

Pollution atmosphérique :

principaux polluants réseaux de surveillance



Claude BEAUBESTRE

9 décembre 2011

Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris (LHVP)
11, rue George Eastman 75013 Paris

1

Sommaire

- Loi sur l'air
- Principaux polluants
- Réseaux de surveillance de la qualité de l'air
- Perspectives d'évolution de la surveillance de la qualité de l'air

2

Loi sur l'air n°96-1236 du 30/12/96

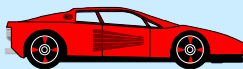
- Droit à chacun à respirer un air qui ne nuise pas à sa santé
 - Prévenir, surveiller, réduire ou supprimer la pollution atmosphérique pour préserver la qualité de l'air
- L'État assure la **surveillance** de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et l'environnement
 - La surveillance est confiée à des organismes agréés qui associent des représentants de l'Etat, des collectivités territoriales, des activités émetteurs de polluants, des associations, des personnalités qualifiées
- L'État définit des **objectifs de qualité**, des seuils d'alerte, des valeurs limites
- L'État assure l'**information** du public sur la qualité de l'air et de ses effets sur la santé

→ Aujourd'hui, surveillance de la pollution extérieure

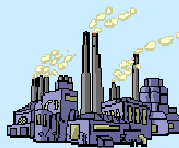
3

Quelles sont les sources de pollution ?

Les installations industrielles



Les transports



Le secteur résidentiel et tertiaire



Les activités agricoles



Les réactions chimiques et photochimiques dans l'atmosphère

Les principaux polluants urbains



Le dioxyde de soufre

(Dépend de la teneur en S des combustibles)



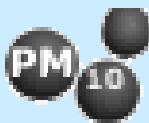
Le monoxyde de carbone

(Trafic routier)



Le dioxyde d'azote

(Toutes combustions: transport...)



Les particules → métaux, HAP...

(Transport routier, combustions industrielles, chauffage domestique, incinération des déchets, réactions atmosphériques...)

Rayonnement UV



L'ozone



Les Composés

Organiques Volatils

(Evaporation carburants, gaz d'échappement, processus industriels, usage domestique de solvants)

Réseaux de surveillance de la
qualité de l'air

Associations agréées pour la surveillance de la qualité de l'air (AASQA)

- **40 AASQA en France**
- **Missions:**
 - Surveiller la qualité de l'air
 - Prévoir les épisodes de pollution
 - Evaluer l'impact des mesures de réduction des émissions
 - Informer les autorités et les citoyens
- **Exemple d'utilisation des informations**
 - Procédure d'alerte, mesures d'urgence en cas de dépassement des seuils
 - Stratégie de réduction des émissions

7

Carte des AASQA



- 36 AASQA en métropoles et 4 dans les DOM TOM
- Coordination technique assurée par l'ADEME

8

Les stations de mesure

STATIONS DE FOND:

- **Stations urbaines et périurbaines:** placées à l'écart de toute source directe de pollution (industrielle ou automobile) : parcs, cours d'école, cités... Elles sont représentatives de la pollution générale du secteur géographique alentour. → Priorité: NO_x, O₃, PM, SO₂
- **Stations rurales:** A 50 km en moyenne d'une agglomération pour suivre les phénomènes de transfert de pollution par l'action du vent, l'impact de la pollution secondaire créée par des réactions chimiques atmosphériques (O₃, PM)
 - suivi de l'exposition des écosystèmes et des populations en zone rurale

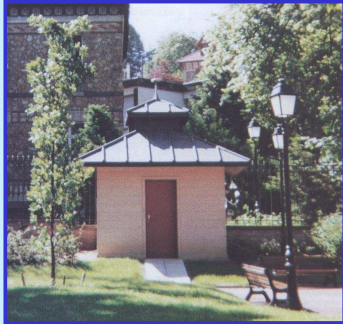
STATIONS DE PROXIMITE:

- **Stations trafics:** situées près des voies de circulation : sur le trottoir, à quelques mètres des pots d'échappement : NO_x, CO, PM, hydrocarbures...
 - permettent d'évaluer le risque maximal d'exposition auquel sont soumis les piétons ou les automobilistes dans leur voiture: Exposition de courte durée mais niveaux élevés
- **Stations industrielles:** informations sur les niveaux maxima d'exposition à proximité des zones industrielles (phénomènes de panaches ou d'accumulation)

9



EXEMPLES DE STATIONS URBAINES DE FOND EN REGION PARISIENNE



Issy-les-Moulineaux
92



Nogent-sur-Marne
94



LHVP –Paris 75013

Source AIRPARIF

11

EXEMPLES DE STATIONS « TRAFIC » DANS PARIS



Place Victor et
Hélène Basch 75014



Avenue des Champs-Élysées
75001



Porte d'Auteuil 75016
(bord du boulevard
périphérique)

Source AIRPARIF

12

Mesures avec des capteurs-analyseurs



Dosage de SO₂, NO et NO₂, O₃

13

Polluants réglementaires mesurés par analyseurs

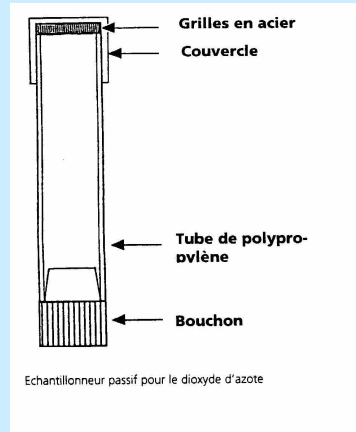
- Dioxyde de soufre SO₂
 - Fluorescence UV
- Monoxyde et dioxyde d'azote (NO, NO₂)
 - NO₂ par Chimiluminescence
- Ozone O₃
 - Absorption UV
- Monoxyde de carbone (CO)
 - Spectrométrie Infrarouge
- Hydrocarbures BTX (benzène, toluène, xylènes,...)
 - Chromatographie phase gazeuse + ionisation de flamme
- Particules PM₁₀ et PM_{2.5}
 - microbalance à élément oscillant (TEOM - FDMS)

14

Mesures par des capteurs à diffusion passive



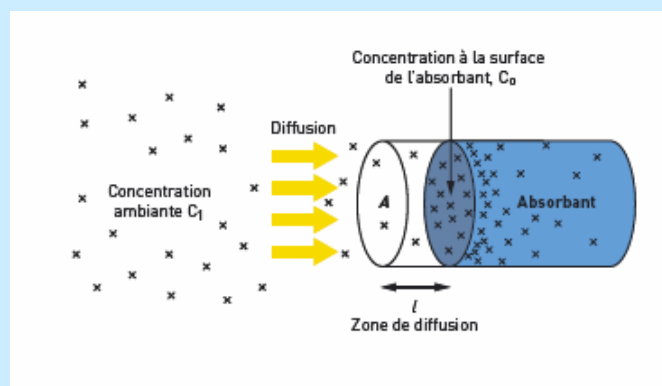
Pour la mesure des COV



Pour la mesure du dioxyde d'azote

15

Schéma de la diffusion axiale d'un polluant gazeux sur un badge de prélèvement passif



16

Avantages et inconvénients des échantillonneurs diffusifs

Avantages

- adapté au prélèvement individuel et en poste fixe
- discret, sans nuisance sonore, coût modéré
- bien adapté pour des mesures d'assez longues durées
- nombreuses mesures simultanées possibles (cartographie)

Inconvénients

- incertitudes plus importantes que pour prélèvement actifs (effets de la vitesse du vent, température...)
- étalonnage plus complexe
- peu adapté à des mesures de courtes durées (pics de pollution)

17

Prélèvements de gaz en sac ou en canister

canisters avec revêtement interne
en silice



Sac en tedlar



Mini- canister
Prélèvement individuel

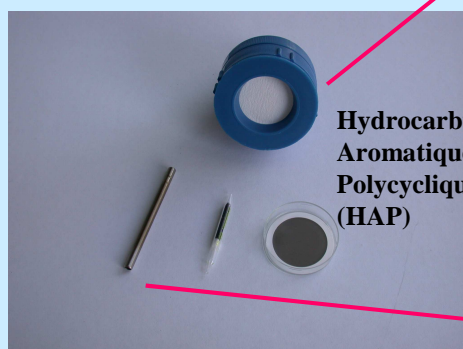


canister pour site fixe

18

Analyses au laboratoire

Métaux



Hydrocarbures
Aromatiques
Polycycliques
(HAP)



Composés Organiques
Volatils (COV)

19

LA SURVEILLANCE DE LA QUALITE DE L'AIR PAR LES RESEAUX DE MESURE

◆ Points forts

- ◆ mesures en continu sur des sites diversifiés (urbains et périurbains de fond et à proximité de sources de pollution)
- ◆ nombreux indicateurs de pollution mesurés simultanément sur des temps d'intégration courts (15min)
- ◆ méthodes de prélèvement et d'analyse en général standardisées et procédures d'assurance qualité.

◆ Points faibles

- ◆ mesures uniquement en atmosphère extérieure
- ◆ stations fixes (sauf utilisation de laboratoires mobiles)

20

Correspondance entre unités

$$C \mu\text{g}/\text{m}^3 = C \text{ ppbv} \times M/K$$

$$C \text{ mg}/\text{m}^3 = C \text{ ppmv} \times M/K$$

$$K = V_0 \times P_0 \times T / (T_0 \times P)$$

P = pression atmosphérique

P₀ = pression atmosphérique normale (1013 mbar)

T = température en °K

T₀ = 273 °C

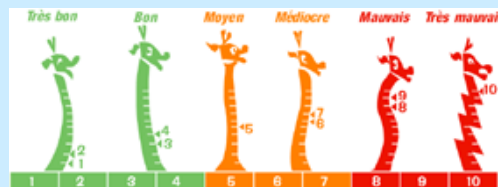
V₀ = volume molaire dans les conditions normales : 22,4 litres

Masse molaire du composé (g)

Ex : K = 24,04 à 20 °C et 1 013 mbars

21

Indice ATMO



- L'indice ATMO caractérise la qualité de l'air globale
- déterminé à partir des niveaux de pollution mesurés au cours de la journée par les stations de fond urbaines et périurbaines
- Prend en compte les traceurs des activités de transport, urbaines et industrielles: SO₂, PM, NO₂, O₃
- Pour chaque polluant un sous-indice est calculé

22

Grilles de calcul des 4 sous-indices

Moyenne des moyennes journalières des différents sites			Moyenne des maximas horaires des différents sites			Moyenne des maximas horaires des différents sites			Moyenne des maximas horaires des différents sites		
sous- indice Partic ules	seuil min. en µg/m ³	seuil max. en µg/m ³	sous- indice NO2	seuil min. en µg/m ³	seuil max. en µg/m ³	sous- indice O3	seuil min. en µg/m ³	seuil max. en µg/m ³	sous- indice SO2	seuil min. en µg/m ³	seuil max. en µg/m ³
1	0	9	1	0	29	1	0	29	1	0	39
2	10	19	2	30	54	2	30	54	2	40	79
3	20	29	3	55	84	3	55	79	3	80	119
4	30	39	4	85	109	4	80	104	4	120	159
5	40	49	5	110	134	5	105	129	5	160	199
6	50	64	6	135	164	6	130	149	6	200	249
7	65	79	7	165	199	7	150	179	7	250	299
8	80	99	8	200	274	8	180	209	8	300	399
9	100	124	9	275	399	9	210	239	9	400	499
10	> = 125		10	> = 400		10	> = 240		10	> = 500 ₂₃	

Procédure d'alerte en Ile de France

- **Objectif:** réduire ou supprimer l'émission de polluants dans l'atmosphère en cas de pointe de pollution afin d'en limiter les effets sur la santé humaine et sur l'environnement
- Procédure définie par arrêté interprefectoral en cas d'épisode de pollution
- 4 polluants concernés en IdF: SO₂, O₃, NO₂, PM10
- Deux niveaux de gravité croissante:
 - **Niveau d'information et de recommandation:** niveau de concentration de polluants dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée a des **effets limités et transitoires sur la santé** des catégories de la population particulièrement sensibles (enfants, personnes âgées, asthmatiques et insuffisants respiratoires chroniques)
 - Information de la population
 - Recommandations sanitaires aux personnes sensibles
 - Recommandations et mesures visant à réduire certaines émissions polluantes
 - **Niveau d'alerte:** niveau de concentration de polluants dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée présente un **risque pour la santé humaine ou de dégradation de l'environnement**, et à partir duquel des mesures d'urgence doivent être prises
 - Pour l'O₃, le NO₂ et le SO₂: mesures de restriction ou de suspension des activités concourant à la pollution (industries et transports)

Seuils d'information et de recommandation et seuils d'alerte du nouvel arrêté inter-préfectoral d'information et d'alerte avec prise en compte des particules

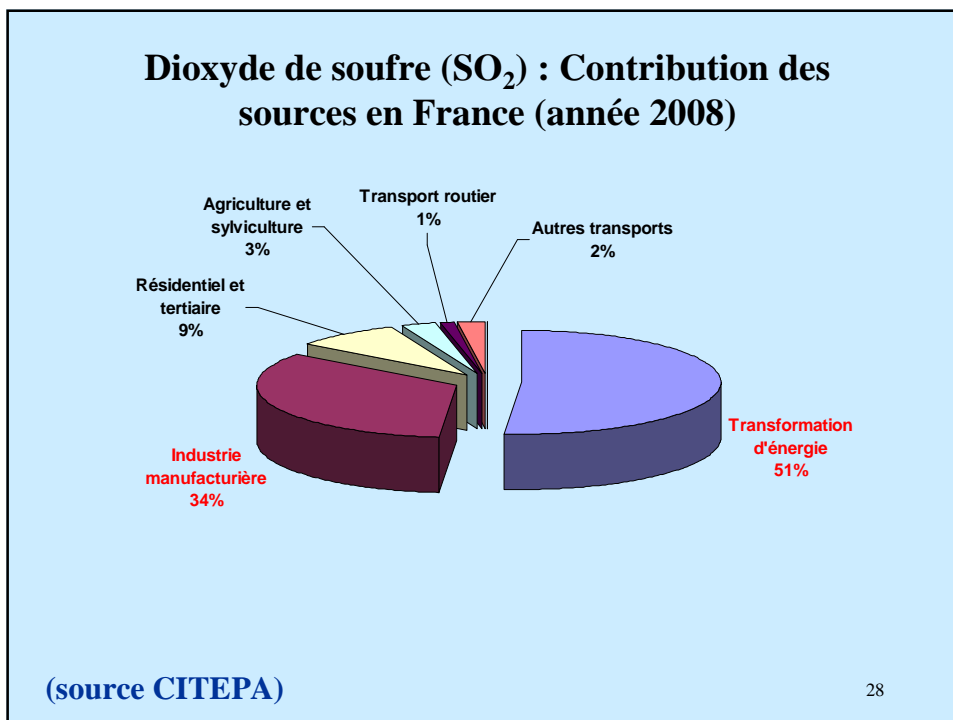
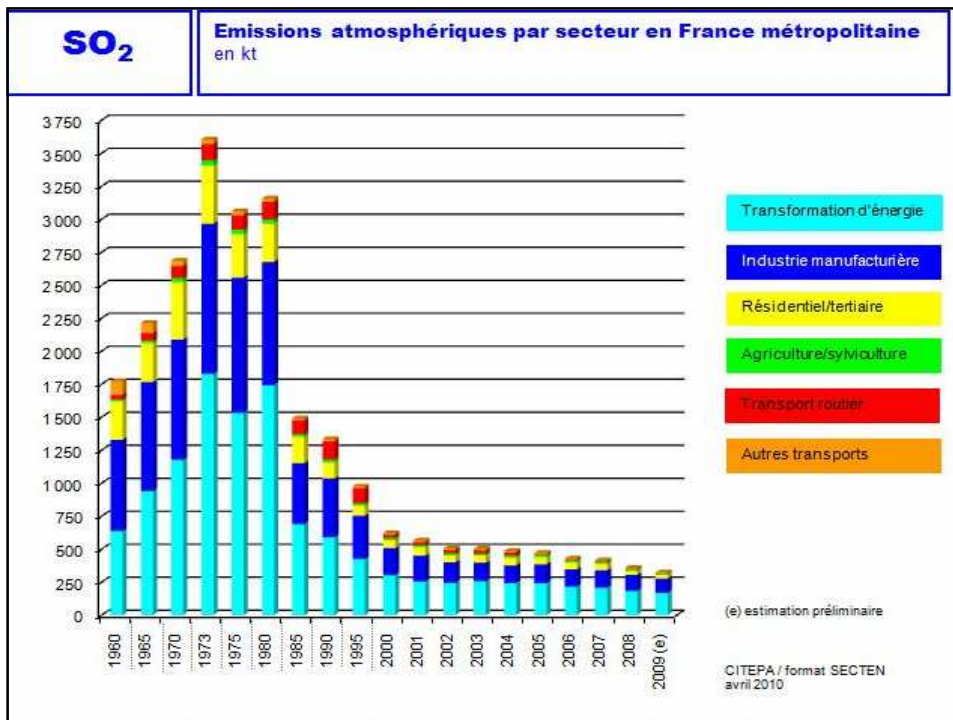
Arrêté n° 2011 - 00832 du 27 octobre 2011

	Dioxyde d'azote NO ₂	Dioxyde de Soufre SO ₂	Ozone O ₃	Particules PM10
Seuils du niveau d'information et de recommandations	200 µg/m³ <i>(moyenne horaire)</i>	300 µg/m³ <i>(moyenne horaire)</i>	180 µg/m³ <i>(moyenne horaire)</i>	50 µg/m³ <i>en moyenne sur une période de 24h (de 0h à 24h)</i>
Seuils du niveau d'alerte	400 µg/m³ <i>(moyenne horaire)</i> ou 200 µg/m³ <i>(moyenne horaire)</i> <i>si la procédure d'information et de recommandation a été déclenché la veille et si les prévisions font craindre un nouveau risque de déclenchement pour le lendemain.</i>	500 µg/m³ <i>(moyenne horaire)</i> <i>dépassé pendant 3 heures consécutives</i>	<u>1^{er} seuil:</u> 240 µg/m³ <i>dépassé pendant 3 heures consécutives</i> <u>2^{ème} seuil:</u> 300 µg/m³ <i>dépassé pendant 3 heures consécutives</i> <u>3^{ème} seuil:</u> 360 µg/m³ <i>(moyenne horaire)</i>	80 µg/m³ <i>en moyenne sur une période de 24h (de 0h à 24h)</i>

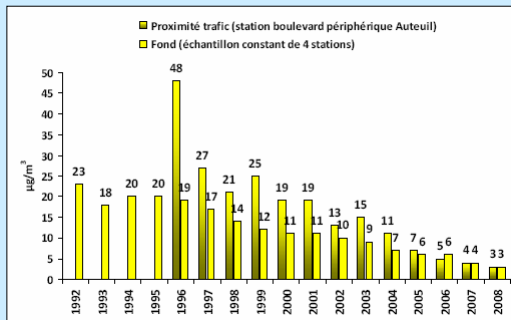
25

Evolution des niveaux d'émissions de pollutions dans l'atmosphère et des concentrations dans l'air

26



Evolution des teneurs ambiantes en SO₂ – Région parisienne



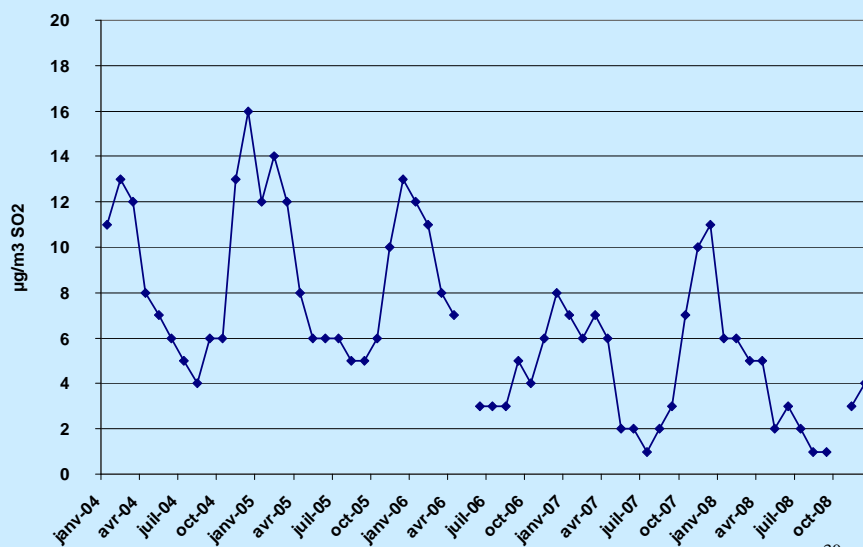
- ➔ Décroissance continue
- ➔ Pollution soufrée maîtrisée
- ➔ Objectif de qualité atteint et Valeurs limites respectées

Dioxyde de soufre	Rappel des valeurs réglementaires
Objectif de qualité	50 µg/m ³ en moyenne annuelle
Seuil de recommandation et d'information	300 µg/m ³ en moyenne horaire
Seuil d'alerte	500 µg/m ³ en moyenne horaire pendant 3 heures consécutives

Source : Airparif

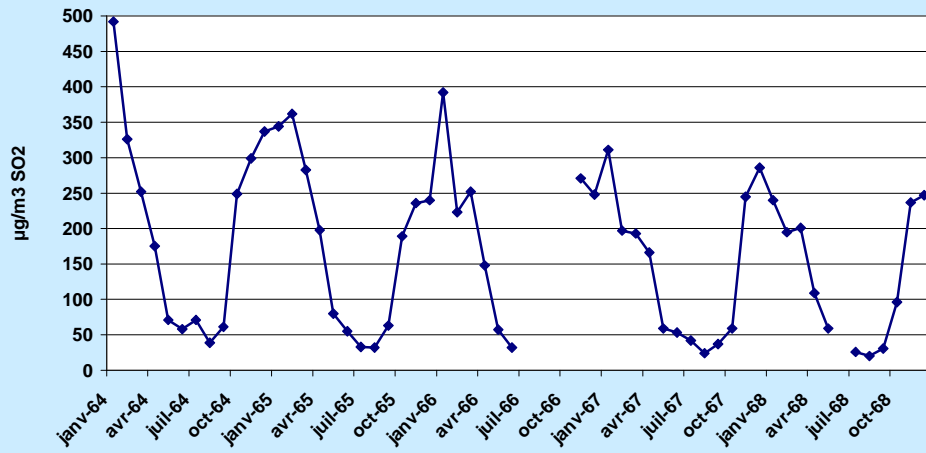
29

SO₂ : Evolution des teneurs moyennes mensuelles de 2004 à 2008 sur le site de Montmartre 75018 PARIS



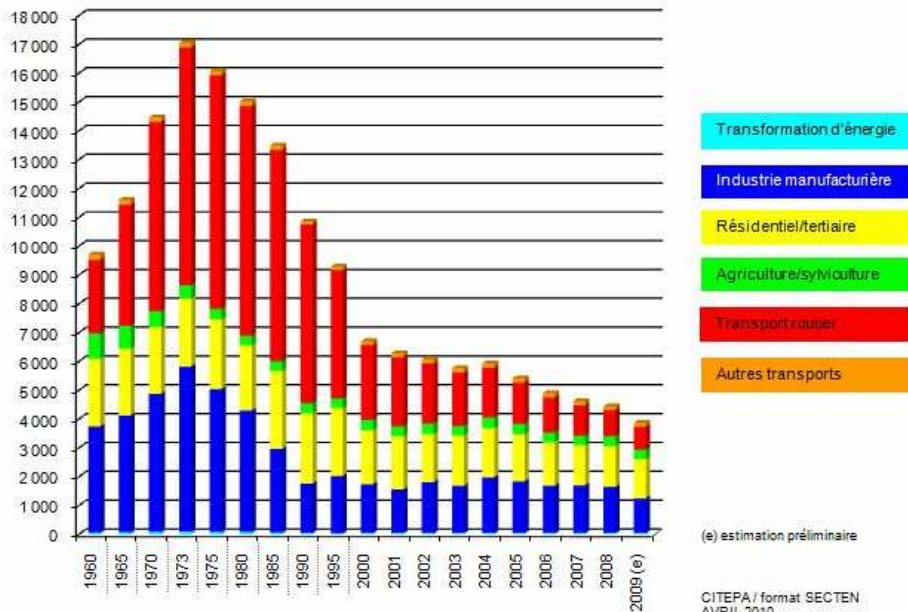
30

SO2 : Evolution des teneurs moyennes mensuelles de 1964 à 1968 sur le site de Montmartre 75018 PARIS

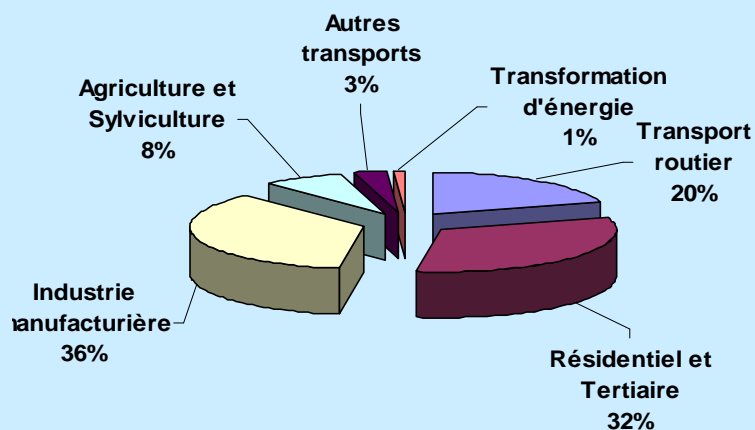


CO

Emissions atmosphériques par secteur en France métropolitaine en kt



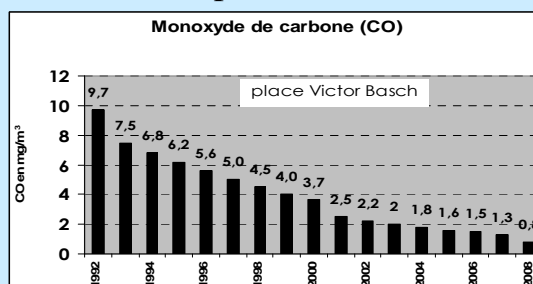
Monoxyde de carbone (CO) : Contribution des sources en France (année 2008)



(source CITEPA)

33

Evolution des teneurs en proximité du trafic en CO à Paris



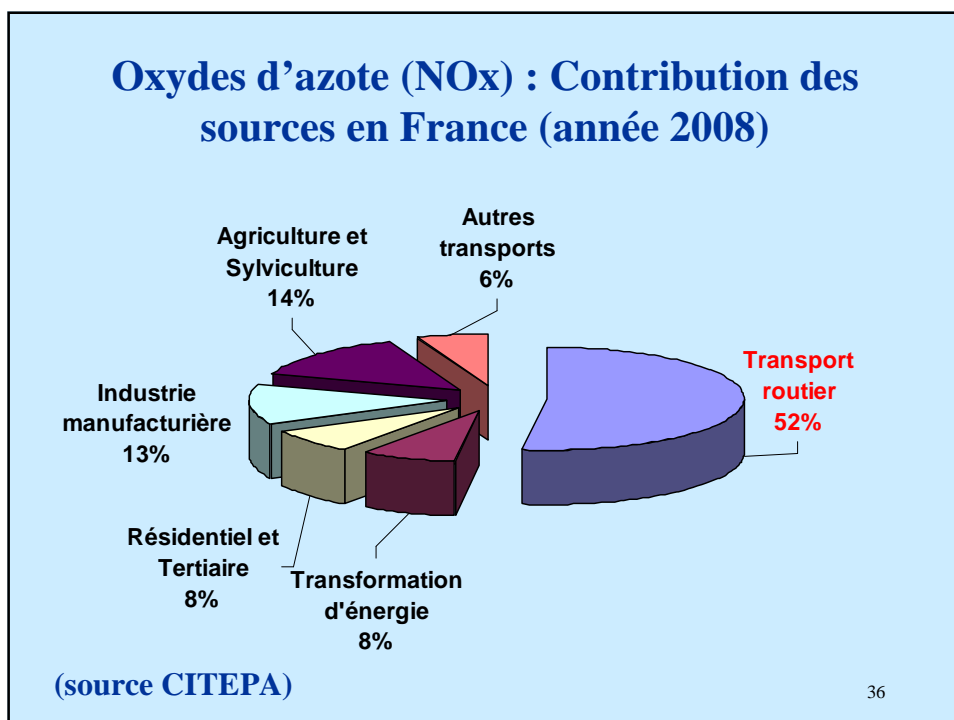
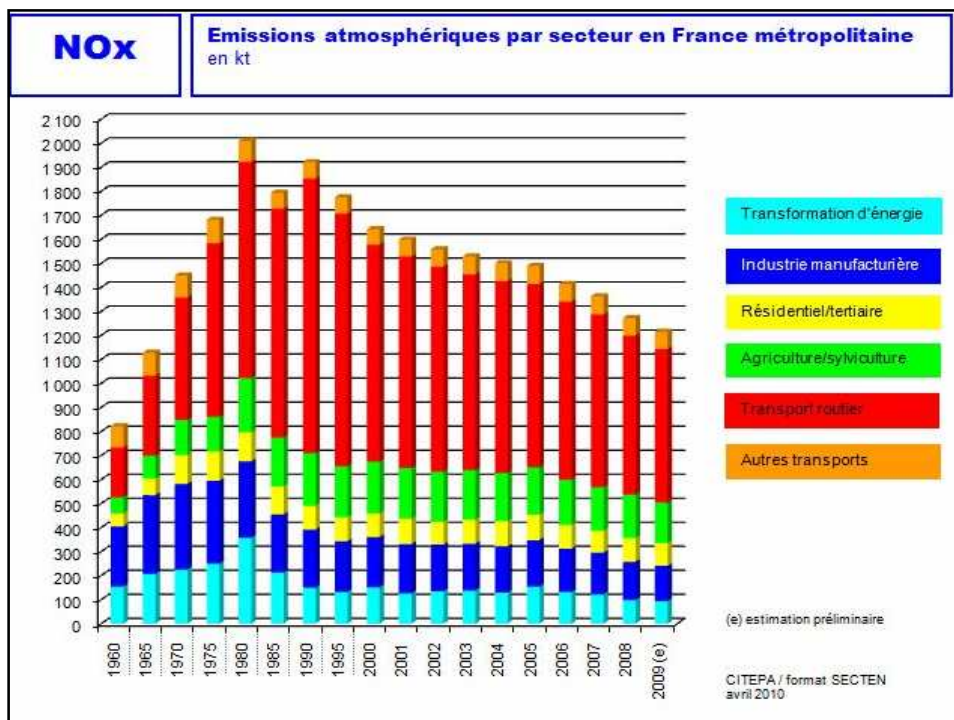
Diminution constante depuis 1992

Aucun dépassement de la valeur limite observée sur les stations AIRPARIF

Monoxyde de carbone	Rappel des valeurs réglementaires	
Valeur limite	Protection de la santé humaine	10 mg/m³ en moyenne sur 8 heures

Source : Airparif

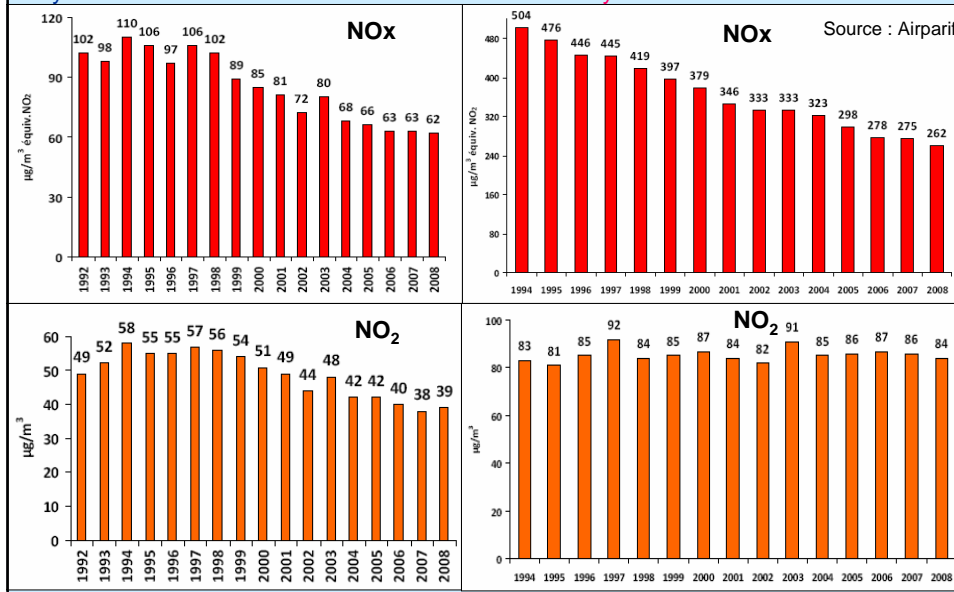
34



Evolution des teneurs en NOx et NO₂ dans l'agglomération parisienne

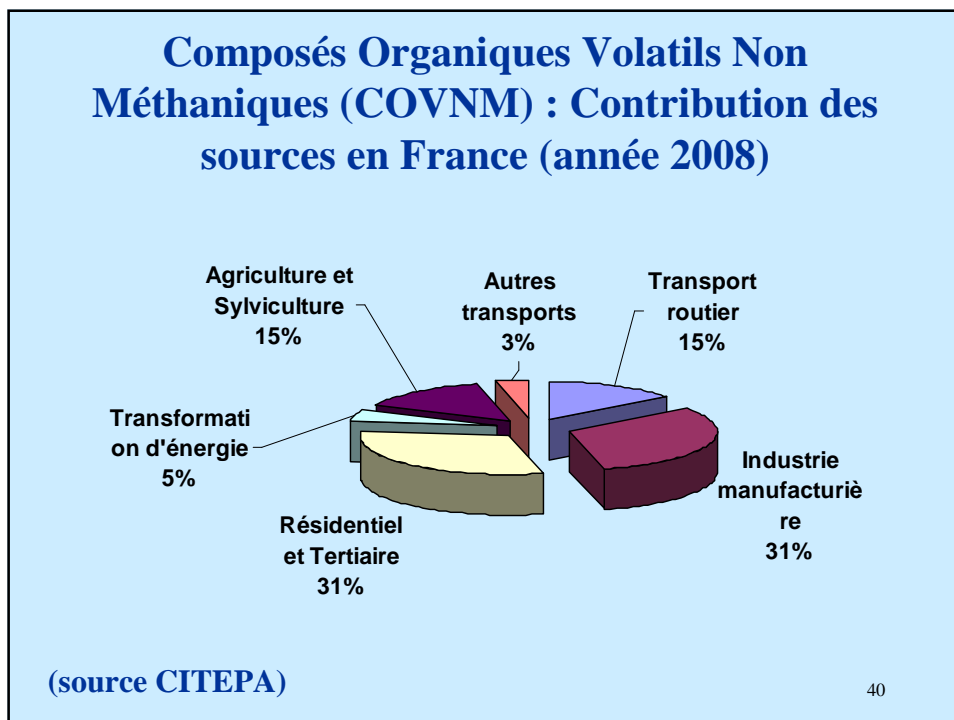
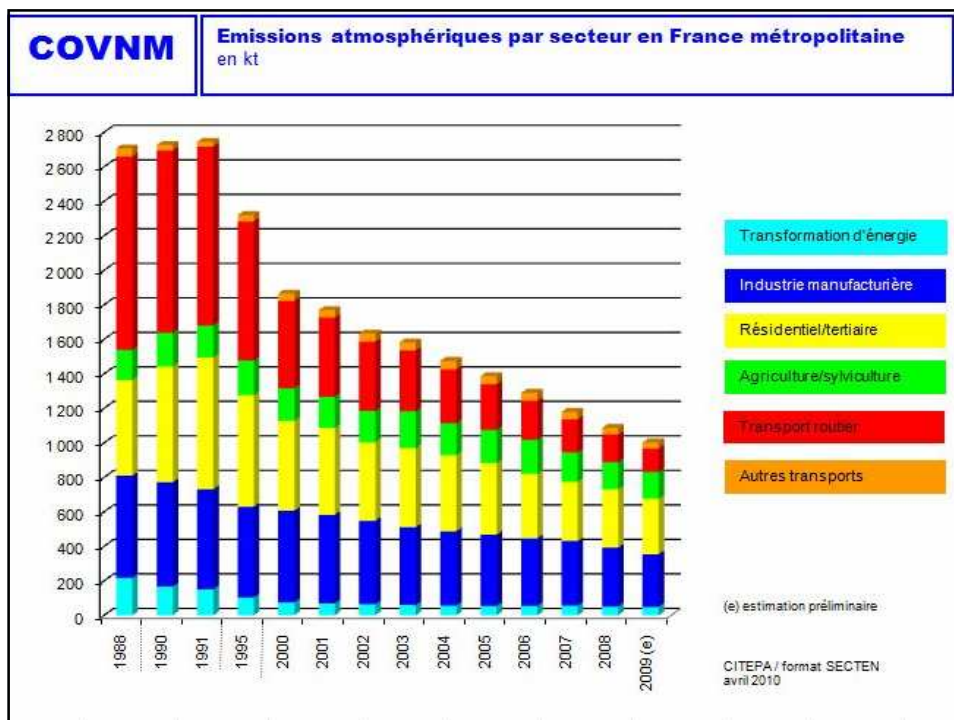
Moyenne de 5 stations urbaines de fond

Moyenne de 5 stations trafic



Valeurs réglementaires pour le NO₂

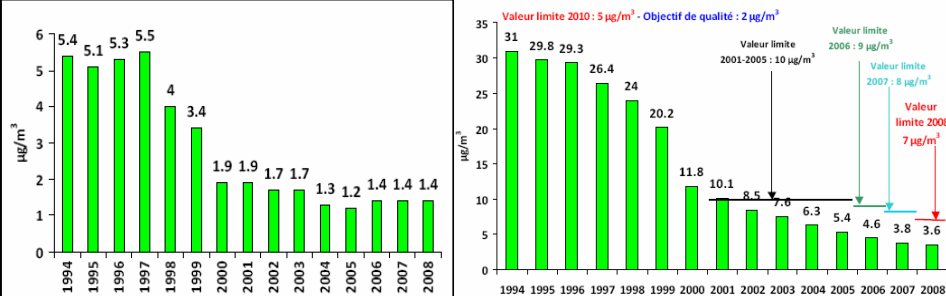
Dioxyde d'azote	Rappel des valeurs réglementaires
Valeurs limites 2010	40 µg/m³ en moyenne annuelle
	200 µg/m³ pour le percentile 99,8 des concentrations horaires de l'année
Seuil d'information et de recommandation	200 µg/m³ en moyenne horaire
Seuil d'alerte	400 µg/m³ ou 200 µg/m³ (en moyenne horaire) si la procédure d'information et de recommandation a été déclenchée la veille et le jour même et si les prévisions font craindre un nouveau risque de déclenchement pour le lendemain



Évolution des teneurs en benzène - Région parisienne

Moyenne 4 stations urbaines

Station trafic place Victor Basch



Diminution importante en 2000 due à la réglementation du taux de benzène dans l'essence

- ➡ Stabilité par rapport aux 3 années précédentes
- ➡ Objectif de qualité atteint sur toutes les stations de fond urbain
- ➡ Valeur limite 2010 respectée sur toutes les stations AIRPARIF

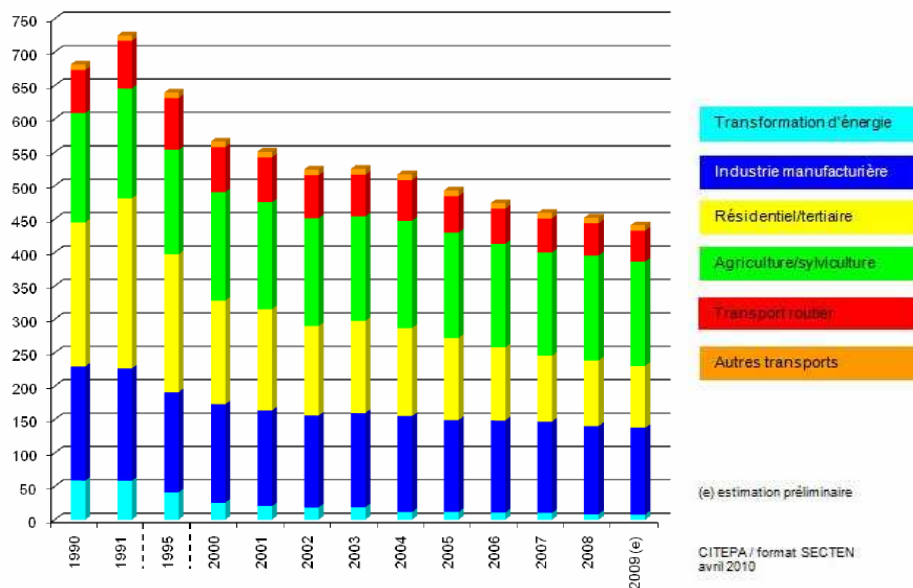
Benzène	Rappel des valeurs réglementaires
Objectif de qualité	2 µg/m³ en moyenne annuelle
Valeur limite	5 µg/m³ à compter du 1 ^{er} janvier 2010

Source : Airparif

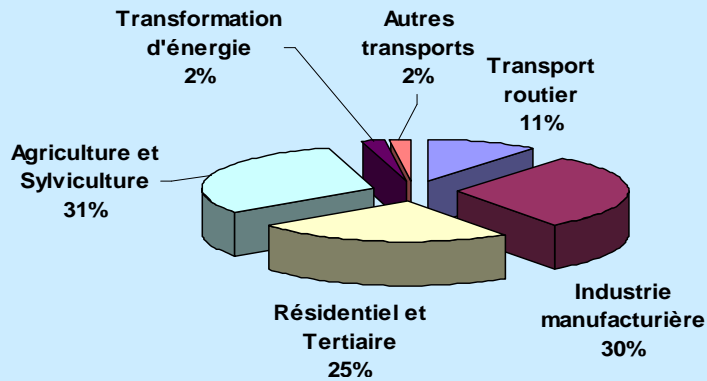
41

PM10

Emissions atmosphériques par secteur en France métropolitaine en kt



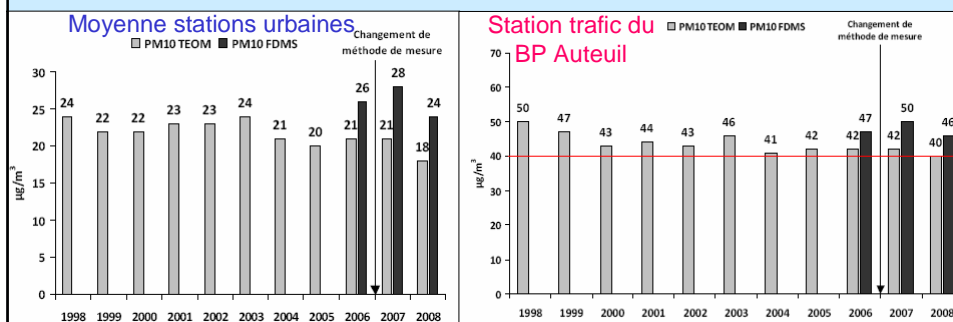
Particules inférieures à 10 µm (PM₁₀) : Contribution des sources en Ile-de-France (année 2007)



(source CITEPA)

43

Évolution des teneurs ambiantes en PM₁₀ en région parisienne



Valeurs réglementaires (dont objectif de qualité 30 µg/m³) respectées pour les sites urbains et périurbains

Valeurs réglementaires non respectées sur les sites « trafic »

Particules PM ₁₀		Rappel des valeurs réglementaires
Objectif de qualité		30 µg/m ³ en moyenne annuelle
Valeurs limites	Protection de la santé humaine	percentile 90,4 des moyennes journalières = 50 µg/m ³ moyenne annuelle = 40 µg/m ³

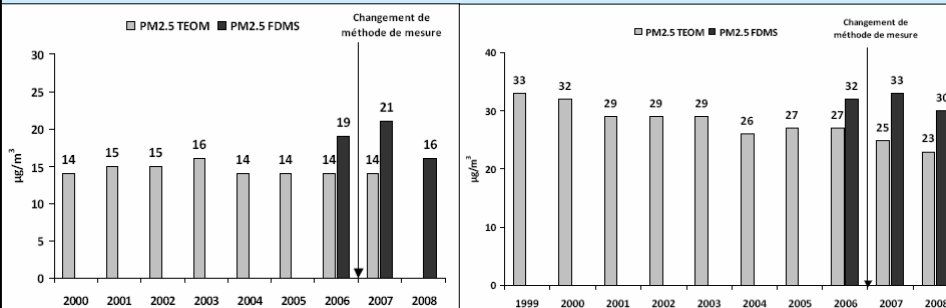
Source : Airparif

44

Évolution des teneurs en PM_{2,5} en région parisienne

Moyenne stations urbaines

Station trafic du BP Auteuil



Valeurs réglementaires respectées pour les sites urbains et périurbains

Valeurs réglementaires non respectées sur les sites « trafic »

Particules PM _{2,5}	Rappel des valeurs réglementaires
Valeur cible 2010 et valeur limite 2015	25 µg/m ³ en moyenne annuelle
Recommandations de l'OMS	10 µg/m ³ en moyenne annuelle

Source : Airparif

45

Caractérisation des particules atmosphériques (Aérosol atmosphérique)

- Par une distribution granulométrique (diamètre aérodynamique des particules)
- Par une composition chimique :
 - Métaux tels que plomb, cadmium, nickel, arsenic, manganèse, cuivre, fer,....
 - Anions et cations solubles : SO₄, NO₃, Cl, Na, K, Ca, Mg.
 - Carbone organique (HAP, ...)
 - Carbone élémentaire

46

Les métaux toxiques

Métaux présentant un caractère toxique pour la santé et l'environnement : plomb (Pb), mercure (Hg), arsenic (As), cadmium (Cd), nickel (Ni), zinc (Zn), manganèse (Mn), etc

Ils peuvent affecter le système nerveux, les fonctions rénales, hépatiques, respiratoires, ou autres...

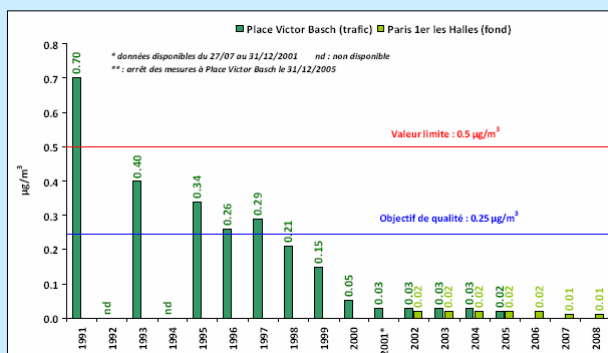
Polluants	Sites urbains en 2008	Références
Plomb	10 ng/m ³	500 ng/m ³ (valeur limite annuelle) 250 ng/m ³ (objectif de qualité décret)
Cadmium	0,19 ng/m ³	5 ng/m ³ (valeur cible directive 2004/107/CE)
Arsenic	0,30 ng/m ³	5 ng/m ³ (valeur cible directive 2004/107/CE)

Objectifs de qualité nettement respectés

Source : Airparif

47

Évolution des teneurs en plomb en région parisienne



➡ Nette diminution du plomb depuis 2000 (élimination du plomb dans les carburants)

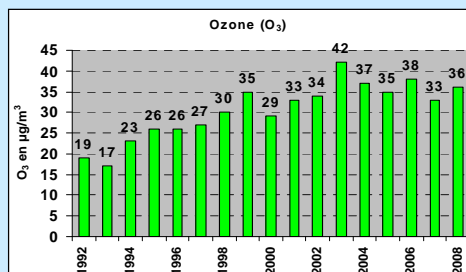
➡ Objectif de qualité atteint et Valeur limite respectée

Plomb	Rappel des valeurs réglementaires
Objectif de qualité	0,25 µg/m ³ en moyenne annuelle
Valeurs limites	0,5 µg/m ³ à compter du 1 ^{er} janvier 2010

Source : Airparif

48

Évolution des teneurs ambiantes en O₃ Région parisienne



Stations :

Paris 13^{ème},
Neuilly-sur-Seine,
Aubervilliers

Décroissance de la teneur moyenne annuelle par rapport à 2006 : - 5 µg/m³

Tendance à la stabilité des teneurs depuis 1999 (sauf pour l'année 2003)

Ozone	Rappel des valeurs réglementaires
Seuil d'information	180 µg/m³ en moyenne horaire
Seuil d'alerte	1 ^{er} seuil : 240 µg/m ³ en moyenne horaire (3 heures consécutives) 2 ^{ème} seuil : 300 µg/m ³ en moyenne horaire (3 heures consécutives) 3ème seuil : 360 µg/m³ en moyenne horaire

Source : Airparif

49

Perspectives d'évolution de la surveillance de la qualité de l'air

50

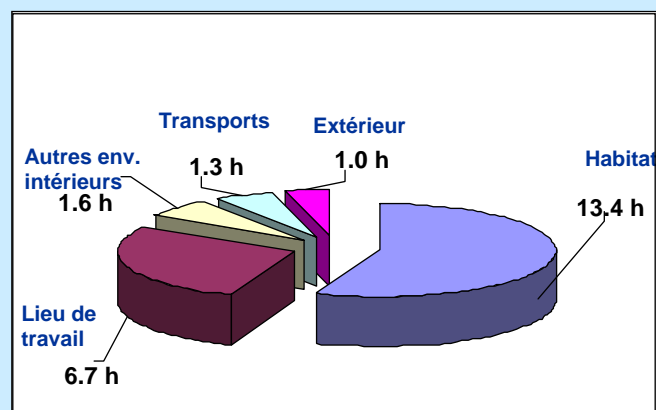
Dans l'air ambiant Exemple de l'Ile de France

- Renforcement de la surveillance à proximité du trafic routier (PM10, PM2,5, benzène, NOx)
- Augmentation du nombre de sites de mesures des polluants critiques en terme de dépassement de valeurs limites (NO2, PM), des nouveaux polluants réglementés (PM2,5)
- Diminution du nombre de sites de mesures pour les polluants maîtrisés (CO, SO2, métaux)

51

Exposition d'adultes franciliens travaillant dans le secteur tertiaire (Mosqueron, 2001)

Budgets espace-temps



52

Bientôt... surveillance de la qualité de l'air intérieur

- **Grenelle de l'environnement (2007):** Instaurer un environnement respectueux de la santé
 - Accroître la surveillance et la prévention de la qualité de l'air intérieur, notamment dans les lieux d'accueil des populations vulnérables (jeunes enfants...)
- **Deuxième plan national santé environnement (PNSE2):**
 - Mesure phare n°9: Réduire l'exposition aux substances préoccupantes dans l'habitat et les bâtiments accueillant des enfants :
 - une expérimentation de surveillance de la qualité de l'air dans 300 crèches et écoles, a été lancée à la rentrée 2009 : **9 écoles et 4 crèches parisiennes ont participé à cette étude pour la période 2009-2010**
 - Fiche n°3 – Action 9: Mieux gérer la qualité de l'air intérieur dans les lieux publics:
 - mener des actions de gestion et de surveillance de la qualité de l'air dans les lieux clos ouverts au public en commençant par les écoles et les crèches
 - Surveillance obligatoire à partir de 2012.
- Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI)

53

Paramètres à surveiller dans les écoles et crèches



LUM'AIR: appareil de mesures du confinement (CO₂).

Le voyant est orange: l'air est légèrement confiné. Il convient d'aérer.



Benzène et formaldéhyde

54

Premiers résultats de la campagne pilote de surveillance de la qualité de l'air dans les crèches et écoles

Concentration moyenne en formaldéhyde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nombre d'établissements
0 à 30	88%
30 à 50	10%
50 à 100	2%
Supérieur à 100	0%

Concentration moyenne en benzène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nombre d'établissements
0 à 2	43%
2 à 5	54%
5 à 10	3%
Supérieur à 10	0%

Indice de confinement	Nombre d'établissements
1 à 3	83%
4 à 5	17%