



Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air



Etude n°5- Surveillance des particules ultrafines INERIS/LNE/EMD

Surveillance des particules submicroniques

Novembre 2004
Convention : 04000087

Olivier LE BIHAN



Surveillance des particules submicroniques

*Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité
de l'Air*

Convention : 04000087

Financée par la Direction de la Prévention des Pollutions et des
Risques (DPPR)

Etude n°5

NOVEMBRE 2004

O. LE BIHAN, M. REYNAUD, H. MARFAING, R. AUJAY, C. AMPE.

Ce document comporte 34 pages (hors couverture et annexes).

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	O. Le Bihan	R. Perret	M. Ramel
Qualité	Ingénieur de la DRC/AIRE	Responsable de l'unité AIRE	Responsable LCSQA
Visa			

TABLE DES MATIERES

RESUME	3
GLOSSAIRE	4
1. INTRODUCTION	5
2. ACTIVITE 2003	6
3. PROGRAMME 2004	7
3.1 Définition du programme.....	7
3.2 Partenaires.....	7
3.3 Veille.....	8
3.4 Préalable : le choix du site de référence.....	8
3.5 Granulométrie supermicronique	8
4. BIBLIOGRAPHIE : L'EXPERIENCE DE LIEPZIG-ERFURT	9
4.1 Introduction :.....	9
4.2 Evolution à long terme des aérosols :	9
4.3 Etudes comparatives entre différents sites	12
4.4 Sources :.....	13
4.5 Bibliographie sur le cas allemand : Conclusion.....	15
5. EVOLUTION TEMPORELLE (SITE DE REFERENCE)	16
5.1 Visualisation 3D.....	16
5.2 Campagne 2004	16
5.3 Comparaison avec les profils « trafic ».....	26
6. TYPOLOGIE (EVALUATION D'ENSEMBLE)	33
7. CONCLUSION	34
8. DIFFUSION DES RESULTATS	34
8.1 Rencontres.....	34
8.2 Congrès	34
9. REFERENCES	35

RESUME

Contexte et objectifs

Le dispositif européen de surveillance de la qualité de l'air aborde actuellement la problématique des particules à travers la mesure de la concentration massique de type PM10 ou PM2,5.

Il est demandé aux états membres d'assurer un travail prospectif sur le thème de la concentration en nombre, des particules submicroniques et des particules ultrafines ($D < 0,1 \mu\text{m}$).

L'objectif de cette étude LCSQA, pluri-annuelle, est de répondre à cette demande. Il s'agit d'une part, de développer un pôle de compétence sur les particules submicroniques (veille, mesure), et d'autre part d'assurer des actions expérimentales, permettant de contribuer à la description de la situation française, et à terme de répondre de manière adaptée aux demandes sur ce sujet.

Activités et résultats

Après l'étude de faisabilité réalisée sur ce sujet en 2003, l'année 2004 a été consacrée au développement d'un programme spécifique, à part entière.

En collaboration avec AIRPARIF, un site de référence a été validé, permettant un travail de suivi **dans le temps** (campagne hivernale systématique de 5 semaines reconduite annuellement).

Les premiers résultats montrent une bonne stabilité des caractéristiques de l'aérosol entre 2003 et 2004. Une comparaison -en première approche- a été effectuée entre profils journaliers de la concentration en nombre, et de différents comptages routiers. Nous observons une bonne synchronisation en début et fin de journée, celle-ci étant cependant moins claire en milieu de journée.

La description granulométrique a été **étendue** grâce au prêt par le LNE d'un appareil dédié à la gamme 0,5 – 20 μm .

De premiers résultats ont été obtenus en terme de **visualisation** temporelle de la distribution en taille.

Un travail important est en cours de réalisation quant aux formats, et aux procédures de **conception** de la base de données.

La définition de la variabilité **dans l'espace** a été abordée, par le biais d'une campagne de mesure sur le site automobile ouvert géré par l'EMD, ceci en novembre 2004 ; les résultats seront traités lors du prochain exercice.

Enfin, une veille bibliographique est assurée. Nous avons porté un effort particulier sur la principale référence européenne (allemande). Nous avons ainsi obtenu des éléments de comparaison en terme de taille, de concentration, de typologie, ainsi que de sources.

GLOSSAIRE

- **Concentration en nombre** : nombre de particules par unité de volume. Cette information est généralement associée à une gamme de dimension (ex. particules entre 10 et 100 nm).

- Particules **submicroniques** : particules de diamètre inférieur à 1 μm .

- Particules **supermicroniques** : particules de diamètre supérieur à 1 μm .

- Particules **ultrafines** : particules de diamètre inférieur à 0,1 μm , soit 100 nm. Dans le cadre de cette étude, cette gamme sera notamment étudiée à travers le paramètre N1.

- **Symboles utilisés dans le cadre de cette étude** :
 - ✓ N1 : concentration en nombre mesurée entre 10 et 100 nm par le SMPS.
 - ✓ N2 : concentration en nombre mesurée entre 100 et 500 nm par le SMPS.
 - ✓ N3 : concentration en nombre mesurée entre 500 et 20 000 nm (0,5 – 20 μm) par l'APS.
 - ✓ $N = N1 + N2$
 - ✓ $N_t = N1 + N2 + N3$.

1. INTRODUCTION

L'aérosol particulaire, élément complexe par essence (taille, composition, évolution, etc.) est un polluant atmosphérique urbain de premier plan en raison de son impact sur la santé. Après inhalation, son efficacité de dépôt et le lieu de celui-ci, dépendent étroitement de la taille des particules.

Les dispositifs réglementaires dans le domaine de l'air ambiant sont basés sur la mesure de la concentration massique.

La communauté scientifique porte aujourd'hui un effort tout à fait notable sur une gamme jusqu'ici peu considérée : l'aérosol ultrafin ($< 0,1 \mu\text{m}$) [cf. **glossaire**]. L'impact sur la santé de cette fraction serait particulièrement important. Ce constat appelle la mise en place de nouvelles dispositions. Tout particulièrement, la mesure particulaire en général, doit compléter l'approche massique par la mesure de la concentration en nombre [cf. **glossaire**], voire de la taille, de la surface. C'est tout l'enjeu de projets tels que le programme français de recherche Primequal (« Particules »), mais aussi de programmes de surveillance pilotes (Suisse, Danemark, Allemagne). En milieu professionnel, des actions spécifiques aux particules ultrafines ont été lancées en 2003 (INRS, MinEFI).

Par ailleurs, les documents d'orientation européens affichent clairement une volonté de progresser dans ce domaine (position paper « Particules » de CAFE). On note aussi de la part de certains acteurs, d'ores et déjà, une demande de prise en compte de ces aspects par la réglementation. Un débat aura donc lieu sur l'extension des limitations en concentration massique vers un paramètre numérique voire dimensionnel.

Face à un problème de santé reconnu par tous les acteurs, et face à l'impossibilité des spécialistes de la santé d'évaluer la situation française, faute de données, le LCSQA assure un programme en deux volets :

- ◆ Temps : à l'aide d'une campagne de mesure courte, reconduite annuellement, suivi temporel de l'impact de l'évolution des sources.
- ◆ Espace : détermination des caractéristiques de la situation française dans différentes conditions « Air ambiant » ;

L'activité de base consiste à compléter la caractérisation massique par une approche en nombre et taille. Si ce travail est limité dans le temps et l'espace, il constitue néanmoins une première, à partir de laquelle une démarche systématique pourra se développer.

2. ACTIVITE 2003

L'étude LCSQA 2003 « Aérosol urbain » comprenait un volet « granulométrie » limité. Son objectif a été de tester à petite échelle le concept de démarche de « surveillance des particules submicroniques » [cf. glossaire].

Pour ce faire, en collaboration avec AIRPARIF, l'INERIS a assuré la mesure de l'aérosol dans la gamme 10 nm – 500 nm durant 5 semaines (février-mars 2003) sur le site de fond urbain de Gennevilliers.

Parmi les résultats obtenus, il a été observé que :

- la concentration en nombre mesurée a varié dans la gamme 5.000 – 35.000 p.cm-3 , pour une valeur médiane de 13.000 p.cm-3
- une comparaison avec d'autres stations européennes permet d'étendre aux particules submicroniques la classification « station urbaine de fond » du site de Gennevilliers
- la concentration en nombre est dominée par les particules ultrafines (gamme 10-100 nm)
- le coefficient de corrélation entre particules ultrafines et PM 10 est de 0.46 sur la période, ce qui confirme une certaine « indépendance » entre ces deux paramètres
- le coefficient de corrélation entre la gamme 100-500 nm et PM 2.5 est de 0.74, ce qui suggère un apport massique non-négligeable des particules submicroniques.

Preuve ayant été faite que la métrologie mise en œuvre était adaptée à ce type de mission, et par ailleurs, observation ayant été faite de l'existence et des spécificités de ce type de particules au niveau d'une station de fond française, un programme spécifique a été défini et proposé pour l'année 2004.

3. PROGRAMME 2004

Le programme proposé pour 2004 comprend 2 volets, complétés par une activité «métrologie».

3.1 DEFINITION DU PROGRAMME

L'objectif de ce programme, est de fournir un précédent, un exemple en terme de caractérisation de ce que peut être l'exposition française aux particules submicroniques, et particulièrement aux particules ultrafines.

Il est proposé de réaliser cette évaluation dans l'espace, mais aussi dans le temps.

...dans le temps :

La formule proposée ici, en collaboration avec AIRPARIF, est de reconduire annuellement une campagne de 5 semaines sur un site pris en référence.

Ce premier volet porte donc sur une **surveillance ponctuelle sur un site de référence**.

Il s'agit de permettre le suivi sur plusieurs années de l'impact de l'évolution des sources.

... dans l'espace :

Ce second volet de l'étude a pour objectif de considérer différentes catégories de site, de les caractériser, et enfin de les positionner les uns par rapport aux autres, ainsi que par rapport au site de référence.

La première action sur ce point consiste en une campagne de mesure, en novembre 2004, au niveau d'un site automobile en milieu ouvert (station de mesure EMD).

Métrologie

Ce volet, vient en complément des volets précédents.

Il a pour objectif :

- de réaliser une veille dans le domaine de la métrologie des aérosols, afin d'identifier et éventuellement de tester les techniques les plus adaptées au domaine de la surveillance ;
- de réaliser des mesures de granulométrie supermicronique, dans un contexte de comparaison et de meilleure compréhension des mesures PM.

3.2 PARTENAIRES

Ce programme bénéficie de la convergence de moyens des trois instituts intervenants au sein du LCSQA : LNE (prêt d'un APS), EMD (accueil sur le site de Douai), INERIS.

Par ailleurs, le volet «surveillance» bénéficie de l'engagement et du concours d'AIRPARIF.

Enfin, ces travaux ont permis le déroulement de stages, pour deux étudiants de DESS, respectivement en 2003 Pedro Godard (Université Paris XII) et en 2004 Mikaël Reynaud (Université Versailles – Saint Quentin).

3.3 VEILLE

Cette activité de veille, outre la partie déjà décrite dans le volet métrologie, a pour objectifs d'effectuer :

1. *une veille bibliographique,*

Comme nous l'avons dit par ailleurs, différents programmes pilotes existent au niveau européen, tant au niveau « recherche » qu'au niveau « surveillance ».

Nous avons porté l'effort, en 2004, sur l'étude de l'expérience allemande de Leipzig-Erfurt, la plus ancienne et la plus avancée à ce jour.

2. *une veille « institutionnelle » et « réglementaire ».*

Les particules tiennent une part importante dans l'actualité, tant au niveau français (PNSE), européen (position paper CAFE), qu'au niveau international (OMS, convention transfrontière, groupe ISO sur la granulométrie à l'émission).

Il est essentiel de suivre ces débats, et le cas échéant d'y contribuer, sur la base de l'expérience que nous sommes en train d'acquérir.

Le processus actuel, à tous les niveaux, vise en effet à développer les connaissances sur les particules submicroniques, et à terme, à discuter d'outils réglementaires.

3.4 PREALABLE : LE CHOIX DU SITE DE REFERENCE

A l'issue de l'étude préliminaire (2003), a été validé l'intérêt d'un travail sur le long terme sur un site de référence (volet « surveillance » de ce programme).

Dans ce cadre, en collaboration avec AIRPARIF, il était essentiel de mettre à plat le choix du site de mesure, en considérant des paramètres tels que

1. la connaissance du site,
2. sa stabilité,
3. sa représentativité,
4. sa pérennité,
5. ses équipements (notamment PM10 et PM2,5),
6. ses capacités d'accueil et d'accessibilité.

Le point 5 a entraîné le retrait d'un nombre important de sites candidats. Ceci fait, une fois établi le respect des points 1 à 4, c'est le point 6 qui a permis de faire le choix final.

Tout ceci a mené à la confirmation du site de Gennevilliers.

3.5 GRANULOMETRIE SUPERMICRONIQUE

Ce volet transversal a été décrit plus haut.

Dans ce cadre,

- la campagne « surveillance » 2004 et la campagne « typologie » 2004 ont bénéficié de l'apport d'un granulomètre optique de type APS (0,5 – 20 µm) [prêt LNE];

- par ailleurs, la campagne « typologie » 2004 bénéficie également de mesures conjointes avec le granulomètre ELPI de l'EMD, instrument caractérisé par une mesure instantanée de la granulométrie dans les gammes super- et sub-microniques.

4. BIBLIOGRAPHIE : L'EXPERIENCE DE LIEPZIG-ERFURT

Le lecteur souhaitant approfondir ce sujet trouvera une analyse détaillée au sein de la référence [4].

4.1 INTRODUCTION :

Nous considérons ici diverses études menées en Allemagne sur des données allant de 1983 à 2001. Elles portent pour l'essentiel sur les villes de Leipzig et d'Erfurt. Les différentes références bibliographiques sont présentées dans le chapitre « références », au sein d'une partie spécifique.

Il est à noter que l'étude détaillée de la granulométrie submicronique n'est abordée réellement qu'au début des années 90, le monitoring ne démarrant pour sa part qu'à la fin des années 90.

Ces travaux apportent des éléments intéressants sur les trois grands thèmes suivants, que nous aborderons tour à tour :

- L'évolution à long terme des aérosols,
- La comparaison des résultats entre différentes villes et différents types de sites,
- Les sources possibles de ces particules.

4.2 EVOLUTION A LONG TERME DES AEROSOLS :

- **Réduction de la concentration en masse :**

Nous disposons sur le thème de l'évolution à long terme, de trois études, menées sur des sites différents et à des dates différentes. Ces études sont résumées dans le tableau n°4.a.

Le principal constat porte sur la diminution du PM_{2,5} avec le temps.

Les références traitant de l'évolution de l'aérosol en ex-Allemagne de l'Est, sont particulièrement intéressantes :

Ainsi, l'étude d'Erfurt [Kreyling, 2003 (b)] nous montre une diminution du PM_{2,5} de 64 à 16 µg.m⁻³ entre l'hiver 1991/1992 et celui de 2000/2001 ; la même tendance est relevée sur un second site (Sachsen-Anhalt).

On observe en parallèle la réduction

- de la concentration en masse dans la gamme 0,1-0,5 µm, celle-ci passant de 52 à 11 µg.m⁻³ ; elle représente 82 et 67% des PM_{2,5} durant le premier et dernier hiver.
- de la concentration en nombre des particules > 0,1 µm.

Les auteurs [Kreyling, 2003 (b)] associent cette diminution aux changements technologiques radicaux qui ont suivi le changement de régime politique sur le territoire de l'ex-RDA, à savoir :

- le remplacement de l'utilisation du charbon par l'utilisation du gaz naturel
- les contrôles sur les émissions polluantes et l'équipement (pots catalytiques, filtre...) des véhicules.

<u>Dates :</u>	<u>Lieux, Types</u>	<u>Matériels</u>	<u>Gammes particules</u>	<u>Périodes</u>	<u>Résultats</u>
[Wiedensohler, 1998]	Leipzig Fond urbain			1983-1997	C _M de 1990 à 1997.
		DMA et APS part.	0.01-10 µm	1996/1997	
[Kreyling, 2003 (a)]	Erfurt Fond urbain	MAS part.	0.01-2.5 µm	sept. 1995 – dec. 1998	Moy. annuelle PM _{2,5} : 95 µg.m ⁻³ → 26 µg.m ⁻³ (1991) → (1995-1998).
		Impacteur Harvard	PM10 PM _{2,5}		
[Kreyling, 2003 (b)]	Erfurt Fond urbain <i>Sachsen-Anhalt</i> <i>Fond urbain</i>	MAS part.	0.01-2.5 µm	Hivers : 1991/1992 1995-2001 <i>6 premiers mois 1993 et 1999</i>	PM _{2,5} (Erfurt + Sachsen-Anhalt) 64 → 16 µg.m ⁻³ 1991/1992 → 2000/01 (Erfurt).

Tableau n°4.a

• Augmentation de la concentration en nombre :

Si le travail présenté ci-dessus indique que la concentration en masse PM_{2,5} a diminué au cours des années 90 sur le site d'Erfurt, il indique qu'il en serait tout autrement en ce qui concerne la concentration en nombre :

- La concentration en nombre des particules, *dans la gamme 0,01-2,5 µm*, serait restée constante entre 1991 (19 000 p.cm⁻³) et 1998 (18 000 p.cm⁻³) [Kreyling, 2003 (a)].
- La concentration en nombre, *dans la gamme 0,01-0,03 µm*, aurait doublé [Kreyling, 2003 (b)].

Une des hypothèses avancées par les auteurs pour expliquer ce phénomène est que la diminution de la concentration en masse a réduit la présence de particules de diamètre supérieur à 0.1 µm ; or ces particules forment un « puits » pour les particules de petit diamètre telles que celles comprises entre 0,01 et 0,03 µm, ces dernières étant « nettoyées » par un processus d'adhésion (ou de fusion) avec des particules de diamètre plus important.

En d'autres termes, la diminution du nombre de « grosses » particules, a diminué ce phénomène de coagulation et a de ce fait favorisé l'augmentation la durée de vie des particules comprises dans la gamme 0,01-0,03 µm.

Cette hypothèse a été testée par les auteurs à travers un travail de modélisation. Il a ainsi été démontré que le temps de vie (aux basses concentrations), des particules comprises dans la gamme 0,01-0,03 μm , est de quelques heures pour une distribution réduite avec peu de particules supérieures à 0,1 μm ; à l'inverse, elle n'est plus que d'une dizaine de minutes [Kreyling, 2003 (b)].

Conclusion :

Les changements radicaux intervenus en ex-Allemagne de l'Est depuis la chute du mur de Berlin, proposent une sorte de condensé temporel des évolutions technologiques intervenues en Europe occidentale intervenues sur une durée plus longue.

Il en ressort notamment que le changement progressif du parc automobile (au profit de technologies moteurs plus récentes) et que l'introduction de nouvelles sources d'énergie, ont permis d'obtenir une baisse significative de la concentration massique de type PM_{2,5}.

Cependant, à l'inverse, la concentration totale en nombre n'aurait pas diminué mais augmenté, de façon non négligeable, dans la gamme 0,01-0,03 μm . Une des hypothèses avancées est la diminution de la concentration des particules supérieures à 0,1 μm qui, par coagulation, formaient un « puits » aux particules ultrafines.

Toujours selon cette hypothèse, la réduction de la concentration massique pourrait ne pas baisser mais au contraire augmenter le nombre de particules fines.

4.3 ETUDES COMPARATIVES ENTRE DIFFERENTS SITES**Comparaison entre stations de fond urbain (dans des villes différentes).**

Deux études ont été menées sur des sites de même typologie (station de fond urbain) dans des villes différentes.

La première [Kreyling, 2000] a été réalisée dans trois villes européennes distantes d'un millier de km :

- Erfurt (Allemagne)
- Alkmaar (Pays-bas)
- Helsinki (Finlande)

Le PM_{2,5} ainsi que la concentration en nombre, dans la gamme 0,01-1 μm , y ont été mesurés.

La seconde étude [Kreyling, Wiedensohler 2003] a été réalisée dans deux villes allemandes distantes d'une centaine de km : Erfurt et Leipzig. Elle consistait à mesurer et à comparer les particules dans la gamme 10-800 nm.

Il apparaît que :

- Les mesures de PM_{2,5} diffèrent entre les villes.
- Les mesures de concentration en nombre des particules ultrafines ne connaissent pas de tels écarts.
- Les maxima des concentrations en nombre dans la gamme 0,01-0,1 μm sont similaires pour les trois villes et se situent les jours ouvrables.
- La corrélation entre la concentration en nombre des particules ultrafines et la concentration en masse du PM_{2,5}, dans une même ville, est faible.

Ceci tend donc à penser, que l'observation de la concentration en masse, et d'autre part de la concentration en nombre, sont complémentaires, chaque paramètre s'attachant à une variabilité spécifique. Ce constat est tout à fait convergent avec d'autres études.

Par contre, l'idée selon laquelle la typologie de site serait mieux corrélée avec la concentration en nombre, qu'avec la concentration en masse, demanderait à être approfondie.

Comparaison entre différents types de sites (dans différentes villes) :

Une étude [Wiedensohler, 2002] menée en Allemagne s'attache à l'évaluation des différences entre stations de typologie différente.

Les mesures portent sur la concentration en nombre total journalière et sur la distribution en taille des particules submicroniques durant des périodes estivales et hivernales dans trois sites en Allemagne :

- Hohenpeissenberg : site rural montagneux,
- Melpitz : site rural influencé par la pollution urbaine,
- Leipzig : station de fond urbaine.

Il apparaît que :

- Les plus petites concentrations en nombre sont mesurées en site rural (Hohenpeissenberg),
- Les plus fortes sont mesurées en site urbain (Leipzig),
- On observe un pic de concentration en nombre de particules proches de 10 nm vers midi, en été, sur le site rural influencé et sur le site urbain, ceci indépendamment du jour de la semaine
- La variation journalière de la concentration en nombre entre le jour et la nuit est pratiquement la même pour les trois sites.

L'augmentation de la concentration en nombre, partant d'un site rural vers un site urbain, est tout à fait classique.

La présence de particules proches de 10 nm, en période estivale, indépendamment du jour de la semaine, amène à se poser la question de l'existence de phénomènes photo-chimiques.

4.4 SOURCES :

Le but de ce chapitre est d'étudier les relations sources / production de particules ultrafines, au travers des différentes études menées en Allemagne.

Trafic :

L'étude réalisée dans trois villes européennes a démontré que les maxima de la concentration en nombre dans la gamme 0,01-0,1 μm sont similaires et se situent les jours ouvrables durant les heures de pointe du trafic [Kreyling, 2000].

Lors d'une seconde étude, la distribution en taille et la concentration en nombre ont été comparées et reliées aux heures de pointes du trafic. Les résultats ont montré que la concentration en nombre correspondant aux pics dus au trafic se situe dans la gamme 20-30 nm. La concentration de ce type de particules est plus importante durant l'hiver, l'auteur associant cet état de fait, notamment, à un processus convectif de l'atmosphère plus faible en cette saison [**Wiedensohler, 2002**].

L'importance du rôle du trafic automobile est abordé dans une seconde étude [**Kreyling, 2003**]. Une forte corrélation (entre 0,63 et 0,73) est observée entre des gaz traceurs du trafic et la concentration en nombre, suggérant l'apport majeur du trafic sur la concentration en nombre.

Enfin, l'étude comparative entre deux sites de même typologie situés dans des villes différentes (Erfurt et Leipzig), suggère que les concentrations en nombre les plus importantes se situent dans la ville possédant le trafic le plus dense [**Kreyling, Wiedensohler, 2003**].

A défaut de quantifier exactement l'apport du trafic, l'ensemble de ces études tendent à la qualifier de source principale en particules ultrafines urbaines.

Chauffage domestique :

Comme nous venons de le voir, la forte corrélation entre le trafic et la concentration en nombre suggère qu'une partie de celle-ci est associée aux émissions dues aux véhicules.

Cependant, d'autres sources doivent être considérées, tel le chauffage domestique, telles les centrales thermiques [**Kreyling, 2003**].

Ainsi une augmentation de la concentration de la gamme 10 à 30 nm, a été détectée le *dimanche uniquement l'hiver* sur certains sites. Sachant que cette gamme de dimension est généralement associée à des processus de combustion, et par ailleurs, que le phénomène observé relève plus d'une production continue que d'une variabilité telle qu'elle peut être observée pour le trafic, on serait en effet tenté de ne pas considérer le trafic comme source potentielle. L'hypothèse avancée (argumentaire un peu complexe, intégrant la hauteur des cheminées individuelles- cf. article) est que cette émission est attribuable au chauffage domestique [**Kreyling, Wiedensohler, 2003**].

Photochimie :

Certains épisodes de formation de particules ont été observés durant l'été les jours ouvrables et les dimanches vers midi à Leipzig. Les auteurs y voient l'existence de processus photochimiques, l'une des caractéristiques étant un diamètre inférieur à celui observé lors d'épisodes liés au trafic [**Kreyling, Wiedensohler, 2003**].

Conclusion :

Différentes études allemandes ont tenté de déterminer les sources possibles des particules ultrafines. Il en ressort avant tout le trafic automobile, puis le chauffage domestique et enfin, dans une plus faible proportion, la photochimie.

4.5 BIBLIOGRAPHIE SUR LE CAS ALLEMAND : CONCLUSION

Diverses recherches sur les particules ont été menées en Allemagne avec des données allant de 1983 à 2001. Diverses questions sont abordées, et constituent une première référence en la matière :

- Si d'un côté ces études font état d'une réduction de la concentration massique, elles observent au contraire une augmentation de la concentration totale en nombre dans la gamme 0,01-0,03 μm . Une hypothèse est avancée, mettant en lien ces deux processus (les « grosses » particules auraient un rôle de « puits » pour les « petites » ; en conséquence, la diminution des premières entraînerait l'augmentation des secondes).
- La typologie des sites a été considérée [Kreyling, Wiedensohler 2003].
- Enfin, différentes comparaisons ont démontré qu'il existe différentes sources à l'origine de la production des particules. Celles-ci sont le trafic, les systèmes de combustion (chauffage domestique par exemple) et la photochimie.

5. EVOLUTION TEMPORELLE (SITE DE REFERENCE)

5.1 VISUALISATION 3D

Le SMPS permet le suivi de la distribution en taille selon 64 classes de taille.

Une observation aussi étendue, réalisées durant plusieurs semaines, selon un pas de temps quart-horaire, génère une quantité importante de données.

Ceci représente une masse d'information très conséquente, nécessitant un outil de traitement adapté.

Une solution de plus en plus utilisée dans le domaine, consiste à utiliser un mode de représentation coloré : des graphiques sont constitués, proposant

- le temps (date, heure) en abscisse,
- le diamètre des particules, en ordonnée,
- enfin, le long du troisième axe, la concentration associée à chaque classe de taille ; l'intensité est alors représenté à travers un code couleur.

Un logiciel a ainsi été identifié, et est en cours d'intégration dans nos modes opératoires.

5.2 CAMPAGNE 2004

5.2.1 Dates

La campagne 2004 a permis la constitution d'une base de données allant du 2 mars au 5 avril 2004, sur le site de Gennevilliers.

5.2.2 Taux de fonctionnement

Le taux de fonctionnement du SMPS a été de 100%, mis à part les phases de maintenance et d'extraction des données.

En ce qui concerne l'APS, un problème au niveau de l'acquisition de données (blocage PC) a affecté la campagne entre le 26 et le 30 mars. Cet incident mis à part, le fonctionnement a été tout à fait satisfaisant.

5.2.3 Concentration en nombre

Nous considérons pour l'ensemble de ce chapitre, les données horaires.

Préambule

La campagne 2004 a été enrichie avec l'introduction d'un granulomètre dans la gamme 0,5-20 μm .

Cet appareil réalise deux types de mesure :

- celle du diamètre aérodynamique des particules dans la gamme $\cong 0,5-20 \mu\text{m}$,
- celle du diamètre optique dans une gamme $< 0,5 \mu\text{m}$; le diamètre inférieur de cette gamme n'est pas précisé. Cette seconde mesure a de ce fait une valeur plutôt indicative.

En conséquence, la concentration en nombre sera fournie selon deux expressions : soit avec l'indication 'APS', ce qui signifie que nous considérons l'ensemble de l'information (< 0,5 – 20 µm), soit avec l'indication 'N3', qui concernera la gamme 0,523-20 µm.

Cette dernière représentation est la plus intéressante car elle vient compléter les mesures du SMPS : N1, N2 [cf. glossaire]. Le tableau 5-z présenté ci-dessous résume ces différentes appellations :

	Gamme (≅)	Appareil
N1	10 – 100 nm	SMPS
N2	100 – 500 nm	SMPS
N3	500 nm – 20 µm	APS

Tableau 5-z : résumé des appellations concernant la concentration en nombre.

Résultats

Les figures 5-a et 5-b permettent de déterminer les gammes de concentration, percentiles et médianes de l'ensemble de ces paramètres.

La concentration en nombre dans la gamme 10-500 nm (N) montre des caractéristiques assez semblables entre les campagnes 2003 et 2004 [tableau 5-a], avec globalement, des concentrations moins importantes en 2004 : cet état de fait se retrouve sur l'ensemble des paramètres (percentiles, médiane, etc.).

Cette tendance se retrouve au niveau des observations PM10 et PM2,5 faites par TEOM ou TEOM-FDMS ; elle est toutefois plus marquée pour la concentration en nombre (- 40 % pour la moyenne) que pour les PM (- 26 % pour la moyenne).

La concentration N3 présente une moyenne de 22 p/cc, pour une étendue de concentration allant de 1 à 139 p/cc. N3 se situe donc clairement deux voire trois ordres de grandeur au dessous de N (moyenne : ≅ 15 000 p/cc). Ceci va dans le sens de la domination des particules ultrafines (N1) sur la concentration en nombre.

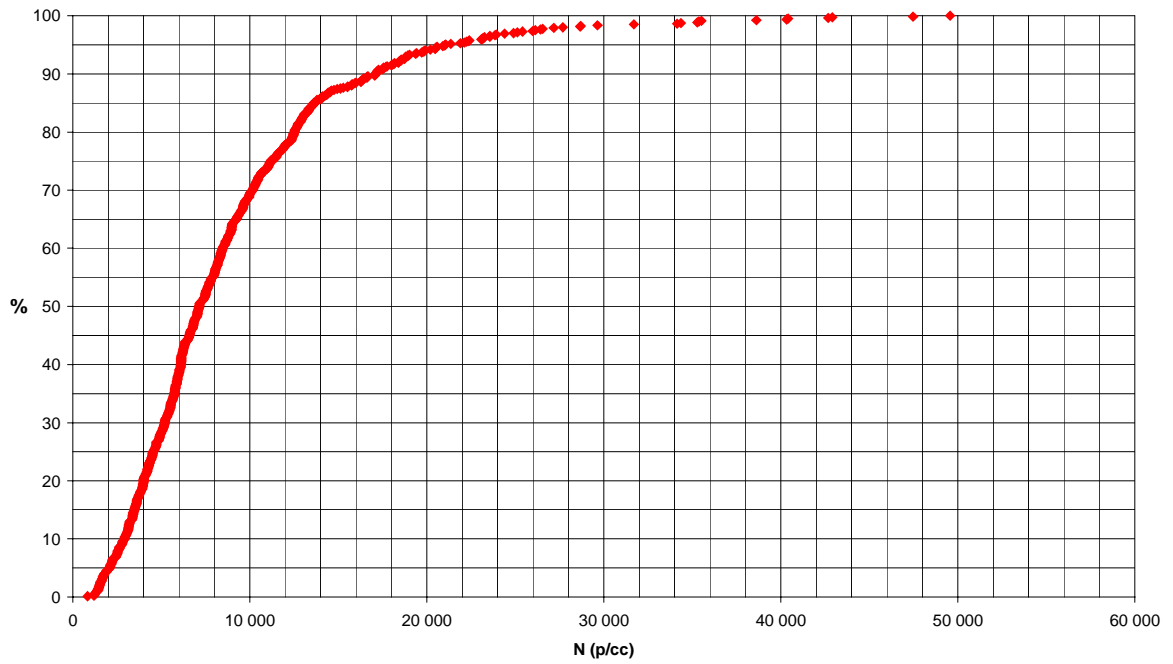


Figure 5-a : concentration en nombre entre 10 et 500 nm – fréquence cumulée

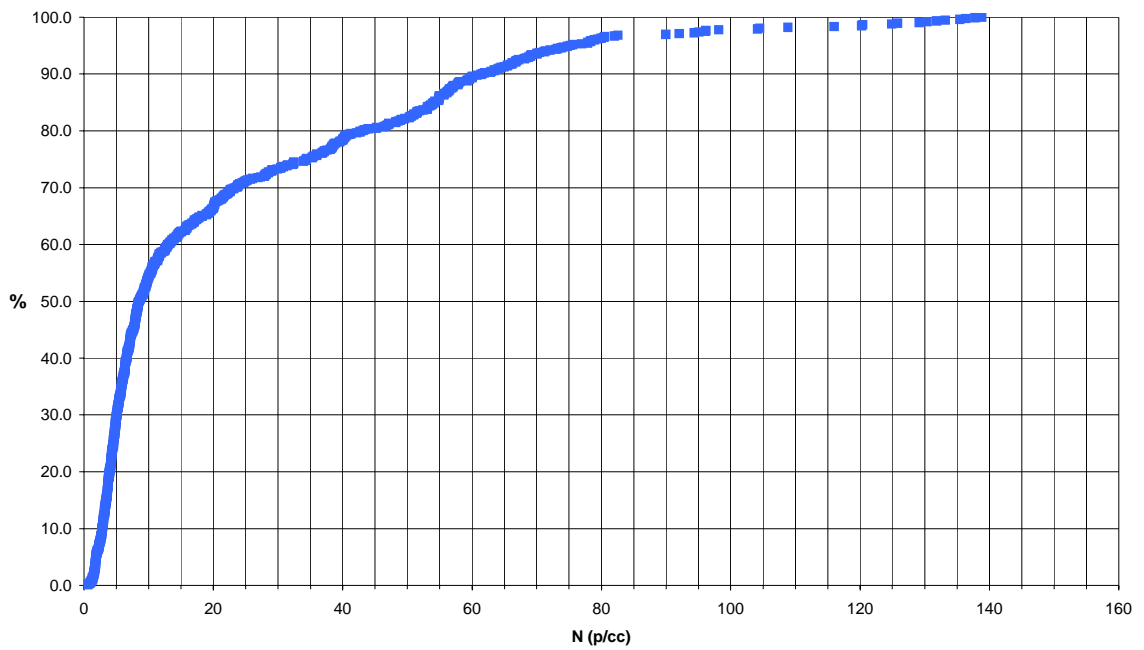


Figure 5-b : concentration en nombre N3 ($\cong 0,5 - 20 \mu\text{m}$) - fréquence cumulée

Moyennes horaires						
Polluants particuliers et gazeux	Percentiles		Valeurs extrêmes et médiane			Moyennes
	5%	95%	Min	Médiane	Max	
2003						
N1 + N2 - Concentration en nombre entre 10 et 500 μm (p/cm ³)	5 000 *	35 000 *	1 500 *	13 000 *	83 500 *	15 000 *
FDMS PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	7	103	1	32	183	41
PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	10	85	0.7	25	160	31
PM2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	5	45	0.7	15	80	19
2004						
N1 + N2 - Concentration en nombre entre 10 et 500 μm (p/cm ³)	2000 *	20000 *	800 *	7000 *	50000 *	9 000 *
Concentration en nombre fournie par l'APS [$< 523 - 20$ micron] (p/cm ³)	10	341	3	70	522	120
N3 - Concentration en nombre entre 0,5 et 20 micron (p/cm ³)	2	75	1	9	139	22
FDMS PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	5	70	1	22	86	30
PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	7	53	0.1	18	133	22
PM2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	3	35	0.2	11	77	14

Tableau 5-a : concentration en nombre et en masse – principales caractéristiques pour les campagnes 2003 et 2004

5.2.4 Comparaison entre les systèmes de caractérisation des particules

Le tableau 5-b présente les calculs de coefficient de corrélation entre les différents paramètres. Nous rappelons que ceci consiste en l'étude d'une relation linéaire.

Concentration en nombre

1. la domination de la fraction ultrafine se confirme, d'une part au sein des particules submicroniques (vu en 2003), mais aussi -grâce à l'APS- vis-à-vis des particules supermicroniques : N et Nt présentent en effet une corrélation R de 0,99 avec N1 (10-100 nm).
2. la gamme N3 présente un coefficient de corrélation bas vis-à-vis de N1 et N2 : 0,41 et 0,47 respectivement.

Les observations 2004 confirment donc les données 2003 sur le rôle dominant des particules ultrafines, et mettent par ailleurs en exergue une **indépendance des modes sub et supermicroniques**.

Concentration en nombre versus PM : particules ultrafines

Nous avons évalué en 2003 la corrélation existant entre les particules ultrafines (représentées par N1) et la concentration massique PM10 mesurée à l'aide d'un TEOM : nous observons une meilleure corrélation en 2004 avec le passage du coefficient de corrélation d'une valeur de 0,46 à 0,72. Nous relevons une tendance comparable pour le PM2,5.

Comme nous le savons, la mesure par TEOM n'est pas considérée comme équivalente à la méthode de référence, ceci notamment du fait de la volatilisation de produits dans certaines configurations météorologiques. Un module complémentaire est étudié actuellement, le FDMS, module dont l'objectif est d'obtenir un ensemble TEOM-FDMS équivalent à la méthode de référence. Il se trouve que nous disposons de données FDMS sur le site de Gennevilliers, à la fois en 2003 et 2004. Il nous a semblé très intéressant d'effectuer là aussi une comparaison entre particules ultrafines et concentration massique. Nous relevons alors une tendance comparable à celle observée pour le TEOM seul, à savoir une augmentation de la corrélation entre 2003 et 2004 ; toutefois, il est important de noter que la corrélation calculée avec la base de données TEOM-FDMS présente un ordre de grandeur inférieur aux résultats obtenus avec la base TEOM : **0,35** en 2003, **0,47** en 2004. La base de données FDMS 2004 est réduite vis-à-vis des autres appareils, avec un taux de fonctionnement de 30 % durant la période : cependant, à titre d'exemple, la corrélation 2004 au sein de ce sous-groupe reste représentative, avec une valeur de 0,75 entre PM10 TEOM et N1, contre 0,72 et 0,76 contre 0,72 entre PM2,5 et N1.

En conclusion, si le lien entre particules ultrafines et PM semble meilleur en 2004 par rapport à 2003, la prise en compte d'une technique de mesure (TEOM-FDMS) plus proche de la méthode de référence que le TEOM seul, indique un coefficient de corrélation inférieur à 0,5.

Concentration en nombre versus PM : particules supérieures à 0,5 µm

L'indicateur N3, comme nous l'avons vu, concerne la concentration en nombre allant environ de 0,5 à 20 µm. Nous le considérons ici pour la première fois, grâce au prêt par le LNE d'un granulomètre spécifique.

Les résultats du tableau 5b nous indique **N3 privilégie un lien avec les mesures PM**, avec par exemple un coefficient de corrélation de **0,76** vis-à-vis du FDMS*). Son lien avec les particules de taille inférieure, est mesuré, avec des valeurs inférieures à 0,5 pour le coefficient de corrélation : 0,41 et 0,47 vis-à-vis respectivement de N1 et N2.

Par ailleurs N3 présente un lien plus net avec le PM2,5 en comparaison au PM10. Ceci est probablement dû au caractère prépondérant sur la concentration en nombre, des particules les plus petites (cf. 5.2.6).

Concentration en nombre versus PM : conclusion

En résumé, cette comparaison entre concentration en nombre et concentration en masse confirme les observations précédentes, à savoir une réelle indépendance entre particules sub- et supermicroniques, ces dernières montrant ici leur lien avec les observations massiques.

R	APS	N1	N2	N1+N2	N1+N2+N3	FDMS (1)	TEOM PM10	TEOM PM2.5	NO2	NO	O3
APS 2004 [< 0,5 - 20 micron]		0.52	0.59	0.55	0.55	0.89	0.59	0.76	0.59	0.13	-0.69
N3 [0,5-20 micron]	0.91	0.41	0.47	0.43	0.43	0.76	0.49	0.65	0.48	0.16	-0.56
SMPS 2004 [10 - 500 nm]	0.55	0.99	0.90	1.00	1.00	0.54	0.77	0.77	0.88	0.13	-0.73
N1 [10 - 100 nm]	0.52	1.00	0.84	0.99	0.99	0.47	0.72	0.72	0.86	0.11	-0.73
N2 [100 - 500 nm]	0.59	0.84	1.00	0.90	0.90	0.72	0.85	0.86	0.83	0.21	-0.64
SMPS 2003 [10 - 500 nm]						0.42	0.51	0.58	0.64	0.73	-0.50
N1 [10 - 500 nm]		1.00	0.81	0.99		0.35	0.46	0.51	0.60	0.70	-0.48
N2 [100 - 500 nm]		0.81	1.00	0.88		0.63	0.64	0.74	0.67	0.73	-0.52

Tableau 5-b : étude du coefficient de corrélation R (en non R²) entre différents paramètres.

Données météorologiques*	Minimum	Moyenne	Maximum
2003			
Vit. vent moy. Km/h	0	12,5	36
T. Air (°C)	-2,8	9,9	22,3
Humidité (%)	24	67	97
2004			
Vit. vent moy. (Km/h)	0	14.7	40.0
T. Air °C	-3.4	8.2	22.7
Humidité %	35	73.5	97.0
Pluie (mm)	0	0.05	6.4
Insolation (min)	0	10.8	60.0
Pression Station. (Hpa)	998.9	1013.5	1028.3
* Source METEO France			

Tableau 5-c : paramètres météorologiques – principales caractéristiques pour les campagnes 2003 et 2004.

5.2.5 Granulométrie

L'objectif de la visualisation 3D est de permettre l'examen de la granulométrie non pas par observation quart horaire une à une, mais de manière globale.

Un échantillon important de la campagne 2004 est ainsi présenté ci-dessous (Figure 5-c).

Nous avons choisi d'effectuer cette représentation sous un format dN/dLogD, et non sous le format dN, plus compréhensible. La raison en est que le SMPS et l'APS sont de conception différente : le positionnement des diamètres encadrant les différents canaux n'est pas la même. L'introduction du dLogD permet en quelque sorte de « normaliser » une partie de ces différences.

La figure 5-c bis présente la distribution en taille moyenne correspondante.

Nota : nous observons un certain « décrochage » sur le graphique 5-c, vers 600 nm, qui reste à expliquer.

Nous retirons de ces deux modes de représentation les éléments suivants :

- les particules ultrafines (< 100 nm) voire les particules inférieures à 200 nm constituent systématiquement la classe dominante en terme de concentration en nombre
- la distribution en taille semble globalement unimodale, dominée par la gamme ultrafine (< 100 nm), la concentration diminuant ensuite systématiquement et de manière très conséquente en fonction de l'augmentation du diamètre, ceci jusqu'à notre maximum, situé vers 20 µm
- nous relevons la présence de cycles : niveaux bas nocturnes, niveaux haut diurnes, valeurs réduites lors des week-ends

Il serait désormais nécessaire de chercher à reconstruire cette granulométrie à travers la variation en intensité de modes par ailleurs plus ou moins fixes en terme de diamètre. Nous pourrions essayer de nous inspirer de la démarche de Ketzler [5], qui a mené une telle reconstruction pour des mesures en rue canyon, à partir de trois modes (11,7– 23,9 – 63,6 nm) ; toutefois ce travail a été fait en milieu « confiné » (rue canyon), fortement dominé par une source unique, et par ailleurs en journée.

La présence de cycles a inspiré un travail spécifique, présenté dans le chapitre suivant.

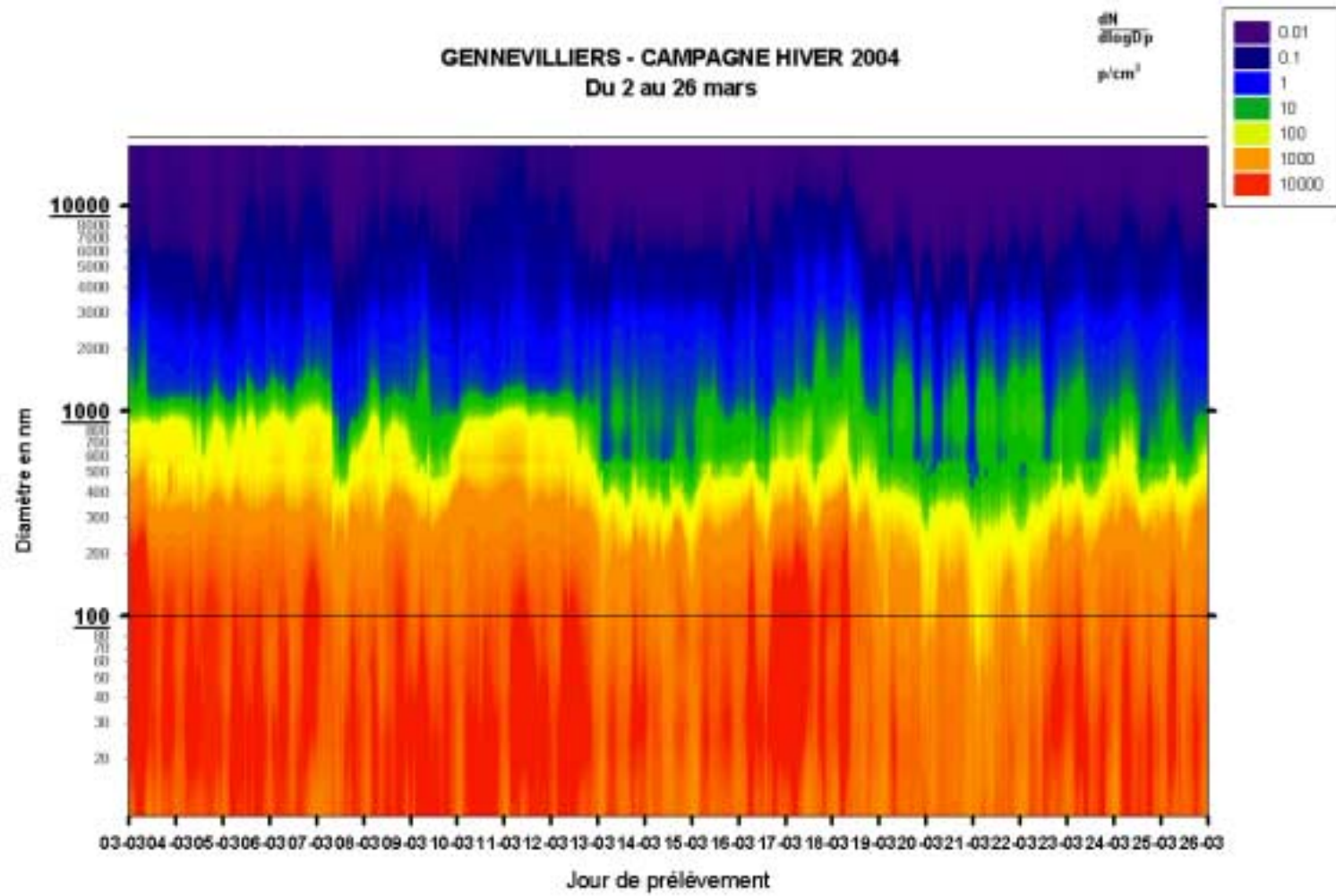


Figure 5 c : suivi temporel de la distribution en taille entre 10 et 20 000 nm – campagne Gennevilliers 2004.

Campagne 2004 - Distribution en taille moyenne

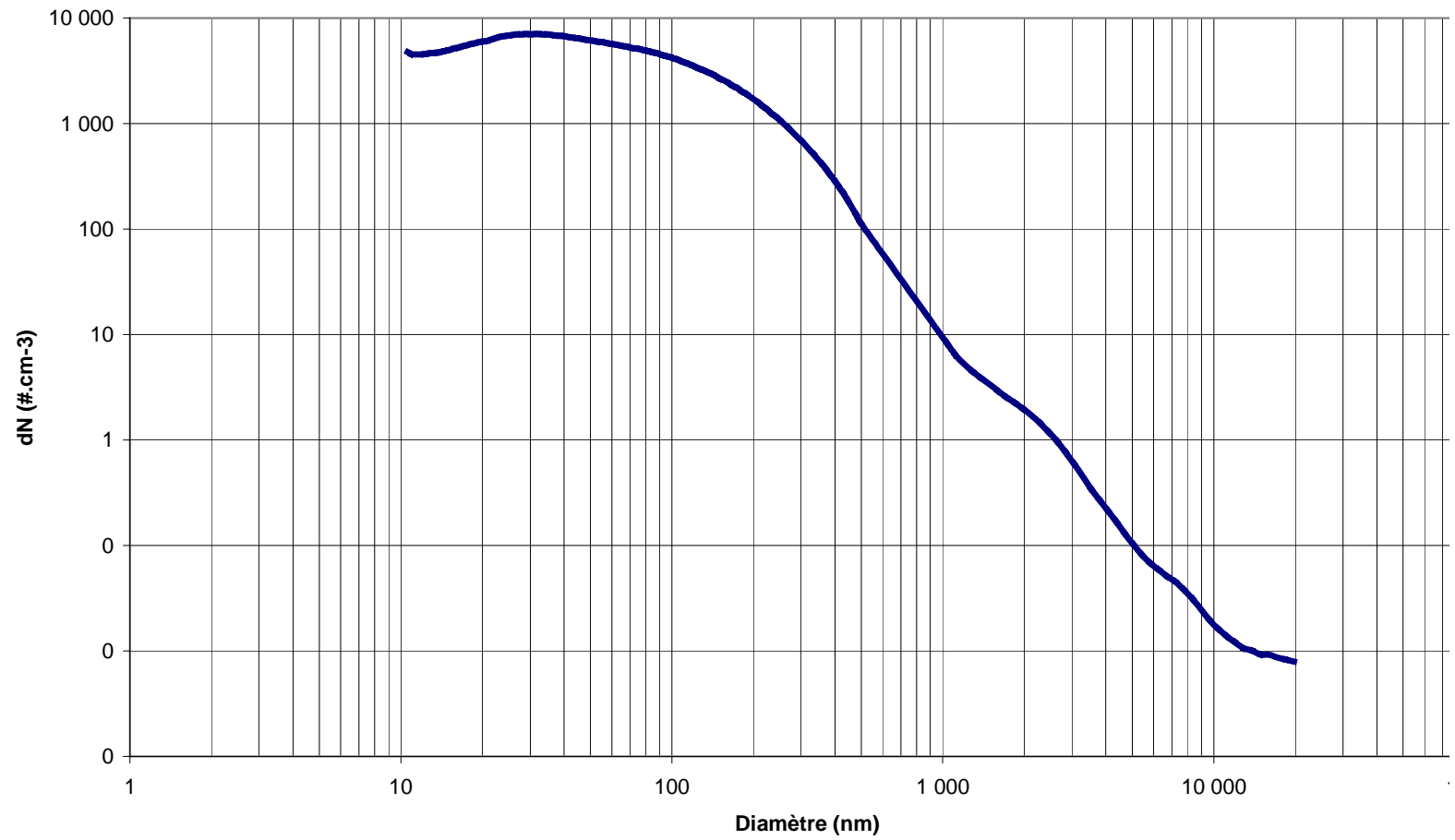


Figure 5 c bis : distribution en taille moyenne sur l'ensemble de la campagne 2004.

5.3 COMPARAISON AVEC LES PROFILS « TRAFIC »

Le travail rapporté ici a bénéficié du concours de Mireille Lattuati d’AIRPARIF, ainsi que de Cécile Honoré et Giovanni Cardenas de l’INERIS, que nous remercions ici.

5.3.1 Préambule

Nous avons relevé en 2003 l’existence d’un profil moyen journalier, doté de deux pics, l’un le matin, l’autre en fin de journée.

La bibliographie présente très fréquemment le trafic comme étant la source principale de particules submicroniques et ultrafines.

Le cas extrême est celui des rues canyon, pour lesquelles cette source domine totalement.

La typologie de notre site de mesure est différente, puisque la station de Gennevilliers est classée « fond urbain ». Toute source présente en région parisienne est donc susceptible de contribuer à l’aérosol observé ; on pense notamment au chauffage urbain, au trafic aéroporté, voire à l’industrie.

Par ailleurs, il est tout à fait évident que des notions complexes telles que la hauteur de la couche de mélange, ont par ailleurs un rôle essentiel.

Le thème proposé au sein de ce chapitre est, compte tenu des réserves que nous venons d’évoquer, de réaliser une comparaison simple entre le profil moyen de la concentration en nombre, et des paramètres descriptifs de ce que peut être le trafic automobile.

5.3.2 Observation du cycle journalier

Le graphique présenté ci-dessous présente le comportement moyen journalier, calculé pour les jours de la semaine, de la concentration en nombre mesurée sur le site de Gennevilliers, durant les campagnes 2003 et 2004.

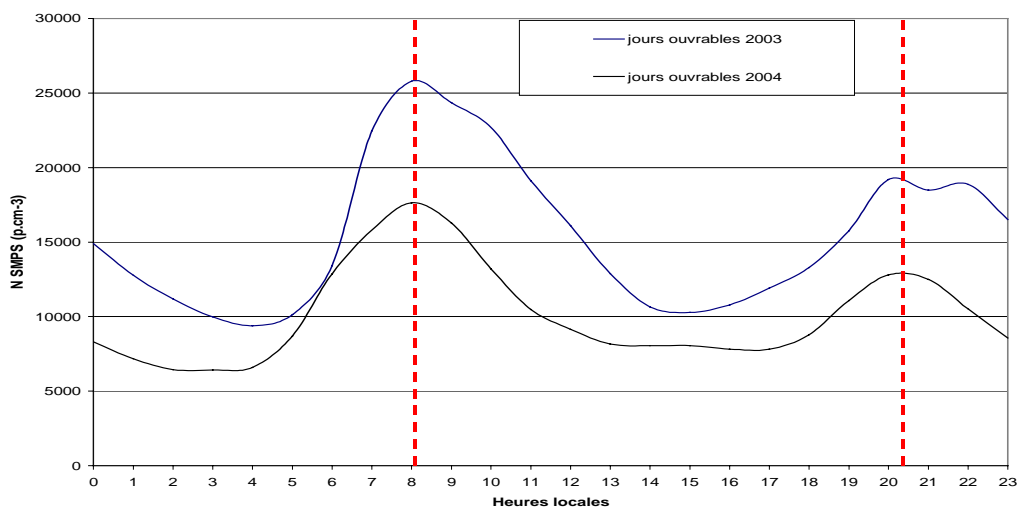


Figure 5-a : profil moyen journalier de la concentration en nombre (10-500 nm) sur le site de Gennevilliers, durant les campagnes 2003 et 2004.

Comme nous pouvons le constater, les profils 2003 et 2004, calculés en heure locale, présente une variation comparable :

- bas niveau nocturne
- amorce de croissance vers 4-5 heures du matin
- point culminant vers 8h
- bas niveau en milieu de journée (12h – 18h)
- second pic centré vers 20h-21h.

La comparaison de ces deux profils présente un coefficient de corrélation R de 0,9. La valeur moyenne 2003 (15 000 p/cc) se situe environ 50% au dessus de la valeur 2004 (10.000 p/cc).

Cette comparaison a été menée sur le PM10 et le PM2.5, et présente des résultats similaires [4].

Nous avons cherché à connaître le niveau de variabilité d'un jour à l'autre de la semaine. La figure 5-b présente les profils individuels de chaque jour ouvré. A l'exception du lundi, concerné en 2003 par deux épisodes de pollution (sur 5 lundis observés), nous relevons une bonne homogénéité des profils.

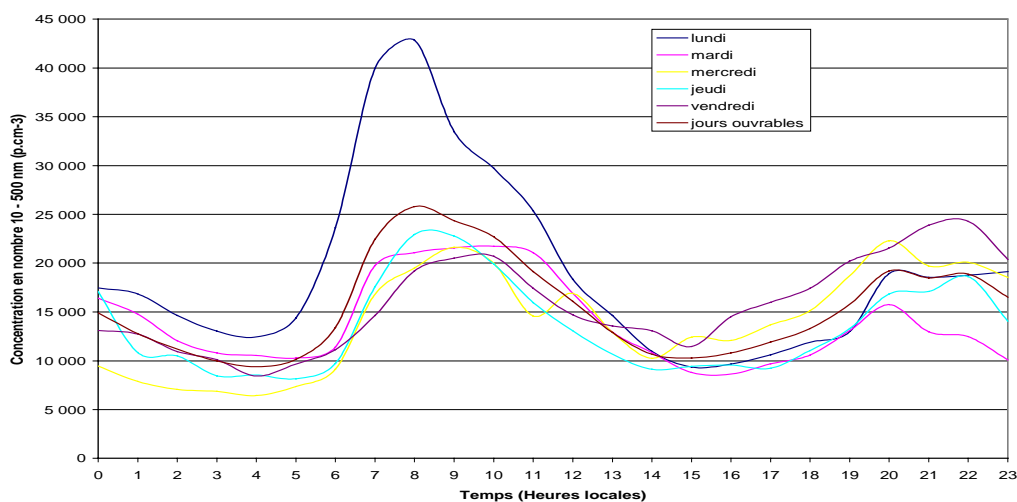


Figure 5-b : cycle moyen journalier de la concentration en nombre, lors de la campagne Gennevilliers 2003.

5.3.3 Relevés trafic

Nous avons cherché à étudier des profils journaliers que pouvaient avoir différents types de trafic, à la fois en terme de nature, et en terme de positionnement géographique.

La région parisienne est équipée d'un nombre important de systèmes de comptage du trafic : Nous avons sélectionné trois types de sites : périphérique, A86, local. Dans chaque cas, un point de comptage a été choisi arbitrairement.

L'ensemble du dispositif est illustré par la figure 5-c.

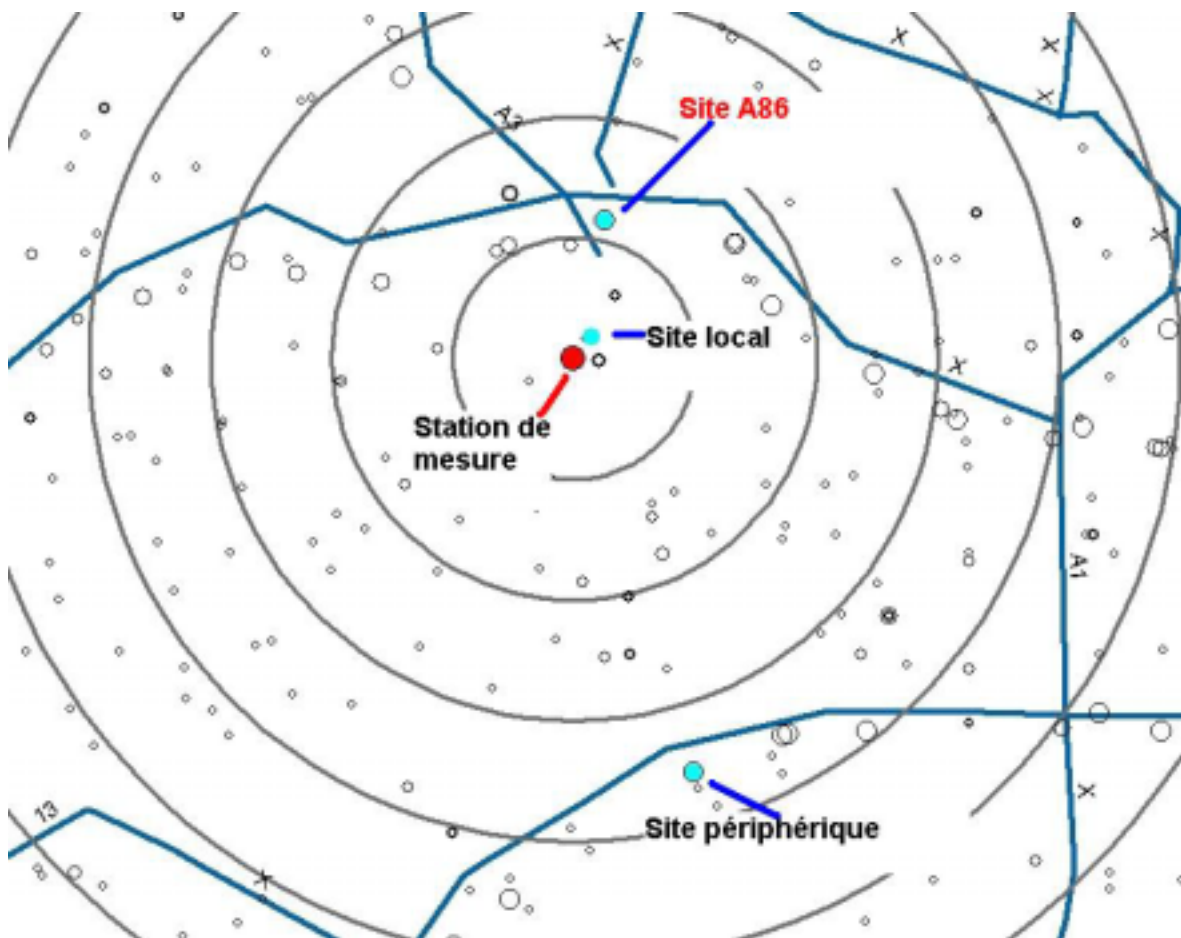


Figure 5-c : carte indiquant la localisation des sites trafic et de la station de mesure.

Site « local »

Nous retrouvons des profils journaliers comparables, entre les campagnes 2003 et 2004, en ce qui concerne le nombre de véhicules à emprunter le site trafic « local » (Figure 5-d).

La comparaison, pour 2004, entre le trafic et la concentration en nombre, est présentée sur la figure 5-e. Les observations sont les suivantes :

- ce site trafic local ne présente aucun apport en direction du niveau de fond nocturne

- nous observons une très bonne synchronisation entre circulation et concentration en nombre, en ce qui concerne le pic matinal, avec cependant, dans le premier cas, un étalement plus important dans le temps
- le site trafic local montre une contribution permanent au sein de la journée, jusqu'au soir, vers 21h environ ; cependant, les différentes caractéristiques de cet apport ne se retrouvent pas visuellement au niveau de la concentration en nombre, particulièrement en ce qui concerne la fin de journée.

Site « périphérique »

Le profil de circulation sur le brin « périphérique » (Figure 5-f) fait apparaître un véritable plateau, quasi-identique d'une année à l'autre, ceci de 8h à 21h. Toutes proportions gardées (il faudrait notamment prendre en compte l'emplacement du brin pris en exemple, la vitesse associée), cela suggère en quelque sorte une quasi-saturation permanente de cet axe de circulation.

Il est par ailleurs important de noter que l'activité nocturne est non-négligeable.

Mise à part une certaine synchronisation au niveau du déclenchement de la croissance, le matin, et de la baisse en fin de journée, la comparaison entre circulation (nombre de véhicule) et concentration en nombre (Gennevilliers) montre des caractéristiques différentes (stabilité d'un côté, variabilité de l'autre).

Site « A86 »

Les profils observés sur ce brin sont globalement comparables en terme de forme, mais avec cependant un niveau de circulation nettement supérieur en 2004.

La comparaison avec la concentration en nombre au cours de la campagne 2004, montre, comme dans le cas du périphérique, une bonne correspondance dans le temps des phases de montée (matin) et de décroissance en soirée.

Le profil de circulation présente cependant un profil assez stable en journée, qui rappelle quelque peu le profil du brin périphérique.

Les courbes de décroissance nocturne sont très proches.

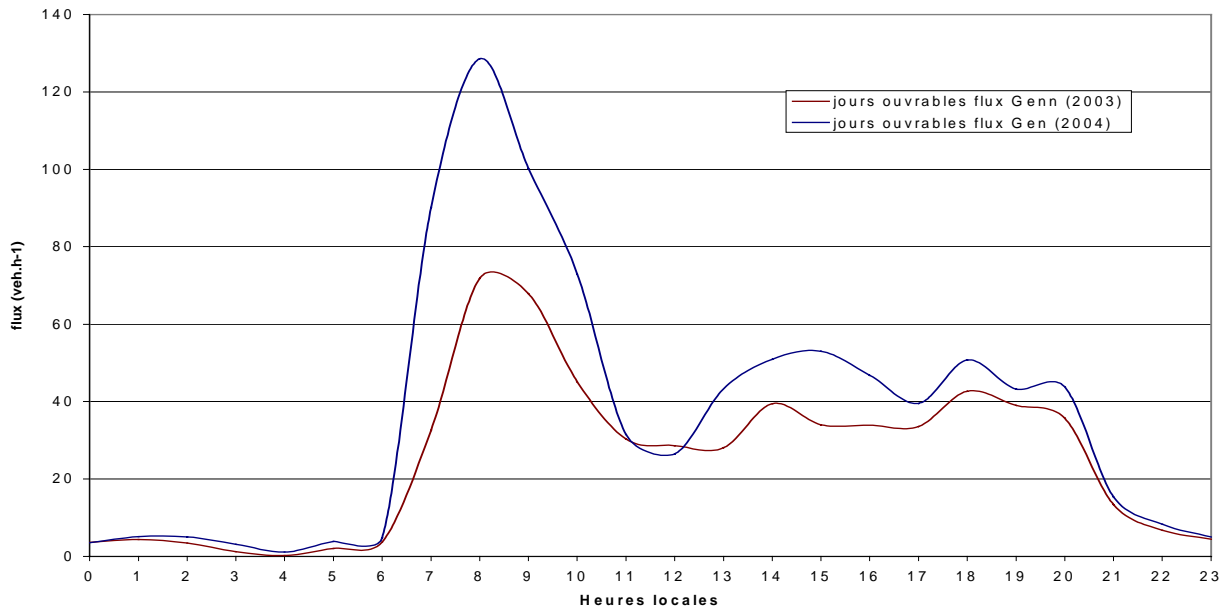


Figure 5-d : circulation moyenne hebdomadaire sur le site trafic de proximité, lors des campagnes 2003 et 2004.

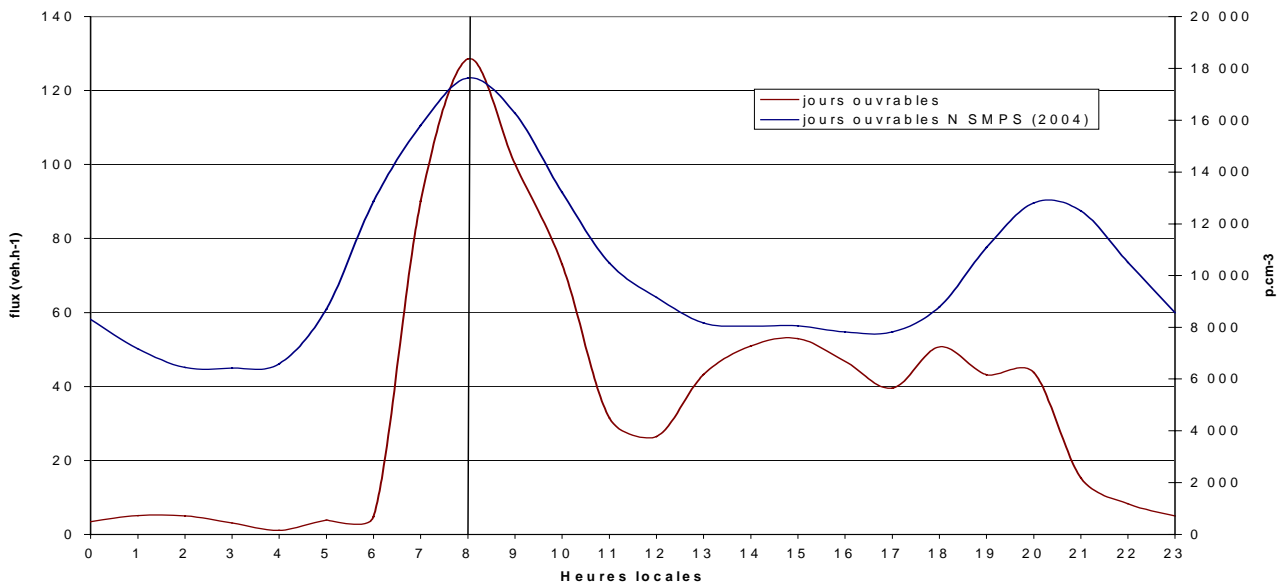


Figure 5-e : campagne 2004 - profils journaliers de la concentration en nombre sur le site de mesure, et du nombre de véhicules, sur le brin « local ».

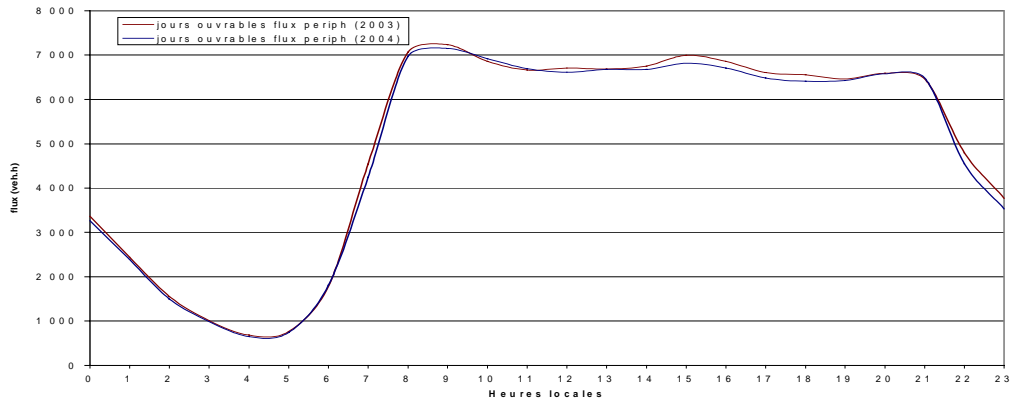


Figure 5-f : circulation moyenne hebdomadaire sur le site trafic « périphérique », lors des campagnes 2003 et 2004.

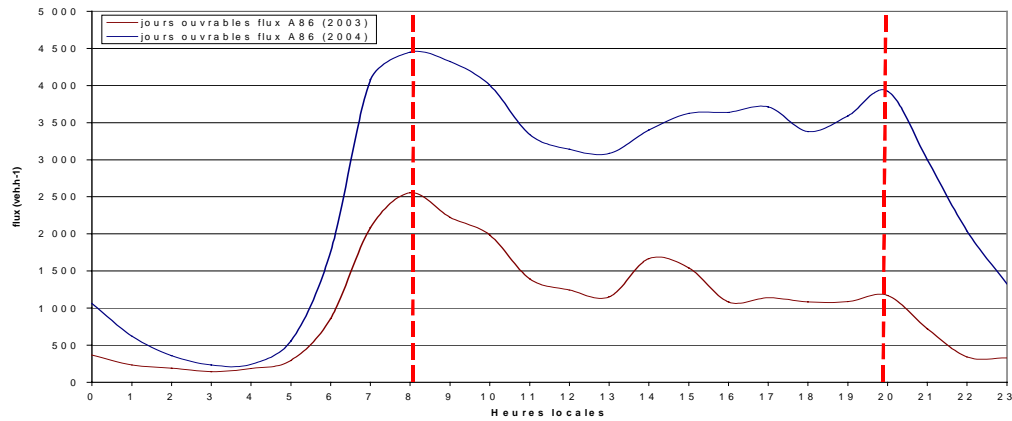


Figure 5-g : circulation moyenne hebdomadaire sur le site trafic « A86 », lors des campagnes 2003 et 2004.

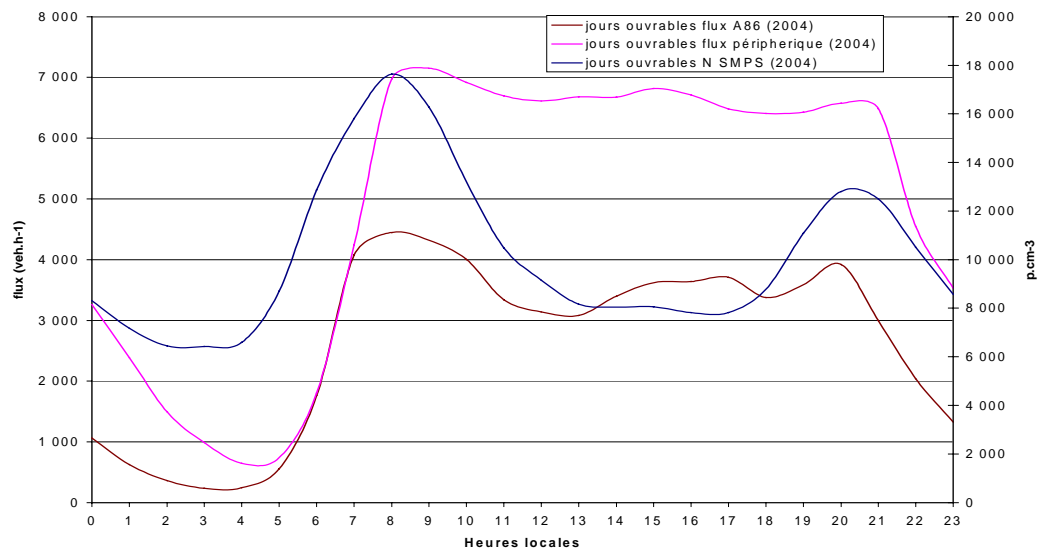


Figure 5-h : campagne 2004 - profils journaliers de la concentration en nombre sur le site de mesure, et du nombre de véhicules, sur le brin « A86 » et le brin « périphérique ».

5.3.4 Discussion

La comparaison du nombre de véhicules au niveau des trois brins de circulation montre une bonne reproduction des profils entre la campagne 2003 et la campagne 2004. Ceci est particulièrement vrai en ce qui concerne le brin « périphérique ».

En terme de comparaison entre concentration en nombre, et nombre de véhicules, nous relevons :

- l'existence d'une contribution nocturne (périphérique, A86) à l'aérosol de fond
- la synchronisation générale quant aux phases de montée matinale, et de diminution en soirée
- la similitude entre le profil local, et le pic de particules matinal
- l'absence, dans les paramètres trafic utilisés, de similitude quant au pic de particules du soir(19h-22h).

A défaut d'établir un lien solide entre trafic et concentration en nombre – outre les aspects météorologiques comme la couche de mélange, nous avons vu en début de chapitre le nombre important de facteurs potentiels, et la complexité de la question posée-, cette étude préliminaire semble toutefois montrer que de solides similitudes existent entre ces deux paramètres :

- l'activité **automobile** de fond, que nous avons cherché à symboliser à travers le brin « périphérique », révèle un **caractère permanent**, pouvant expliquer un bruit de fond nocturne non-négligeable (7 000 p/cc) ; l'A86, sorte de périphérique de diamètre supérieur, y contribue également ;
- la **concentration** en nombre présente une stabilisation, **en milieu de journée, comparable au niveau nocturne** ; c'est en soi une donnée surprenante, car l'on s'attendrait à observer une contribution anthropique diurne plus marquée ; il y a sur ce point un décalage très net vis-à-vis du trafic puisque celui-ci reste à un niveau élevé. Ce constat nous oriente donc vers des facteurs comme le rôle du renouvellement d'air (météo), mais aussi vers des sources autres que le trafic, et actives la nuit (chauffage ?)
- le pic matinal et le pic de fin de journée, se retrouvent de manière systématique en rue canyon, et sont associés au trafic ; dans le cas de la station de fond de Genevilliers, si on observe effectivement un pic matinal au niveau du brin local, ce n'est pas le cas pour le second pic. Sur ce point, il pourrait être utile d'étendre notre travail au deux **autres brins locaux**, disponibles.

5.3.5 Perspectives

Ces premiers résultats vont être discutés avec des spécialistes en modélisation.

Il s'agira notamment de comparer ces premiers éléments avec d'autres études faites par ailleurs, de déterminer s'il est possible de poursuivre ce type de comparaison indicative (par exemple à l'aide des Nox), ou si des outils plus complexes, telle la modélisation, doivent être mis en œuvre.

Il serait également nécessaire d'intégrer des éléments descriptifs en terme d'émissions.

6. TYPOLOGIE (EVALUATION D'ENSEMBLE)

L'objectif de ce volet est de considérer différentes catégories de sites, de les caractériser, et de les positionner les uns par rapport aux autres, ainsi que par rapport au site de référence.

Dans ce cadre, une campagne de mesure est en cours de réalisation sur le site automobile en milieu ouvert de la station de mesure de l'Ecole des Mines de Douai. Elle comprend la mise en œuvre du SMPS, et d'un analyseur de NOx.

Par ailleurs, le volet « métrologie » est également concerné par cette expérimentation : une comparaison de techniques granulométriques a également lieu, ceci en parallèle à des mesures PM « classiques ». Sont ainsi mis en œuvre les moyens suivants :

Granulomètre APS 0,5-20 μm [prêt LNE], granulomètre ELPI [EMD], Grimm, TEOM PM 10 et PM 2.5.

L'exploitation de l'ensemble de ces volets est prévue dans l'exercice 2005, en collaboration avec l'EMD.

7. CONCLUSION

L'objectif fondamental de ce travail est de disposer au sein de la communauté française de surveillance de la qualité de l'air (AASQA, LCSQA, ADEME, MEDD) d'une compétence et d'actions en terme de mesure des particules submicroniques.

Cette démarche a pour raison profonde le rôle sanitaire potentiel de ces particules, ce besoin étant exprimée à travers différents documents d'orientation (OMS, position paper CAFE, PNSE).

L'étude de faisabilité que nous avons réalisée en 2003 a fait place à un programme à part entière.

Des efforts importants ont été consacrés au développement de l'outil : travail de définition des procédures de validation et des formats de la base de données, recherche d'outils de représentation graphique, extension de gamme par le biais de l'APS (0,5 – 20 µm) (LNE).

Une veille bibliographique a été mise en place, et a porté son effort sur la référence européenne la plus riche et la plus ancienne (Erfurt et Leipzig, Allemagne).

Après validation du site de référence, nous avons reconduit la campagne hivernale, en collaboration avec AIRPARIF. En terme de compréhension, nous avons mené une comparaison des profils journaliers entre trafic et concentration en nombre, mettant en évidence -pour partie- de bonnes similarités.

Un volet « typologie » a été mis en place, à travers la réalisation d'une campagne de mesure en novembre, sur le site automobile ouvert de l'EMD.

Les premiers résultats ont été présentés lors de la conférence européenne annuelle sur les aérosols.

8. DIFFUSION DES RESULTATS

8.1 RENCONTRES

Le thème de l'exploitation des données en terme sanitaire est un point important de l'étude de paramètres non-réglés.

A ce titre, et avec le soutien de la Direction Générale de la Santé, des contacts ont été pris, notamment au niveau de l'InVS (Institut de Veille Sanitaire).

8.2 CONGRES

Suite à une première présentation des résultats au niveau français, lors du Congrès français sur les aérosols, en décembre 2003 [2], un poster [3] a été soumis, retenu par le comité de lecture de l'EAC (**European Aerosol Conference**), et présenté lors de la conférence qui s'est tenue à Budapest en septembre 2004.

9. REFERENCES

- [1] – « Caractérisation de l'aérosol atmosphérique en milieu urbain », O. Blanchard et al., LCSQA, étude n°9, convention 03000115, décembre 2003.
- [2] - «Aérosol submicronique en site urbain de fond : cas de la station de Gennevilliers, hiver 2003 », P. Godard, O. Le Bihan, H. Marfaing, O. Blanchard, G. Tymen. '20e Congrès français sur les aérosols', ASFERA, Paris, déc.03
- [3] - « Size distribution and number concentration of 10-500 nm aerosol at an urban background site, Gennevilliers, Paris area », O. Le Bihan, P. Godard, H. Marfaing and M. Ramel, European Aerosol Conference, Budapest, September 2004'.
- [4] – « Apport à la détermination de l'exposition à l'aérosol submicronique », Mickael Reynaud, rapport de stage, Université de Versailles - Saint Quentin en Yvelines, septembre 2004.
- [5] – « Dispersion and transformation of traffic exhaust particles in the urban atmosphere », M. Kettzel, PhD Thesis, Lund University and NERI, 2004.

Partie bibliographie :

Heintzenberg, Muller, Birmili, Spindler, Wiedensohler (1998). Mass-related aerosol properties over the leipzig basin. Journal Of Geophysical Research-Atmospheres 103(D11) :13125-13135 JUN 20 1998.

Wehner, Wiedensohler, Heintzenberg (2000). Submicrometer aerosol size distributions and mass concentration of the millennium fireworks 2000 in Leipzig, Germany. Technical note P II: S0021-8502(00)00039-2

Ruuskanen, Tuch, Ten Brink, Peters, Khlystov, Mirme, Kos, Brunekreef, Wichmann, Buzorius, Vallius, Kreyling, Pekkanen (2000). Concentrations of ultrafine, fine and PM_{2,5} particles in three European cities. Atmospheric Environment 35 (2001) 3729-3738.

Ebelt, Brauer, Cyris, Tuch, Kreyling, Wichmann, Heinrich (2001). Air quality in postunification Erfurt, East Germany : Associating changes in pollutant concentrations with changes in emissions. Environmental Health Perspective 109 (4) : 325-333 APR 2001

Pitz, Kreyling, Holscher, Cyris, Wichmann, Heinrich (2001). Change of the ambient particle size distribution in East Germany between 1993 and 1999. Atmospheric Environment 35 (2001) 4357-4366

Wiedensohler, Wehner, Birmili (2002). Aerosol number concentration and size distributions at mountain-rural, urban-influenced rural, and urban-background sites in germany

Wiedensohler (2003). Long term measurements of size-segregated ambient aerosol in two German cities located 100 km apart. Atmospheric Environment 37 (33) : 4687-4700 OCT

Kreyling (a) (2003). Elemental composition and sources of fine and ultrafine ambient particles in Erfurt, Germany. Science Of The Total Environment 305 (1-3) :143-156 APR 15 2003

Kreyling (b) (2003). Diverging long-term trends in ambient urban particle mass and number concentrations associated with emission changes caused by the German unification. Atmospheric Environment 37 (2003) 3841-3848