

**LABORATOIRE CENTRAL DE SURVEILLANCE DE LA  
QUALITE DE L'AIR**

**RAPPORT INTERMEDIAIRE**

**MISE EN PLACE D'ETALONS DE REFERENCE  
"POLLUTION DE L'AIR" ET TRANSFERT VERS LES  
RESEAUX DE MESURE**

## **INTRODUCTION GENERALE**

Ce rapport intermédiaire rend compte de la réalisation d'études décrites dans le cadre de la convention n° 30/2001 "Investigations techniques sur la mise en place d'étalons de référence "pollution de l'air" et leur transfert vers les réseaux de mesures pour 2001/2002" conclue avec le Ministère de l'Environnement en Septembre 2001.

Il porte sur la fiche 6 « Investigation menée sur les polluants particuliers » et plus particulièrement sur les campagnes de mesures devant être effectuées en 2001 et 2002.

**LABORATOIRE CENTRAL DE SURVEILLANCE DE LA  
QUALITE DE L'AIR**

**INVESTIGATION MENEES SUR LES POLLUANTS  
PARTICULAIRES**

**CAMPAGNES DE MESURES**

**Réf. LNE : C370J14**

**Décembre 2001**

## RESUME

L'objectif de cette étude est de poursuivre les campagnes de mesures des particules en suspension dans l'air débutées en 2000, sur différents sites de proximité, de fond ou ruraux.

Cette seconde campagne a été menée à nouveau sur le site d'Issy-les-Moulineaux du 05 Juin au 19 Juin 2001 et sur le site rural de Fontainebleau, du 20 Juin au 04 Juillet 2001.

Les résultats obtenus sur les différents sites de prélèvement sont les suivants :

- *Classe granulométrique [0,010-1,000] µm :*

	Campagne 04/97 <i>Site de proximité</i>	Campagne 07/00 <i>Site de fond</i>	Campagne 06/01 <i>Site de fond</i>	Campagne 06/01 <i>Site rural</i>
	Porte d'Auteuil	Issy-les-Moulineaux		Fontainebleau
<b>Dp<sub>élect.</sub> moyen</b> (nm)	<b>54,19</b>	<b>73,96</b>	<b>71,55</b>	<b>96,26</b>
<b>Ecart-type</b> (nm)	7,35	15,34	12,29	26,13
<b>[N] moyenne</b> (part/m <sup>3</sup> )	<b>7,74.10<sup>10</sup></b>	<b>8,72.10<sup>9</sup></b>	<b>1,03.10<sup>10</sup></b>	<b>5,42.10<sup>9</sup></b>
<b>Ecart-type</b> (part/m <sup>3</sup> )	7,15.10 <sup>10</sup>	4,89.10 <sup>9</sup>	5,17.10 <sup>9</sup>	1,91.10 <sup>9</sup>

[N] moyenne : Concentration moyenne en nombre des particules

1. Les résultats montrent bien l'existence d'un gradient granulométrique en fonction du type de site : faible granulométrie sur site « sale » et forte sur site « propre ».
2. Il a été mis en évidence un effet jour sur la granulométrie des fines particules, sites confondus. Toutefois, cet effet jour n'étant pas systématique sur le site rural, ce point restera à affiner ultérieurement.
3. L'observation des tracés « granulométrie et concentrations » en nombre pourrait être un bon indicateur de l'origine des particules en suspension dans l'air. Sur le site de fond d'Issy-les-Moulineaux, on observe que la granulométrie des fines particules est homogène avec une concentration en nombre correspondante très fluctuante. Ce qui indiquerait une origine anthropique due à la mouvance du trafic urbain.  
A l'inverse, sur le site rural de Fontainebleau, même si cela est moins flagrant de prime abord, la granulométrie des très fines particules est très fluctuante avec une concentration en nombre correspondante homogène. Ce qui indiquerait une origine végétale.
4. L'élaboration d'une cartographie granulométrie / concentration en nombre sur l'année, pourrait être un indicateur de l'augmentation du trafic urbain dans certaines zones sensibles.  
Par exemple, en comparant la campagne de mesures 2000 et 2001 sur le site d'Issy-les-Moulineaux, on observe que la granulométrie est pratiquement inchangée et que la concentration en nombre associée est relativement identique. Ce qui indique que le trafic urbain a peu évolué en un an.

- *Classe granulométrique [0,5-20,0] µm :*

	Campagne 07/00	Campagne 06/01	Campagne 06/01
	Site de fond		Site rural
	Issy-les-Moulineaux		Fontainebleau
<b>Dp<sub>aér.</sub> moyen</b> (µm)	<b>1,77</b>	<b>0,71</b>	<b>0,77</b>
<b>Ecart-type</b> (µm)	0,85	0,05	0,10
<b>[N] moyenne</b> (part/m <sup>3</sup> )	<b>4,49.10<sup>4</sup></b>	<b>4,10.10<sup>5</sup></b>	<b>2,51.10<sup>5</sup></b>
<b>Ecart-type</b> (part/m <sup>3</sup> )	4,11.10 <sup>4</sup>	3,31.10 <sup>5</sup>	2,12.10 <sup>5</sup>

[N] moyenne : Concentration moyenne en nombre des particules

1. Compte-tenu des résultats, la détermination de la granulométrie ambiante dans cette classe de mesures, serait un bon indicateur sur l'origine des particules en suspension dans l'air, en comparant site « propre » / site « sale » ou « semi-sale ».
2. Il a été mis en évidence un effet jour sur la classe granulométrique [0,5 – 20,0] µm, ce qui tendrait à montrer l'influence du trafic autoroutier sur l'aérosol atmosphérique d'un site « propre », bien qu'il se situe à plusieurs kilomètres du site de prélèvement. Cette tendance reste toutefois à confirmer puisque n'ayant pas été constatée systématiquement.
3. Il n'apparaît aucune corrélation entre la concentration en nombre des particules et leur concentration en masse.
4. La concentration en masse des particules est toujours aussi dispersée d'une journée à l'autre, sites confondus.
5. Les résultats tendraient à montrer que les particules en suspension dans l'air ont globalement une densité supérieure à 1 g/cm<sup>3</sup>.
6. Les diamètres aérodynamiques, mesurés par l'APS 3320 lors des 2 campagnes 2001, sont majoritairement inférieurs à 5 µm pour le site de fond (Issy-les-Moulineaux) et majoritairement inférieurs à 10 µm pour le site rural (Fontainebleau).
7. Bien qu'il n'apparaisse pas de corrélation entre la concentration massique des particules en suspension dans l'air et celle des métaux lourds recherchés (Pb, As, Ni et Cd), il est intéressant de constater que le pic de la concentration en plomb relevé sur 2 journées à Issy-les-Moulineaux coïncide avec celui de la concentration massique des particules des deux mêmes jours.

De plus, au cours de cette campagne de mesures, il a été constaté au niveau de certains spectres granulométriques relevés par quart horaire, la présence de 2 voire 3 populations granulométriques.

Pour une optimisation de ces informations que ne peuvent restituer les logiciels actuels, il devient indispensable de développer un logiciel de modélisation qui nous permettrait d'étudier toutes les populations granulométriques mises en présence (SMPS- APS).

## **SOMMAIRE**

- 1. OBJECTIF**
  
- 2. RAPPEL DES MATERIELS UTILISES**
  - 2.1. BANC DE MESURES DES FINES PARTICULES**
  - 2.2. BANC DE MESURES DES GROSSES PARTICULES**
  
- 3. MODE OPERATOIRE**
  - 3.1. SUR LE SITE D'ISSY-LES-MOULINEAUX**
  - 3.2. SUR LE SITE DE FONTAINEBLEAU**
  
- 4. RESULTATS EXPERIMENTAUX OBTENUS SUR LES 2 SITES**
  - 4.1. AVEC LE BANC DE MESURES DES FINES PARTICULES**
  - 4.2. AVEC LE BANC DE MESURES DES GROSSES PARTICULES**
  
- 5. COMPARAISON DES RESULTATS DES CAMPAGNES DE MESURES 2000 ET 2001 MENEES SUR LE SITE D'ISSY-LES-MOULINEAUX**
  
- 6. COMPARAISON DES RESULTATS DE MESURES ISSUS DE PRELEVEMENTS MENES SUR UN SITE DE PROXIMITE, UN SITE DE FOND ET UN SITE RURAL**
  - 6.1. RESULTATS EXPERIMENTAUX OBTENUS LORS DE LA CAMPAGNE DE MESURES PARTICULAIRES EFFECTUEE SUR LE SITE D'AUTEUIL EN AVRIL 1997**
  - 6.2. COMPARAISON DES RESULTATS EXPERIMENTAUX RECUEILLIS SUR LES 3 SITES (PROXIMITE, FOND ET RURAL)**
  - 6.3. INTERPRETATION DES RESULTATS**
  
- 7. CONCLUSION GENERALE**
  
- 8. PERSPECTIVES**

## 1. OBJECTIF

L'objectif de cette étude est de poursuivre les campagnes de mesures des particules en suspension dans l'air débutées en 2000, sur différents sites de proximité, de fond ou ruraux. Cette seconde campagne a été menée à nouveau sur le site d'Issy-les-Moulineaux du 05 Juin au 19 Juin 2001 et sur le site rural de Fontainebleau, du 20 Juin au 04 Juillet 2001.

Ces essais ont permis de déterminer :

- la granulométrie moyenne journalière des particules pour les classes  $[0,010 - 1,000] \mu\text{m}$  et  $[0,5 - 20,0] \mu\text{m}$ ,
- leur concentration en nombre moyenne journalière,
- leur concentration en masse journalière pour la classe  $[0,5 - 20,0] \mu\text{m}$  par méthode gravimétrique. A titre indicatif, il sera mentionné la concentration en masse des particules restituée par le logiciel du spectromètre laser, en considérant la masse volumique des particules prélevées égale à  $1 \text{ g/cm}^3$ ,
- la présence ou non de 4 métaux lourds (Ni, As, Cd et Pb) ainsi que leur concentration massique éventuelle.

## 2. RAPPEL DES MATERIELS UTILISES

### 2.1. BANC DE MESURES DES FINES PARTICULES – CLASSE GRANULOMETRIQUE $[0,010 - 1,000] \mu\text{m}$

Le système est inchangé par rapport à celui décrit dans le rapport d'activité de Novembre 2000. Pour mémoire, une photo du banc de mesures est représentée ci-dessous:

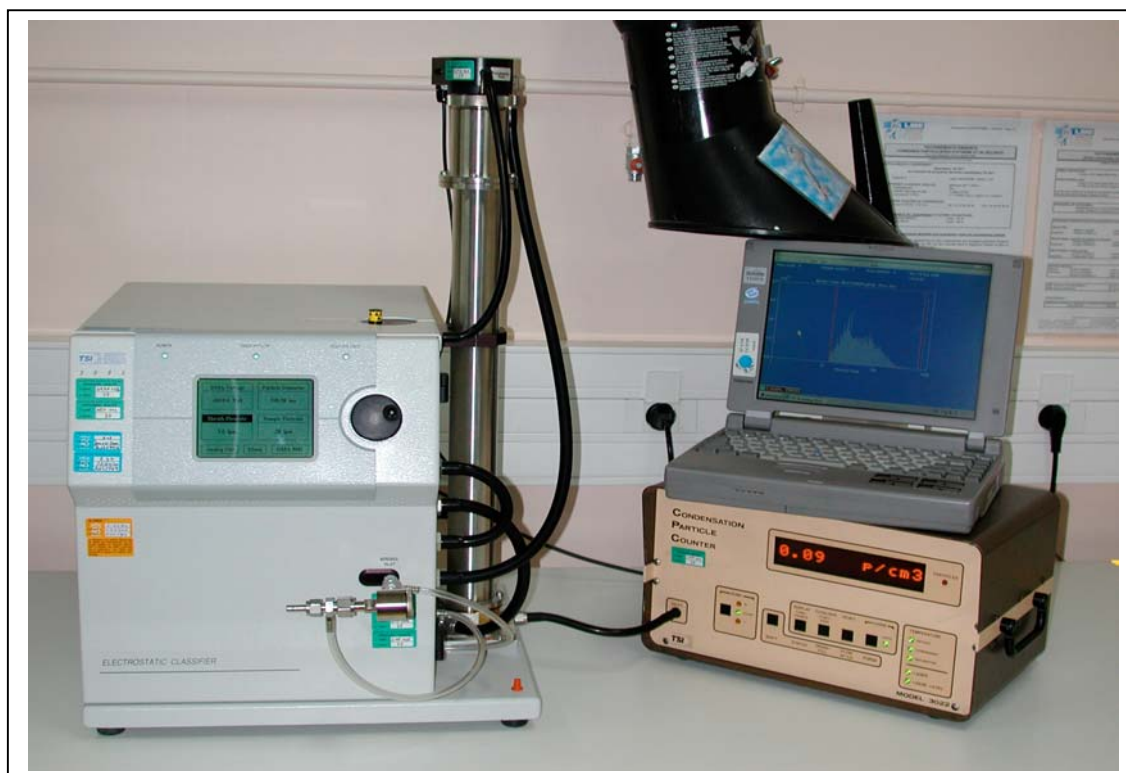


Figure 1 : Banc de mesures des fines particules – classe granulométrique  $[0,010 - 1,000] \mu\text{m}$ .

## 2.2. BANC DE MESURES DES GROSSES PARTICULES – CLASSE GRANULOMETRIQUE [0,5 – 20,0] µM

Le système est inchangé par rapport à celui décrit dans le rapport d'activité de Novembre 2000.

Pour mémoire, une photo du banc de mesures est représentée ci-dessous:



Figure 2 : Banc de mesures des grosses particules – classe granulométrique [0,5 – 20,0] µm.

## 3. MODE OPERATOIRE

### 3.1. SUR LE SITE D'ISSY-LES-MOULINEAUX

Les 2 bancs de mesures ont été installés dans le même local climatisé que celui ayant servi pour la campagne de mesures de l'année dernière.

Les têtes de prélèvement ont été placées à environ 1,60 mètres du sol, à proximité d'une végétation abondante et non loin de rues très fréquentées par le trafic autoroutier.

Les essais ont débuté le Mardi 05 Juin pour se terminer le Mardi 19 Juin au matin. Ils se sont déroulés en continu.



### **3.2. SUR LE SITE DE FONTAINEBLEAU**

Les 2 bancs de mesures ont été positionnés dans un local climatisé placé au milieu d'un champ, près d'une route forestière et d'une route départementale de fréquentation autoroutière modérée, le tout en pleine forêt de Fontainebleau.

Les têtes de prélèvement ont été positionnées à environ 2,50 mètres – 2,60 mètres du sol.

Les essais ont débuté le Mercredi 20 Juin pour se terminer le Mercredi 04 Juillet au matin. Ils ont été effectués en continu, par période de 24 heures.

## **4. RESULTATS EXPERIMENTAUX OBTENUS SUR LES 2 SITES**

### **4.1. AVEC LE BANC DE MESURES DES FINES PARTICULES – CLASSE GRANULOMETRIQUE [0,010 – 1,000] $\mu\text{m}$**

#### **4.1.1. Résultats expérimentaux**

- Les 4 graphes suivants (n°1, 2, 3 et 4) font état des mesures collectées par ¼ horaire avec :
  - ⇒ le diamètre électrostatique moyen en fonction de la date de prélèvement,
  - ⇒ la concentration en nombre des particules correspondante en fonction de la date de prélèvement.
- Le tableau n°1 regroupe les résultats de mesures obtenus sur les 2 sites par journée de prélèvement.
- Les graphes n°5 et n°6 font état de :
  - ⇒ la moyenne journalière des diamètres électrostatiques moyens en fonction de la date de prélèvement, en tenant compte de l'intervalle de confiance bilatéral de la moyenne au niveau de probabilité de 95 %, soit 2 fois l'écart-type de la moyenne journalière des diamètres divisé par la racine carré du nombre d'échantillons ( $2*s/\sqrt{n}$ ).
  - ⇒ la moyenne journalière des concentrations en nombre des particules en fonction de la date de prélèvement, en tenant compte de l'intervalle de confiance bilatéral de la moyenne au niveau de probabilité de 95 %, soit 2 fois l'écart-type de la moyenne journalière des concentrations en nombre divisé par la racine carré du nombre d'échantillons ( $2*s/\sqrt{n}$ ).

















#### 4.1.2. Interprétation des résultats

a) Concernant le diamètre électrostatique moyen observé:

La moyenne journalière des diamètres électrostatiques moyens des particules en suspension dans l'air sur la durée de la campagne est de :

⇒ 71,55 nm pour Issy-les-Moulineaux avec un écart-type égal à 12,29 nm.

⇒ 96,26 nm pour Fontainebleau avec un écart-type égal à 26,13 nm.

Soit, un écart absolu de + 24,71 nm et un écart relatif de + 34,5 % à Fontainebleau par rapport à Issy-les-Moulineaux.

On notera également une forte dispersion de la granulométrie des fines particules sur le site de Fontainebleau, due probablement à la nature très variée des particules présentes et à l'emplacement du site de prélèvement moins protégé que celui du site d'Issy-les-Moulineaux.

b) Concernant la concentration en nombre des particules observée:

La moyenne journalière des concentrations en nombre des particules en suspension dans l'air sur la durée de la campagne est de :

⇒  $1,03 \cdot 10^{10}$  part/m<sup>3</sup> pour Issy-les-Moulineaux avec un écart-type égal à  $5,17 \cdot 10^9$  part/m<sup>3</sup>.

⇒  $5,42 \cdot 10^9$  part/m<sup>3</sup> pour Fontainebleau avec un écart-type égal à  $1,91 \cdot 10^8$  part/m<sup>3</sup>.

Soit un écart absolu de  $- 4,88 \cdot 10^9$  part/m<sup>3</sup> et un écart relatif de  $- 47,4$  % à Fontainebleau par rapport à Issy-les-Moulineaux.

Il est à noter que :

⇒ la moyenne journalière des concentrations en nombre des particules observées sur le site de Fontainebleau est 2 fois moins élevée que celle observée sur le site d'Issy-les-Moulineaux,

⇒ la dispersion de la concentration en nombre des particules fines par jour est nettement plus élevée sur le site d'Issy-les-Moulineaux qu'elle ne l'est sur celui de Fontainebleau (cf. graphe n°6). Ceci serait probablement lié au trafic autoroutier (accélération – décélération – arrêt des véhicules).

**N.B. :** Afin de rendre compte de l'évolution de l'aérosol atmosphérique sur la journée, il a été tracé les variations du spectre granulométrique de la journée du 05 au 06 Juin 2001 pour le site d'Issy-les-Moulineaux et de celle du 21 au 22 Juin 2001 pour le site de Fontainebleau.

Les tracés de ces spectres sont regroupés en annexes A, B, C et D.

Il est constaté que pour la classe granulométrique [0,010-1,000] µm, le spectre granulométrique a le même profil quel que soit le site considéré. On peut formuler l'hypothèse suivante :

- pendant la nuit, le diamètre moyen des très fines particules en suspension dans l'air augmente, indiquant une diminution voire une annulation du trafic urbain (site d'Issy-les-Moulineaux),
- sur le site de Fontainebleau, la granulométrie moyenne ambiante est influencée pendant la journée par le trafic autoroutier des grands axes qui traversent la forêt et qui se trouvent à une dizaine de kilomètres du point de prélèvement.

### 4.1.3. Conclusion

Il est rappelé que la classe granulométrique considérée se situe entre [0,010-1,000]  $\mu\text{m}$ .

- La constatation qui avait été faite lors de la campagne de mesures de l'été 2000 se renouvelle, à savoir que plus le diamètre des particules augmente, plus la concentration en nombre de ces mêmes particules diminue, et inversement.
- La dispersion relative au diamètre moyen journalier des particules et à la concentration en nombre s'y rattachant est également frappante. A savoir que :
  - \* sur le site d'Issy-les-Moulineaux, la granulométrie de l'aérosol atmosphérique est relativement homogène car peu dispersée (cf. graphe n°5). Par contre, la concentration en nombre s'y rapportant est assez dispersée, indicateur potentiel de la mouvance du trafic autoroutier (cf. graphe n°6).
  - \* sur le site de Fontainebleau, c'est l'inverse que l'on constate : une granulométrie très fluctuante indiquant une origine variée des particules, plus liée à la nature du terrain et à son environnement (cf. graphe n°5); et une concentration en nombre moyenne journalière beaucoup moins dispersée que celle observée sur le site d'Issy (cf. graphe n°6).

## 4.2. AVEC LE BANC DES GROSSES PARTICULES – CLASSE GRANULOMETRIQUE [0,5 – 20,0] $\mu\text{m}$

### 4.2.1. Résultats expérimentaux

- Les 6 graphes suivants (n°7, 8, 9, 10, 11 et 12) font état des mesures collectées par  $\frac{1}{4}$  horaire avec :
  - ⇒ le diamètre aérodynamique moyen en fonction de la date de prélèvement,
  - ⇒ la concentration en nombre des particules correspondante en fonction de la date de prélèvement,
  - ⇒ la concentration en masse des particules correspondante en fonction de la date de prélèvement, restituée par le logiciel de l'APS 3320 en considérant que les particules en suspension dans l'air, ont toutes une densité de  $1 \text{ g/cm}^3$ .
- Le tableau n°2 regroupe les résultats de mesures obtenues sur les 2 sites par journée de prélèvement.

- Les graphes n°13, 14 et 15 font état de :
  - ⇒ la moyenne journalière des diamètres aérodynamiques moyens en fonction de la date de prélèvement, en tenant compte de l'intervalle de confiance bilatéral de la moyenne au niveau de probabilité de 95 %, soit 2 fois l'écart-type de la moyenne journalière des diamètres divisé par la racine carré du nombre d'échantillons ( $2*s/\sqrt{n}$ ).
  - ⇒ la moyenne journalière des concentrations en nombre des particules correspondante en fonction de la date de prélèvement, en tenant compte de l'intervalle de confiance bilatéral de la moyenne au niveau de probabilité de 95 %, soit 2 fois l'écart-type de la moyenne journalière des concentrations en nombre divisé par la racine carré du nombre d'échantillons ( $2*s/\sqrt{n}$ ).
  - ⇒ la moyenne journalière des concentrations en masse des particules correspondante sur les 2 sites de prélèvement, via calculs mathématiques ( $d=1 \text{ g/cm}^3$ ) sur la totalité de la classe granulométrique mesurée ( $[0,5 - 20,0] \mu\text{m}$ ), en tenant compte de l'intervalle de confiance bilatéral de la moyenne au niveau de probabilité de 95 %, soit 2 fois l'écart-type de la moyenne journalière des concentrations en masse divisé par la racine carré du nombre d'échantillons ( $2*s/\sqrt{n}$ ).
- Le tableau n°3 regroupe les résultats expérimentaux obtenus après impaction des particules en suspension dans l'air sur une membrane filtrante en esters de cellulose ( $D_{50}=4,7 \mu\text{m}$ ) et ceux issus du tableau n°2 via calculs mathématiques. L'histogramme n°1 en donne une représentation graphique, les 2 sites confondus.
- Le tableau n°4, quant à lui, indique les concentrations massiques des 4 métaux lourds recherchés après analyses chimiques par ICP/MS sur les membranes filtrantes en esters de cellulose. Ces 4 métaux lourds sont le nickel, l'arsenic, le cadmium et le plomb. L'histogramme n°2 en donne une représentation graphique, les 2 sites confondus.

































#### 4.2.2. Interprétation des résultats

a) Concernant le diamètre aérodynamique moyen observé :

La moyenne journalière des diamètres aérodynamiques moyens des particules en suspension dans l'air sur la durée de la campagne est de:

- ⇒ 0,71  $\mu\text{m}$  pour le site d'Issy-les-Moulineaux, avec un écart-type égal à 0,05  $\mu\text{m}$ ,
- ⇒ 0,77  $\mu\text{m}$  pour le site de Fontainebleau avec un écart-type égal à 0,10  $\mu\text{m}$ .

Soit un écart absolu de + 0,06  $\mu\text{m}$  et un écart relatif de + 8,5 % à Fontainebleau par rapport à Issy-les-Moulineaux.

La dispersion de la granulométrie moyenne observée à Fontainebleau est 2 fois plus élevée que celle observée à Issy-les-Moulineaux.

b) Concernant la concentration en nombre observée:

La moyenne journalière de la concentration en nombre des particules sur la durée de la campagne est de :

- ⇒  $4,10 \cdot 10^5$  part/ $\text{m}^3$  pour le site d'Issy-les-Moulineaux, avec un écart-type égal à  $3,31 \cdot 10^5$  part/ $\text{m}^3$ ,
- ⇒  $2,51 \cdot 10^5$  part/ $\text{m}^3$  pour le site de Fontainebleau, avec un écart-type égal à  $2,12 \cdot 10^5$  part/ $\text{m}^3$ .

Soit un écart absolu de  $- 1,59 \cdot 10^5$  part/ $\text{m}^3$  et un écart relatif de  $- 38,8$  % à Fontainebleau par rapport à Issy-les-Moulineaux.

Il est à noter que :

- ⇒ la moyenne journalière des concentrations en nombre des particules, observée sur le site de Fontainebleau est environ 2 fois moins élevée que celle observée sur le site d'Issy-les-Moulineaux,
- ⇒ sur la dispersion des concentrations en nombre des particules supermicroniques, la même constatation est faite que pour celle des concentrations en nombre des fines particules (cf. 4.1.2.b), à savoir que cette dispersion est globalement plus élevée sur le site d'Issy-les-Moulineaux que sur celui de Fontainebleau (cf. graphe n°14).

c) Concernant la concentration en masse après calculs via le logiciel de l'APS 3320:

La moyenne des concentrations en masse des particules obtenue pendant la campagne de prélèvement est de :

- ⇒ 18,89  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour le site d'Issy-les-Moulineaux,
- ⇒ 14,53  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour le site de Fontainebleau.

Soit un écart absolu de  $- 4,36$   $\mu\text{g}/\text{m}^3$  et un écart relatif de  $- 23$  % à Fontainebleau par rapport à Issy-les-Moulineaux.

Les concentrations massiques des particules en suspension dans l'air obtenues sur les 2 sites de prélèvement fluctuent énormément d'un jour à l'autre.

- d) Concernant la concentration en masse déterminée par méthode gravimétrique via l'utilisation de l'impacteur 3306 :

La moyenne des concentrations en masse des particules obtenue pendant la campagne de prélèvement est de :

- ⇒ 21,51  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour le site d'Issy-les-Moulineaux,
- ⇒ 22,92  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour le site de Fontainebleau.

Soit un écart absolu de + 1,41  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  et un écart relatif de + 6,5 % à Fontainebleau par rapport à Issy-les-Moulineaux.

Il est à noter que la moyenne des concentrations massiques des particules obtenues par méthode gravimétrique relevée sur le site d'Issy-les-Moulineaux est peu différente de celle relevée sur le site de Fontainebleau.

- e) Concernant la concentration massique des 4 métaux lourds recherchés (Pb, As, Ni et Cd) :

Il n'y aurait pas à première vue de cause à effet entre la concentration massique des particules et celle des 4 métaux lourds relevés. Il est toutefois à noter 2 résultats troublants sur le site d'Issy-les-Moulineaux, les journées du 12/13 Juin et 13/14 Juin 2001 où les pics de Plomb correspondent à ceux des concentrations massiques (cf histogrammes n°1 et n°2).

**N.B. :** A l'inverse de la classe granulométrique [0,010-1,000]  $\mu\text{m}$ , il est difficile de mettre en évidence un effet jour/nuit ou d'apporter des éléments complémentaires sur la nature de l'aérosol atmosphérique.

#### 4.2.3. Conclusion

Il est rappelé que la classe granulométrique considérée se situe entre [0,5-20,0]  $\mu\text{m}$ .

- La moyenne journalière du diamètre aérodynamique moyen relevé sur les sites d'Issy-les-Moulineaux et de Fontainebleau est sensiblement le même, 0,71  $\mu\text{m}$  à Issy-les-Moulineaux et 0,77  $\mu\text{m}$  à Fontainebleau ce qui tendrait à penser que leur nature serait plutôt majoritairement végétale qu'anthropique.
- La concentration en nombre journalière des particules en suspension dans l'air relevée sur le site d'Issy-les-Moulineaux est environ 2 fois plus élevée que celle relevée sur le site de Fontainebleau.
- Il est intéressant de constater qu'en rapprochant les concentrations massiques journalières des particules déterminées soit par le calculateur de l'APS 3320, soit par méthode gravimétrique, il ressort que globalement, sites confondus, la méthode gravimétrique donne des concentrations massiques supérieures à celle faisant appel au calculateur de l'APS 3320.  
Ce qui semblerait indiquer que les particules en suspension dans l'air ont majoritairement une densité supérieure à 1  $\text{g}/\text{cm}^3$  (cf. tableau n°3 ou histogramme n°1).

- Il est à noter une présence de Plomb sur le site de fond et sur le site rural avec tout de même une plus grande concentration de ce métal lourd sur le site de fond.  
Il serait intéressant de pouvoir en déterminer l'origine, le trafic autoroutier est loin d'être le seul responsable, depuis l'arrêt de la vente de carburant plombé depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2000.

**N.B. :** Les diamètres aérodynamiques mesurés sur 24 h, par l'APS 3320 lors des 2 campagnes, sont majoritairement inférieurs à 5 µm pour le site de fond (Issy-les-Moulineaux) et majoritairement inférieurs à 10 µm pour le site rural (Fontainebleau) (cf annexe E).

## 5. COMPARAISON DES RESULTATS DES CAMPAGNES DE MESURES 2000 ET 2001 MENEES SUR LE SITE D'ISSY-LES-MOULINEAUX

Il a semblé intéressant de comparer les 2 campagnes de mesures menées à environ 1 an d'intervalle (1<sup>ère</sup> quinzaine de Juin pour 2001 et 2<sup>ème</sup> quinzaine de Juillet pour 2000).

Les résultats obtenues lors des 2 campagnes sont regroupés dans le tableau n°5 qui suit :

Données relevées à Issy-les-Moulineaux	Campagne 2000	Campagne 2001
Moyenne journalière des diamètres électrostatiques moyens (nm)	<b>73,96</b> s=15,34 [43,06-163,40]	<b>71,55</b> s=12,29 [40,39-116,24]
Moyenne journalière des concentrations en nombre (part/m3)	$8,72 \cdot 10^9$ s= $4,89 \cdot 10^9$ [ $1,81 \cdot 10^9$ - $3,63 \cdot 10^{10}$ ]	$1,03 \cdot 10^{10}$ s= $5,17 \cdot 10^9$ [ $1,25 \cdot 10^9$ - $4,99 \cdot 10^{10}$ ]
Moyenne journalière des diamètres aérodynamiques moyens (µm)	<b>1,77</b> s=0,85 [0,83-5,31] µm	<b>0,71</b> s=0,05 [0,60-0,94]
Moyenne journalière des concentrations en nombre (part/m3)	$4,49 \cdot 10^4$ s= $4,11 \cdot 10^4$ [ $2,00 \cdot 10^3$ - $1,81 \cdot 10^4$ ]	$4,10 \cdot 10^5$ s= $3,31 \cdot 10^5$ [ $8,00 \cdot 10^4$ - $3,00 \cdot 10^6$ ]

**Tableau n°5 :** Comparaison des campagnes de mesures particulières faites en 2000 et 2001 sur le site d'Issy-les-Moulineaux.

- Pour la classe granulométrique [0,010 – 1,000]  $\mu\text{m}$  (SMPS), les résultats sont sensiblement identiques que ce soit sur la granulométrie moyenne ou la concentration en nombre moyenne. Et ce, malgré une période de prélèvement quelque peu différente (fin Juillet pour 2000 et début Juin pour 2001). Les conditions climatiques étaient similaires. Il semblerait donc que l'origine des particules en suspension dans l'air soit plutôt anthropique (trafic autoroutier) que végétale.
- Pour la classe granulométrique [0,5 – 20,0]  $\mu\text{m}$  (APS 3320), les résultats diffèrent totalement, tant sur le plan granulométrique que sur le plan des concentrations en nombre. Inversement, l'origine des particules en suspension dans l'air semblerait être majoritairement végétale plutôt qu'anthropique.

## 6. COMPARAISON DES RESULTATS DE MESURES ISSUS DE PRELEVEMENTS MENES SUR UN SITE DE PROXIMITE, UN SITE DE FOND ET UN SITE RURAL

Disposant de résultats de mesures particulières dans le domaine submicronique [0,010-1,000]  $\mu\text{m}$  sur un site de proximité (Auteuil), sur un site de fond (Issy-les-Moulineaux) et un site rural (Fontainebleau), il a semblé intéressant de rapprocher ces résultats bien que ceux recueillis sur le site de proximité aient été effectués en Avril 1997.

### 6.1. RESULTATS EXPERIMENTAUX OBTENUS LORS DE LA CAMPAGNE DE MESURES PARTICULAIRES EFFECTUEE SUR LE SITE D'AUTEUIL EN AVRIL 1997

Le tableau n°6 regroupe ces résultats et les graphes n°16 et n°17 en donnent un aperçu.

Site de prélèvement	Date de prélèvement	Moyenne des diamètres électrostatiques moyens sur la durée de prélèvement (nm)	Ecart-type (nm)	Moyenne des conc. en nombre des particules sur la durée de prélèvement (part/m3)	Ecart-type (part/m3)
Auteuil	23 avril 1997	48,97	6,80	$1,29 \cdot 10^{11}$	$4,05 \cdot 10^{10}$
	24 avril 1997	48,70	6,40	$9,88 \cdot 10^{10}$	$2,64 \cdot 10^{10}$
	25 avril 1997	51,39	5,97	$1,57 \cdot 10^{11}$	$7,18 \cdot 10^{10}$
	29 avril 1997	51,74	3,92	$2,68 \cdot 10^{10}$	$7,53 \cdot 10^9$
	30 avril 1997	61,31	6,38	$3,45 \cdot 10^{10}$	$1,40 \cdot 10^{10}$

Tableau n°6 : Résultats expérimentaux obtenus lors de la campagne de mesures d'avril 1997.





## 6.2. COMPARAISON DES RESULTATS EXPERIMENTAUX RECUEILLIS SUR LES 3 SITES (PROXIMITE, FOND ET RURAL)

Le tableau n°7 ci-contre, donne une synthèse de ces résultats de mesures.

	Printemps 1997	Eté 2001	Eté 2001
	Site de proximité Auteuil	Site de fond Issy-les-Moulineaux	Site rural Fontainebleau
Dp élect. moyen (nm)	<b>54,19</b> s=7,35	<b>71,55</b> s=12,29	<b>96,26</b> s=26,13 (très dispersé)
Conc. en nombre moyenne (part/m <sup>3</sup> )	$7,74 \cdot 10^{10}$ s= $7,15 \cdot 10^{10}$ (très dispersé)	$1,03 \cdot 10^{10}$ s= $5,17 \cdot 10^9$	$5,42 \cdot 10^9$ s= $1,91 \cdot 10^9$

Tableau n°7 : Comparaison des résultats obtenus sur site de proximité, site de fond et site rural.

## 6.3. INTERPRETATION DES RESULTATS

- On observe bien l'existence d'un gradient selon les différents sites de prélèvement. A savoir, que sur le site le plus « sale » (=site de proximité), la granulométrie moyenne rencontrée est pratiquement 2 fois plus faible que celle rencontrée sur le site le plus « propre » (=site rural) ; le site de fond se situant bien au milieu des 2 autres.

Toutefois, quel que soit le site de prélèvement considéré, la granulométrie se situe dans l'ultrafin (Dp < 0,100 µm).

- A l'inverse, la concentration en nombre moyenne est presque 14 fois plus élevée sur le site de proximité que sur le site rural et environ 7,5 fois plus élevée que sur le site de fond.  
Il faudrait effectuer des prélèvements sur une même période pour confirmer cette tendance.

Pour la classe granulométrique [0,5 – 20,0] µm, aucune comparaison de résultats ne peut être faite, l'APS 3320 n'ayant pas été encore acheté en 1997. Là encore, une campagne de mesures serait à relancer avec les nouveaux instruments de mesures.



## 7. CONCLUSION GENERALE

Pour ce qui est des résultats expérimentaux obtenus sur les différents sites de prélèvement, il est à retenir que :

- Avec le banc SMPS – classe granulométrique [0,010-1,000]  $\mu\text{m}$  :

	Campagne 04/97	Campagne 07/00	Campagne 06/01	Campagne 06/01
	Site de proximité	Site de fond		Site rural
	Porte d'Auteuil	Issy-les-Moulineaux		Fontainebleau
<b>Dp<sub>élect.</sub> moyen</b> (nm)	<b>54,19</b>	<b>73,96</b>	<b>71,55</b>	<b>96,26</b>
<b>Ecart-type</b> (nm)	7,35	15,34	12,29	26,13
<b>Bornes</b> (nm)	[37,96-76,51]	[43,06-163,40]	[40,39-116,24]	[31,45-196,93]
<b>[N] moyenne</b> (part/m <sup>3</sup> )	<b>7,74.10<sup>10</sup></b>	<b>8,72.10<sup>9</sup></b>	<b>1,03.10<sup>10</sup></b>	<b>5,42.10<sup>9</sup></b>
<b>Ecart-type</b> (part/m <sup>3</sup> )	7,15.10 <sup>10</sup>	4,89.10 <sup>9</sup>	5,17.10 <sup>9</sup>	1,91.10 <sup>9</sup>
<b>Bornes</b> (part/m <sup>3</sup> )	[1,28.10 <sup>10</sup> -3,52.10 <sup>11</sup> ]	[1,81.10 <sup>9</sup> -3,63.10 <sup>10</sup> ]	[1,25.10 <sup>9</sup> -4,99.10 <sup>10</sup> ]	[1,18.10 <sup>9</sup> -1,79.10 <sup>10</sup> ]

[N] moyenne : Concentration moyenne en nombre des particules

1. Les résultats montrent bien l'existence d'un gradient granulométrique en fonction du type de site : faible granulométrie sur site « sale » et forte sur site « propre ».
2. Il a été mis en évidence un effet jour sur la granulométrie des fines particules, sites confondus. Toutefois, cet effet jour n'étant pas systématique sur le site rural, ce point restera à affiner ultérieurement (cf. annexes A et B).
3. L'observation des tracés « granulométrie et concentrations en nombre » pourrait être un bon indicateur de l'origine des particules en suspension dans l'air. Sur le site de fond d'Issy-les-Moulineaux, on observe que la granulométrie des fines particules est homogène avec une concentration en nombre correspondante très fluctuante. Ce qui indiquerait une origine anthropique due à la mouvance du trafic urbain.
4. A l'inverse, sur le site rural de Fontainebleau, même si cela est moins flagrant de prime abord, la granulométrie des très fines particules est très fluctuante avec une concentration en nombre correspondante homogène. Ce qui indiquerait une origine végétale (cf. graphes n°5 et n°6).
5. L'élaboration d'une cartographie granulométrie / concentration en nombre sur l'année, pourrait être un indicateur de l'augmentation du trafic urbain dans certaines zones sensibles.  
Par exemple, en comparant la campagne de mesures 2000 et 2001 sur le site d'Issy-les-Moulineaux, on observe que la granulométrie est pratiquement inchangée et que la concentration en nombre associée est relativement identique. Ce qui indique que le trafic urbain a peu évolué en un an.

- Avec le banc APS 3320 – classe granulométrique [0,5-20,0] µm :

	Campagne 07/00	Campagne 06/01	Campagne 06/01
	Site de fond		Site rural
	Issy-les-Moulineaux		Fontainebleau
<b>D<sub>p</sub>aér. moyen</b> (µm)	<b>1,77</b>	<b>0,71</b>	<b>0,77</b>
<b>Ecart-type</b> (µm)	0,85	0,05	0,10
<b>Bornes</b> (µm)	[0,83-5,31]	[0,60-0,94]	[0,65-1,16]
<b>[N] moyenne</b> (part/m <sup>3</sup> )	<b>4,49.10<sup>4</sup></b>	<b>4,10.10<sup>5</sup></b>	<b>2,51.10<sup>5</sup></b>
<b>Ecart-type</b> (part/m <sup>3</sup> )	4,11.10 <sup>4</sup>	3,31.10 <sup>5</sup>	2,12.10 <sup>5</sup>
<b>Bornes</b> (part/m <sup>3</sup> )	[2,00.10 <sup>3</sup> -1,81.10 <sup>5</sup> ]	[8,00.10 <sup>4</sup> -3,00.10 <sup>6</sup> ]	[3,00.10 <sup>4</sup> -1,40.10 <sup>6</sup> ]

[N] moyenne : Concentration moyenne en nombre des particules

1. Compte-tenu des résultats, la détermination de la granulométrie ambiante dans cette classe de mesures, serait un bon indicateur sur l'origine des particules en suspension dans l'air, en comparant site « propre » / site « sale » ou « semi-sale ».
2. Il a été mis en évidence un effet jour sur la classe granulométrique [0,5 – 20,0] µm, ce qui tenderait à montrer l'influence du trafic autoroutier sur l'aérosol atmosphérique d'un site « propre », bien qu'il se situe à plusieurs kilomètres du site de prélèvement. Cette tendance reste toutefois à confirmer puisque n'ayant pas été constatée systématiquement (cf. annexes C et D).
3. Il n'apparaît aucune corrélation entre la concentration en nombre des particules et leur concentration en masse.
4. La concentration en masse des particules est toujours aussi dispersée d'une journée à l'autre, sites confondus.
5. Les résultats tendraient à montrer que les particules en suspension dans l'air ont globalement une densité supérieure à 1 g/cm<sup>3</sup>.
6. Les diamètres aérodynamiques, mesurés par l'APS 3320 lors des 2 campagnes 2001, sont majoritairement inférieurs à 5 µm pour le site de fond (Issy-les-Moulineaux) et majoritairement inférieurs à 10 µm pour le site rural (Fontainebleau) (cf annexe E).
7. Bien qu'il n'apparaisse pas de corrélation entre la concentration massique des particules en suspension dans l'air et celle des métaux lourds recherchés (Pb, As, Ni et Cd), il est intéressant de constater que le pic de la concentration en plomb relevé sur 2 journées à Issy-les-Moulineaux coïncide avec celui de la concentration massique des particules des deux mêmes jours.

## **8. PERSPECTIVES**

Au cours de cette campagne de mesures, il a été constaté au niveau de certains spectres granulométriques relevés par quart horaire, la présence de 2 voire 3 populations granulométriques (cf. 2 pages suivantes).

Pour une optimisation de ces informations que ne peuvent restituer les logiciels actuels, il devient indispensable de développer un logiciel de modélisation qui nous permettrait d'étudier toutes les populations granulométriques mises en présence (SMPS- APS).





**ANNEXE A**



**ANNEXE B**





**ANNEXE C**



**ANNEXE D**



**ANNEXE E**