante
benzo(a)pyrène	50-32-8			Recommandation CNAM R 235 *	
carbone élémentaire pour les particules diesel	630-08-0	0,1		valeur TRK (valeur autrichienne retenue en l'absence de valeur française)	
dioxyde d'azote	10102-44-0		6	circulaire du 13/05/1987	indicative
formaldéhyde	50-00-0	0,61	1,23	circulaire du 12/07/1993	indicative
hydrocarbures C6- C12		1 000	1 500	circulaire du 12/07/1993	indicative
hydrocarbures benzéniques C9- C12		150		circulaire du 12/07/1993	indicative
monoxyde de carbone	630-08-0	55		circulaire du 08/03/1985	indicative
naphtalène	91-20-3	50		circulaire du 01/12/1983	indicative
monoxyde d'azote	10102-43-9	30		circulaire du 13/05/1987	indicative

N° CAS : Chemical Abstract Service. Identifiant unique de chaque substance chimique

VLEP : valeur limite d'exposition professionnelle sur 8 heures

VLCT : valeur limite court terme mesurée sur 15 minutes

CNAM : Caisse nationale de l'Assurance maladie des travailleurs salariés

\* Il s'agit d'un objectif provisoire de maintenir la teneur en Benzo(a)pyrène à une valeur inférieure à 150 ng.m<sup>-3</sup>

Si chaque indice d'exposition calculé pour une substance, dans un GEH, est inférieur à 10 %, alors il est considéré que la valeur limite d'exposition est respectée.

Dans les autres cas, des mesurages supplémentaires sont nécessaires pour pouvoir conclure sur le respect ou non de la valeur limite d'exposition.

Les équipements de protection individuelle respiratoire n'étant pas portés en zone aéroportuaire par les salariés, ils n'ont pas été pris en compte dans le calcul de l'exposition, ni de l'indice de l'exposition.

## RÉSULTATS

### MESURAGES FIXES AMBIANTS

Les 20 composés suivants ont été recherchés : 1-butanol, isopentane, 3-méthylheptane, acétone, acétonitrile, acide isobutyrique, benzène, chlorobenzène, chlorométhane, dichlorométhane, éthanol, éthylbenzène, hexane, cyclopentane, monoxyde d'azote, nonane, octane, pentane, toluène, xylènes.

Malgré des prélèvements effectués parfois même jusqu'en sortie

de réacteurs, les soixante et onze mesurages de COV et d'hydrocarbures C6-C12 ont retrouvé des niveaux très faibles, inférieurs aux limites de détection (données non disponibles) des méthodes d'analyse utilisées dans 32 cas (45 % des mesures) (tableau V).

### MESURAGES INDIVIDUELS

Deux cent vingt-huit mesurages ont été effectués concernant les 11 agents chimiques suivants : acétaldéhyde et formaldéhyde pour les aldéhydes, benzo(a)pyrène et

➤ TABLEAU V : RÉSULTATS DES 71 MESURAGES D'AMBIANCES DE COV ET D'HYDROCARBURES C6-C12

Composé	n° CAS	Nombre de mesurages	Valeur moyenne mesurée en mg.m <sup>-3</sup>	Valeur maxi mesurée en mg.m <sup>-3</sup>	VLEP (mg.m <sup>-3</sup> )	VLCT (mg.m <sup>-3</sup> )	Valeur limite réglementaire contraignante	Valeur limite réglementaire indicative
1-butanol	71-36-3	1	0,7000	/	/	150		
isopentane	78-78-4	5	1,2849	2,56	3000			x
3-méthylheptane	589-81-1	1	0,0800	/				
acétone	67-64-1	1	0,0147	/	1210	2420	x	
acétonitrile	75-05-8	6	0,6162	1,18	70	/	x	
acide isobutyrique	79-31-2	5	0,0678	0,0986				
benzène	71-43-2	2	0,0022	0,00244	3,25	/	x	
chlorobenzène	108-90-7	1	0,0100	/	23	70	x	
chlorométhane	74-87-3	5	0,2110	0,211	105	210		x
dichlorométhane	75-09-2	5	0,8275	1,46	178	356	x	
éthanol	64-17-5	7	0,1317	0,215	1950	9500		
éthylbenzène	100-41-4	1	0,0150	/	88,4	442	x	
hexane	110-54-3	6	0,1235	0,197	72	/	x	
cyclopentane	287-92-3	1	0,0400	/	1720	/		
monoxyde d'azote	10102-43-9	1	0,0175	/	30			
nonane	111-84-2	5	0,0152	0,0394	1050	/		
octane	111-65-9	5	0,0030	0,0034	1450	/		
pentane	109-66-0	5	0,0986	0,0986	3000	/	x	
toluène	108-88-3	7	0,0166	0,0394	76,8	384	x	
xylènes	1330-20-7	1	0,0280	/	221	442	x	
<b>TOTAL</b>		<b>71</b>						

VLEP : valeur limite d'exposition professionnelle sur 8 heures

VLCT : valeur limite court terme sur 15 minutes

Qualité de l'air extérieur en milieu aéroportuaire : étude métrologique

naphtalène pour les HAP, hydrocarbures C6-C12 et hydrocarbures benzéniques C9-C12, benzène, monoxyde d'azote, dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), monoxyde de carbone (CO) et particules diesel (tableau VI).

Aucun indice moyen d'exposition n'est supérieur à 100 %.

Pour deux polluants non spécifiques des émissions de moteurs d'avion (NO<sub>2</sub> et les particules diesel), l'indice moyen d'exposition a été compris entre 10 et 100 %. Il s'agit d'une part des particules diesel (trente mesurages réalisés lors de six campagnes de mesure différentes et concernant les six métiers étudiés : agent d'escale, mécanicien engins de piste, mécanicien avion, tractiste, agent fret, agent support cabine, sur les trois

sites de Roissy, Orly et Toulouse). L'indice moyen d'exposition est de 27,87 % avec un écart-type élevé de 21,25 % traduisant la dispersion des valeurs mesurées et un maximum de 98 % (tableau VII). En l'absence de valeur limite française pour les particules diesel, il a été choisi de se référer aux valeurs autrichiennes (tableau IV).

Le dioxyde d'azote constitue le second polluant pour lequel l'indice d'exposition moyen est compris entre 10 et 100 % (19 %), mais on ne dispose que de trois mesurages, avec des résultats en dessous de la limite de quantification (LQ) de la méthode utilisée (par défaut de sensibilité de la méthode), ce qui ne permet pas de conclure.

Pour 9 polluants, l'indice moyen

d'exposition est inférieur à 10 % et le plus souvent inférieur à 1 % (tableau VI).

Concernant le benzène, 106 mesurages ont été effectués sur les neuf aéroports et pour tous les métiers de la plate-forme aéroportuaire (sauf l'agent fret). L'indice d'exposition moyen est de 1,5 %, avec un maximum à 4,6 % (tableau VIII).

Les polluants plus spécifiques d'une exposition au kérosène ont également été mesurés à des niveaux très faibles : hydrocarbures C6-C12 et hydrocarbures benzéniques C9-C12 pour lesquels les indices d'exposition calculés sont tous inférieurs à 1 % (en valeur moyenne et en valeur maximale) sur les 38 mesurages effectués pour 5 métiers (tous sauf l'agent fret).

➤ TABLEAU VI : RÉSULTATS DES 228 MESURAGES INDIVIDUELS

Composé	N° CAS	Nombre de mesurages	Indice d'exposition en %			Classification cancérogène
			Valeur moyenne	Écart-type	Valeur maximale	
particules diesel		30	27,87	21,25	98	CIRC : groupe 1
dioxyde d'azote	10102-44-0	3	17	0	17	
benzo(a)pyrène	50-32-8	6	4,738	0,58	5,3	CLP: Catégorie 1B
monoxyde de carbone	630-08-0	12	2,83	1,34	6	
benzène	71-43-2	106	1,54	0,54	4,6	CLP : Catégorie 1A CIRC : groupe 1
formaldéhyde	50-00-0	12	0,95	0,4	1,5	CLP : Catégorie 1 B
monoxyde d'azote	10102-43-9	3	0,79	0,02	0,81	
hydrocarbures C6-C12		35	0,15	0,14	0,32	
hydrocarbures benzéniques C9-C12		3	0,06	0	0,06	
naphtalène	91-20-3	6	0,03	0,02	0,042	CLP : Catégorie 2 CIRC : groupe 2B
acétaldéhyde	75-07-0	12	0,003	0,00025		CLP : Catégorie 2 CIRC : groupe 2B
<b>TOTAL</b>		<b>228</b>				

CIRC : Centre international de recherche sur le cancer  
CLP : Classification, labelling and packaging



➤ **TABLEAU VII : INDICE D'EXPOSITION AUX PARTICULES DIESEL PAR MÉTIER ET PAR CAMPAGNE**

ESCALE	CDG	ORY	TLS	ORY	CDG	ORY
DATE DE CAMPAGNE	sept-05	sept-07	juil-09	août-11	sept-11	oct-11
Agents d'escale « touchée avion »	44 % et 86 %	12,20 %	14 %	21 %		
Agents « fret »			< 12 % et 18 %			
Mécaniciens « avion piste »			< 12 %		< 18 %	< 24 %
Mécaniciens « engins spéciaux »		31 %	31 %			
Tractistes		98 %			< 14 %	23 %
Agents « support cabine»						13 %

➤ **TABLEAU VIII : INDICE D'EXPOSITION AU BENZÈNE PAR CAMPAGNE ET PAR MÉTIER**

	Agent « escale »	Mécanicien « engins spéciaux »	Mécanicien « avion »	Agent « support cabine »	Tractiste
Marseille	< 1,2 à 1,4 %	< 1,2 à 1,4 %			
Nice	< 1,2 à 1,3 %	< 1,2 à 1,3 %			
Toulouse 2009		< 0,4 %			
Toulouse 2011	< 1,3 %	< 1,3 %			
Bordeaux	< 1,65 à 2,2 %	< 1,94 à 3,02 %			
Orly	1,56 %	1,65 %	< 1,5 %	< 1,4 %	< 1,3 %
CDG juil- 2011	< 1,6 %	< 1,6 %			
CDG sept- 2011			< 1,3 %	< 1,4 %	< 1,4 %
Lyon	< 1,3 %	0,76 %			
Montpellier	< 1,4 %	< 1,5 %			
Strasbourg	< 1,9 %	4,6 %			

Parmi les 19 HAP particulières recherchés en métrologie individuelle (naphtalène, 2-méthyl-naphtalène, acénaphthène, fluorène, phénanthrène, anthracène, fluoranthène, pyrène, 2-méthylfluoranthène, benzo(a)anthracène, chrysène, benzo(b)fluoranthène, benzo(j)-fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, benzo(a)pyrène, benzo(e)pyrène, dibenzo(a,h)anthracène, benzo(g,h,i)pérylène, indeno (1-2-3-cd)pyrène), lors des

campagnes de septembre 2005 à CDG et de septembre 2007 à Orly, 17 sont à des niveaux indétectables avec la méthode utilisée. Deux HAP ont pu être détectés et mesurés : le benzo(a)pyrène, classé cancérigène catégorie 1B et mutagène catégorie 1B (règlement CLP), pour lequel l'indice d'exposition moyen est inférieur à 5 % : 4,73 % (avec une valeur maximale à 5,3 %), et le naphtalène dont l'indice d'exposition moyen est 0,03 %.

## DISCUSSION

### LIMITES DE L'ÉTUDE

Les contraintes budgétaires n'ont pas permis de répéter les mesurages des mêmes familles de polluants lors de chacune des quinze campagnes réalisées : le mesurage du benzène (pour lequel un cas de maladie professionnelle a été rapporté) et celui des particules diesel (indice d'exposition compris entre 10 et

## Qualité de l'air extérieur en milieu aéroportuaire : étude métrologique



© Tiphaine Lemoine - Air France

100 % de la VLEP) ont été privilégiés avec 30 mesurages individuels pour les particules diesel et 106 mesurages individuels pour le benzène.

La pollution aéroportuaire est une préoccupation environnementale ; les méthodes de mesure utilisées ici pour l'évaluation de l'exposition professionnelle, ont une sensibilité qui, le plus souvent, ne permet pas d'affirmer que les normes environnementales ont été respectées.

Ainsi, les résultats n'ont pas été comparés aux taux de pollution fournis par Airparif ou la maison de l'environnement des établissements d'Aéroports de Paris (ADP). Les méthodes d'analyse utilisées et les valeurs limites n'étaient pas superposables selon que soient prises en compte des normes professionnelles ou environnementales. Par exemple, pour le monoxyde de carbone, la VLEP indicative est de 50 ppm (soit 55 mg.m<sup>-3</sup>) alors que

3. carburant utilisé dans l'aviation civile

les niveaux environnementaux sont très inférieurs de l'ordre d'un facteur 5 ou plus.

Pour les mesurages atmosphériques, seule la voie d'exposition inhalatoire est prise en compte. Ainsi il n'a pas été possible d'apprécier s'il existait une contamination par voie cutanée (comme pour l'acétonitrile, voire le benzène) ou par voie digestive des salariés exposés. Seuls des examens de biométrie auraient pu le permettre mais ils ne sont disponibles que pour un nombre de polluants limités parmi ceux qui ont été mesurés (benzène, benzo(a)pyrène, naphthalène, CO, toluène, xylènes...).

Enfin, certains composés n'ont pas été jugés suffisamment pertinents pour être mesurés dans le cadre de cette étude sur la qualité de l'air en milieu aéroportuaire ; c'est notamment le cas du dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) dont les émissions dans ce contexte sont marginales et à mettre en relation avec la teneur en soufre du carburéacteur (moins de 0,3 % en masse pour le JetA1<sup>3</sup>) [3].

### MESURES AMBIANTES

Elles concernent 20 composés différents et 71 mesurages. Les concentrations mesurées sont, dans près de la moitié des cas (32), inférieures aux limites de quantification des méthodes utilisées, et ce bien que les mesurages aient été effectués jusqu'en sortie de réacteur. Ce qui témoigne d'une exposition très faible aux résidus de combustion de Jet fuel et/ou de la combustion des moteurs.

Comparativement aux valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP et VLCT lorsqu'elles existent), les concentrations maximales sont le plus souvent inférieures à 1 % de la valeur limite (la plus forte exposition étant celle à l'acétonitrile où la valeur maximale mesurée

atteint 1,7 % de la VLEP). Les mesurages ne mettent pas en évidence la présence de composés mesurés à des concentrations importantes et ce quelles que soient les zones au sein des plates-formes aéroportuaires étudiées.

### MESURES INDIVIDUELLES

L'absence d'indice moyen d'exposition supérieur à 100 % sur les 228 mesurages réalisés pour 11 polluants différents, traduit l'absence de dépassement de la valeur limite d'exposition pour chacun des polluants mesurés.

Les indices d'exposition moyens pour 9 des 11 polluants sont inférieurs à 10 %, et le plus souvent inférieurs à 1 %, ce qui témoigne d'une exposition pouvant être considérée comme faible. À noter cependant que pour le CO et deux cancérigènes, le benzo(a)pyrène et le benzène, les indices d'exposition moyens sont entre 1 % et 5 %, témoignant d'une exposition, sachant que, d'après les informations disponibles [12], la teneur en benzène des carburéacteurs aéronautiques est comprise entre 0,004 et 0,014 %.

Dans le cadre particulier de l'enquête métrologique réalisée suite au cas déclaré et reconnu de maladie professionnelle au titre du tableau 4 : « *Hémopathies provoquées par le benzène et tous les produits en renfermant* » (avec une liste indicative de travaux), les résultats des mesures de benzène prennent toute leur valeur.

Pour les hydrocarbures C6-C12, les hydrocarbures benzéniques C9-C12, les aldéhydes, le monoxyde de carbone et l'oxyde d'azote, au vu des indices d'exposition tous inférieurs à 1 %, l'exposition peut être considérée comme à risque faible.

Pour le dioxyde d'azote, la limite de quantification de la méthode utilisée (3 µg.m<sup>-3</sup>) ne permet pas actuellement de préciser l'exposi-

tion en deçà de 17 % de la VLEP.

Pour les particules diesel, les indices d'exposition sont compris entre 12 et 98 % de la valeur-guide autrichienne (de 0,1 mg.m<sup>-3</sup> en carbone élémentaire), avec une moyenne à 27,87 % ; on peut considérer que l'impact des véhicules à motorisation diesel est significatif.

Parmi les différents métiers étudiés, l'exposition des opérateurs de piste (tractistes et mécaniciens engins spéciaux) est supérieure à celle des opérateurs de la touchée (type chargement des bagages avion), probablement en raison du contact plus rapproché et prolongé avec des engins de piste eux-mêmes plus polluants (comme les tracteurs avions) et dont les moteurs sont souvent maintenus en fonctionnement au point mort. Compte tenu des résultats élevés et fluctuants des taux de particules diesel chez les opérateurs de piste de certains aéroports, d'autres mesures sont envisagées, comme le renouvellement du parc de véhicules de piste. Ces situations d'expositions professionnelles nécessitent une surveillance accrue et la mise en place de mesures de prévention renforcées, d'autant que les particules diesel ont été reconnues cancérogènes certains pour l'homme (groupe 1) par le CIRC en 2012 [13]. Les sources supposées sont principalement les imbrûlés des engins circulant sur la plate-forme.

### CONSÉQUENCES SUR LE SUIVI MÉDICAL DES SALARIÉS EXPOSÉS

Au vue des résultats obtenus lors des différentes campagnes de mesurages (notamment pour les particules diesel) et des données de la littérature médicale [3, 14, 15], les médecins du travail se sont interrogés sur les effets possibles sur la santé et les modalités de surveillance médicale à mettre en place

ou non pour les salariés de la piste. Une étude complémentaire a ainsi été effectuée en 2012 visant, d'une part à rechercher et caractériser la présence de nanoparticules dans l'environnement et les condensats d'air exhalé de 471 mécaniciens « piste » des aéroports de CDG et de Marseille, d'autre part à étudier les fonctions respiratoires par la réalisation de courbes débit volume. Bien que la présence sur le tarmac de concentrations élevées de particules nanométriques ait été retrouvée, elles ne sont identifiées dans les condensats d'air exhalé qu'à des concentrations faibles, sans qu'aucune différence ne soit mise en évidence entre personnes fortement et faiblement exposées aux particules. La fonction respiratoire des sujets étudiés reste dans les valeurs considérées comme « normales » et aucune différence entre personnes fortement exposées et faiblement exposées n'est montrée.

Par ailleurs, une étude de mortalité a été effectuée, en lien avec l'Institut de veille sanitaire (InVS), ciblant les métiers (dont les mécaniciens « avions piste », les tractistes et les agents « support cabine ») et les nuisances professionnelles (21 nuisances étudiées, dont l'exposition aux intempéries qui correspond en pratique au travail en piste à l'extérieur, à proximité des avions). La cohorte était constituée de 24 277 salariés de l'ensemble du secteur industriel (chaudronniers, mécaniciens atelier, plasturgistes, peintres, agents réservoir carburant, agents logistique, agents bureaux techniques, encadrement...) ayant travaillé sur les escales de Roissy, Orly et Toulouse pendant au moins un an, entre 1968 et 2008 (22 299 hommes et 1 978 femmes). Sur cette période, il n'a pas été observé d'excès de décès toutes causes confondues par rapport à la population générale française.

Dans les analyses comparant les hommes ayant été exposés (faiblement ou fortement) aux intempéries au cours de leur carrière et ceux non exposés, aucune différence de mortalité toutes causes confondues n'est observée. De même, aucune augmentation du risque de décès n'est notée, avec des durées d'exposition cumulées importantes au cours de la carrière. Dans les analyses par cause de décès, aucun excès significatif de décès par maladies de l'appareil circulatoire ou de l'appareil respiratoire n'est noté. Aucun décès lié à une atteinte hématologique et/ou des organes hématopoïétiques – correspondant à des anémies, aplasies et anomalies de la coagulation, hémopathies citées dans le tableau de maladie professionnelle n° 4 –, n'est observé dans le groupe exposé à la nuisance « intempéries ». Dans ce même groupe, parmi les 65 causes de décès analysées, un excès de risque, statistiquement significatif, est observé uniquement pour les situations accidentelles (accidents de transport, chutes ou intoxications accidentelles). Un des résultats marquant de cette étude est l'excès significatif de décès par mélanome chez les hommes par rapport à la population française ; cet excès n'apparaît pas lié à la nuisance « intempéries » au cours de la carrière professionnelle.

Ces différentes observations ont amené les médecins du travail à ne pas mettre en place de surveillance médicale spécifique des salariés exposés à des nuisances chimiques en rapport avec le travail en zone aéroportuaire, dans une démarche partagée et harmonisée des pratiques médicales.

En revanche, l'exposition aux particules diesel a été ajoutée comme nuisance dans la fiche individuelle d'exposition (FIE) du dossier médical des agents travaillant à l'exté-

### Qualité de l'air extérieur en milieu aéroportuaire : étude métrologique

rieur en zone aéroportuaire, ce qui permet d'alerter le médecin du travail mais n'impose pas la réalisation d'examen complémentaires systématiques. Il a été demandé que l'exposition aux particules puisse aussi être notifiée par l'employeur dans le document unique, sans toutefois conseiller le port systématique d'appareil de protection respiratoire compte tenu des niveaux mesurés.

Enfin, certains salariés travaillant en piste et présentant une pathologie respiratoire de type asthme sévère ou bronchopneumopathie chronique obstructive ont fait l'objet d'un suivi médical personnalisé, avec une fréquence de visites médicales accrue ; une décision de reclassement à un poste ne comportant pas de travail extérieur en piste a, dans certains cas, été prise.

## CONCLUSION

Quinze campagnes successives de mesurages ont été réalisées sur quatre années différentes afin d'évaluer l'exposition professionnelle à près de 30 polluants regroupés en 6 familles chimiques (oxydes d'azote, composés organiques volatiles, hydrocarbures aromatiques polycycliques, monoxyde de carbone, particules en suspension, aldéhydes) de salariés travaillant en piste. Ces salariés occupaient des fonctions différentes : agents d'escale, mécaniciens « avion », mécaniciens « engins de piste », agents fret, tractistes, agents support cabine. Cela représente un total de 299 analyses effectuées, dont 228 mesurages individuels.

Comparativement aux valeurs limites d'exposition professionnelle, quand elles existent, ou aux autres valeurs de référence, les niveaux

d'exposition mesurés sont globalement faibles, le plus souvent inférieurs à 1 % de la valeur limite choisie voire inférieurs aux limites de quantification des méthodes d'analyse utilisées et ce quelles que soient les zones au sein des plateformes aéroportuaires étudiées.

Compte tenu d'un indice d'exposition moyen de 27,87 % avec une valeur maximale de cet indice mesurée de 98 %, l'exposition aux particules diesel est toutefois à surveiller et nécessite la mise en place de mesures de prévention collective visant à réduire les émissions (remplacement du parc de véhicules diesel par des véhicules électriques et mise en place de filtres à particules...). Des études complémentaires, afin d'évaluer les expositions

aux particules ultrafines, ont été initiées.

Un suivi médical personnalisé a été mis en place pour certains salariés travaillant en piste. La fiche individuelle d'exposition (FIE) des agents travaillant « en piste » à l'extérieur en zone aéroportuaire a été complétée afin d'assurer la traçabilité individuelle des expositions.

### Remerciements

Les auteurs de l'article remercient les infirmières des services de santé d'Air France qui ont participé à l'organisation et à la réalisation des mesurages.

## POINTS À RETENIR

- Les principaux polluants de l'air extérieur en zone aéroportuaire sont constitués par les hydrocarbures aromatiques polycycliques, les composés organiques volatils, les gaz inorganiques (oxydes d'azote, monoxyde de carbone) et les particules.
- Les mesurages ambiants réalisés ne mettent pas en évidence d'exposition supérieure aux valeurs limites d'exposition ou aux valeurs de référence des différents polluants chimiques identifiés.
- Les mesurages ambiants ne permettent pas de définir des zones à risque au niveau des lieux de travail.
- Les mesurages individuels de benzène et du benzo(a)pyrène, cancérigènes connus, sont inférieurs à 5 % de la valeur limite d'exposition professionnelle et souvent de l'ordre de la limite de quantification.
- L'exposition aux particules diesel, bien qu'inférieure à la valeur limite d'exposition professionnelle autrichienne, est à surveiller et nécessite la mise en place de mesures de prévention collective visant à réduire les multiples sources d'émissions en zone aéroportuaire.
- Il n'a pas été mis en place de surveillance médicale pulmonaire spécifique pour les agents travaillant à l'extérieur en zone aéroportuaire à proximité des avions.
- L'exposition aux particules diesel a été intégrée dans la fiche individuelle d'exposition des salariés et dans le document unique afin d'assurer la traçabilité des expositions.



## BIBLIOGRAPHIE

- 1 | **EL YAMANI M** - Environnements et milieux. Pollution atmosphérique urbaine. ANSES, 2006 ([www.afssa.fr/ET/DocumentsET/21\\_pollution\\_atmosphérique\\_urbaine.pdf](http://www.afssa.fr/ET/DocumentsET/21_pollution_atmosphérique_urbaine.pdf)).
- 2 | Particules fines dont diesel et risque de cancer. Collection Fiche repère. Boulogne Billancourt : Institut national du cancer ; 2013 : 8 p.
- 3 | Qualité de l'air et aéroports. Rapport du groupe de travail air et transports. Conseil supérieur d'hygiène publique de France. Section des milieux de vie. Cachan : Lavoisier ; 2007 : 114 p.
- 4 | Surveillance de la qualité de l'air en Île-de-France. Étude de la qualité de l'air sur l'ensemble du secteur limitrophe des plates-formes aéroportuaires de Roissy-Charles de Gaulle et du Bourget. AIRPARIF, 2003 ([www.airparif.asso.fr/\\_pdf/publications/RRoissy04.pdf](http://www.airparif.asso.fr/_pdf/publications/RRoissy04.pdf)).
- 5 | Surveillance de la qualité de l'air en Île-de-France. Étude de la qualité de l'air sur l'ensemble du secteur limitrophe de la plate-forme aéroportuaire d'Orly. AIRPARIF, 2004 ([www.airparif.asso.fr/\\_pdf/publications/ROrly.pdf](http://www.airparif.asso.fr/_pdf/publications/ROrly.pdf)).
- 6 | Évaluation de la qualité de l'air autour d'un aéroport. Guide technique. Direction générale de l'aviation civile. Bonneuil-sur-Marne : Direction générale de l'aviation civile ; 2015 : 72 p.
- 7 | **PUENTE-LELÉVRE C** - La qualité de l'air en milieu aéroportuaire : étude sur l'aéroport de Paris-Charles de Gaulle. Thèse de doctorat pour l'obtention du grade de docteur en sciences de l'univers et de l'environnement. Paris : Université Paris XII ; 2009 : 205 p.
- 8 | **CHILDERS JW, WITHERSPOON CL, SMITH LB, PLEIL JD** - Real-time and integrated measurement of potential human exposure to particle-bound polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) from aircraft exhaust. *Environ Health Perspect*. 2000 ; 108 (9) : 853-62.
- 9 | **DONNE JP** - Prévention en piste : 1. Le bruit, 2. La pollution chimique et particulaire. *Méd Aéronaut Spat*. 2003 ; 43 (162) : 6-9.
- 10 | **COURTOIS B, CADOU S** - Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France. 3<sup>e</sup> édition. Aide-mémoire technique. Édition INRS ED 984. Paris : INRS ; 2012 : 28 p.
- 11 | Atmosphères des lieux de travail. Conseils pour l'évaluation de l'exposition aux agents chimiques aux fins de comparaison avec des valeurs limites et stratégie de mesure. Norme française homologuée NF EN 689. Juillet 1995. Indice de classement X 43-279. Paris-La Défense : AFNOR ; 1995 : 37 p.
- 12 | **KLERLEIN M, JEANDEL F, DAUPHIN P, BROSSIN C ET AL.** - Benzene Exposure Due to Jet Fuel A1 in Civil Aircraft Maintenance : Results of a Pilot Study. Paper presented at the 7th International Symposium on Biological Monitoring in Occupational and Environmental Health, September 2007, Beijing, China (*non publié*).
- 13 | Diesel and gasoline engine exhausts and some nitroarenes. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Volume 105. Lyon : IARC ; 2013 : 703 p.
- 14 | **TOURI L, MARCHETTI H, SARI-MINODIER I, MOLINARI N ET AL.** - The airport atmospheric environment respiratory health at work. *Eur Respir Rev*. 2013 ; 22 (128) : 124-30.
- 15 | **TUNNICLIFFE WS, O'HICKEY SP, FLETCHER TJ, MILES JF ET AL.** - Pulmonary function and respiratory symptoms in a population of airport workers. *Occup Environ Med*. 1999 ; 56 (2) : 118-23.

# RÉFÉRENCES EN SANTÉ AU TRAVAIL EST AUSSI SUR INTERNET



The screenshot displays the homepage of the website 'Références en Santé au Travail'. At the top, there is a navigation bar with links for 'Ma sélection', 'Flux RSS', 'Summaries in English', 'La revue en PDF', and 'Contactez la rédaction'. The main header features the 'inrs' logo and the site title 'RÉFÉRENCES EN SANTÉ AU TRAVAIL' with a search bar and a link to the 'Index de la revue de A à Z'. Below the header, there are several menu items: 'Grand angle', 'Vu du terrain', 'Pratiques & métiers', 'Suivi pour vous', 'Mise au point', 'Outils repères', and 'Infos à retenir'. The main content area is divided into several sections:

- Accueil:** A large image showing a person in a white lab coat working in a laboratory, with a caption: 'Dermatites de contact professionnelles dans l'industrie et les laboratoires pharmaceutiques'. Below the image, there is a paragraph of text and a link: '→ Dermatites de contact professionnelles dans l'industrie et les laboratoires pharmaceutiques'.
- En bref:** A list of short news items with arrows pointing to the right: 'Rayonnements ionisants à faible dose et mortalité par cancer', 'Un nouveau numéro de la revue Références en santé au travail vient de paraître', 'Radioprotection', 'Infection chronique par le virus de l'hépatite B', and 'Développement professionnel continu'. A link 'TOUTES LES BRÈVES' is provided at the bottom.
- Fiches thématiques:** A list of thematic articles with arrows: 'Alergologie professionnelle', 'Radioprotection : secteur médical', 'Reques psychosociaux : outils d'évaluation', and 'Tableaux de maladies professionnelles : commentaires'.
- Vos questions / nos réponses:** A section for questions and answers with arrows: 'Les dernières questions posées', 'Les questions les plus consultées', and 'Posez vos questions'.
- Agenda / Formations:** A list of dates and events: '01/09/2015 Université de Rennes 1 - Institut universitaire de santé au travail', '01/10/2015 Université de Rennes 1 - Institut universitaire de santé au travail', and '01/11/2015 Université de Rennes 1 - Institut universitaire de santé au travail'. A link 'TOUTES LES DATES' is provided at the bottom.
- En pratique:** A section for practical resources with arrows: 'Abonnez-vous', 'La revue en PDF', 'Proposez un article', and 'Recommandations aux auteurs'.

At the bottom of the page, there are two small boxes: 'Le numéro en cours Au sommaire' and 'Proposition de méthode pour identifier et observer des postes de travail potentiellement exposés aux nanomatériaux'.

RETROUVEZ SUR LE SITE  
**rst-sante-travail.fr**

**TOUS LES ARTICLES PUBLIÉS DANS LA REVUE**  
RÉFÉRENCES EN SANTÉ AU TRAVAIL