



**Conseil Économique  
et Social**

Distr.  
GÉNÉRALE

EB.AIR/WG.1/1999/7  
9 juin 1999

FRANÇAIS  
Original : ANGLAIS

COMMISSION ÉCONOMIQUE POUR L'EUROPE

ORGANE EXÉCUTIF DE LA CONVENTION  
SUR LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE  
TRANSFRONTIÈRE À LONGUE DISTANCE

Groupe de travail des effets  
(Dix-huitième session, Genève, 25-27 août 1999)  
Point 5 c) de l'ordre du jour provisoire

AVENIR DU PROGRAMME ET CRÉATION D'UNE BASE DE DONNÉES  
ENVIRONNEMENTALES POUR LE NOUVEAU PROGRAMME D'EXPOSITION

Rapport intérimaire du Président de l'Équipe spéciale du Programme  
international concerté relatif aux effets de la pollution  
atmosphérique sur les matériaux, y compris ceux  
des monuments historiques et culturels

I. INTRODUCTION

1. Le présent rapport a pour objet de décrire la façon dont va se poursuivre le Programme international concerté relatif aux effets de la pollution atmosphérique sur les matériaux, y compris ceux des monuments historiques et culturels (PIC-Matériaux). Il comprend deux grandes parties. La première concerne l'exploitation des résultats déjà obtenus au cours du programme et porte notamment sur le développement d'activités visant à établir des cartes des zones où il existe un risque de corrosion accru et à calculer les coûts entraînés par les dommages dus à la corrosion. La seconde partie

Les documents établis sous les auspices ou à la demande de l'Organe exécutif de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance aux fins d'une distribution GÉNÉRALE doivent être considérés comme provisoires tant qu'ils n'ont pas été APPROUVÉS par l'Organe exécutif.

est consacrée à la poursuite de l'application du programme d'exposition à plusieurs polluants (le "programme multipolluants") et il y est question notamment de la création d'une base de données environnementales pour la première année d'exposition.

## II. ACTIVITÉS DE CARTOGRAPHIE ET CALCUL DES COÛTS DE LA CORROSION

2. Le programme d'exposition initiale avait pour objet de procéder à une évaluation quantitative des effets des polluants soufrés associés à des oxydes d'azote et à d'autres polluants ainsi qu'à des paramètres climatiques sur la corrosion de certains matériaux importants. Les résultats des mesures de l'exposition des matériaux et des paramètres environnementaux (1987-1995) ont été utilisés pour constituer une base de données propre à permettre de quantifier les effets des polluants atmosphériques acidifiants sur la corrosion des matériaux. L'évaluation statistique des résultats obtenus pour les matériaux concernés a été effectuée par les centres de recherche secondaire responsables et publiée dans des rapports distincts. Une méthode unifiée d'évaluation statistique a ensuite été adoptée de façon à établir des relations dose-réponse satisfaisantes pour pouvoir dresser des cartes et calculer le coût des dommages dus à la corrosion. Cette méthode unifiée a permis d'obtenir des relations dose-réponse pour le cuivre, le bronze, l'acier patinable, le zinc, l'aluminium, le nickel, l'étain, le calcaire, le grès et le verre. Dans les relations dose-réponse établies de manière uniformisée, l'effet des dépôts secs et humides a été exprimé sous forme de termes additifs, ce qui permet de distinguer les parts respectives de ces deux formes de dépôts dans la corrosion totale.

3. Les activités cartographiques ont déjà débuté dans divers pays et une séance spéciale a été consacrée à cette question lors de l'Atelier sur la quantification des effets des polluants atmosphériques sur les matériaux, qui s'est tenu à Berlin en mai 1998 [1]. Des communications ont été présentées par la Suède, l'Espagne, la Norvège, l'Allemagne, l'Australie et la Fédération de Russie. On est parvenu à la conclusion que les fonctions dose-réponse disponibles étaient applicables aux procédés de cartographie. L'établissement de cartes des zones présentant un risque élevé de dommages dus à la corrosion dans le cadre de scénarios reposant sur des hypothèses différentes en matière de pollution est un élément essentiel du programme et permet d'obtenir des informations fondamentales pour l'évaluation des dommages. Toutefois, il est apparu nécessaire de définir des méthodes cartographiques claires afin de faciliter les comparaisons entre les cartes établies par différents instituts ou organisations et pour des pays différents. Il a donc été décidé d'organiser en Suède au printemps de l'an 2000 un atelier sur la cartographie des effets de la pollution atmosphérique sur les matériaux, y compris sur les ressources et biens menacés. L'atelier serait organisé conjointement par le PIC-Matériaux et l'Équipe spéciale de la cartographie.

4. Une des tâches importantes du PIC-Matériaux dans l'avenir concerne le calcul des coûts des dommages causés par les polluants atmosphériques aux matériaux, y compris aux monuments du patrimoine culturel; il devra être l'initiateur des calculs et y participait.

### III. LE PROGRAMME D'EXPOSITION À PLUSIEURS POLLUANTS

5. Le programme d'exposition initial était conçu avant tout pour permettre de déterminer l'effet des polluants soufrés associés à des oxydes d'azote sur les matériaux importants. L'évaluation du programme a montré que cet objectif pouvait être atteint de la manière décrite dans la section précédente.

6. L'objectif initial du programme est cependant devenu insuffisant pour donner une idée précise de la tâche à entreprendre. Dans de nombreux pays européens, la concentration de dioxyde de soufre a sensiblement diminué alors que les concentrations de polluants azotés et d'ozone restent élevées. Le dioxyde de soufre demeurera l'un des principaux polluants mais les effets relatifs des oxydes d'azote, de l'ozone et des particules s'amplifient. C'est pourquoi un programme d'exposition à plusieurs polluants d'une durée de quatre ans a débuté à l'automne 1997. Par rapport au programme initial, des modifications ont été apportées au réseau des sites d'essai, aux matériaux exposés et à la détermination des caractéristiques de l'environnement. En bref, les principales modifications apportées au programme ont consisté à :

- a) Accroître l'efficacité du réseau des sites d'essai en supprimant 18 sites superflus sur les 39 qu'il comptait à l'origine;
- b) Tenir compte de l'action de plusieurs polluants en ajoutant neuf nouveaux sites d'essai correspondant à de nouvelles combinaisons en ce qui concerne les conditions climatiques et la pollution;
- c) Porter la part des sites urbains de 14 sur 39 à 17 sur 30, par exemple en ajoutant de nouveaux sites à Berlin, Paris et Londres;
- d) Élargir le programme à 19 pays, contre 14 dans le programme initial;
- e) Accroître l'efficacité de la communication des données sur l'environnement en utilisant des moyens électroniques, en ne notifiant que des données mensuelles et en remplaçant le paramètre "durée d'humidité", difficile à obtenir, par la température et l'humidité relative;
- f) Tenir compte de l'action de plusieurs polluants en rendant obligatoires les données sur l'ozone, qui étaient facultatives, et en ajoutant deux nouveaux polluants, l'acide nitrique (HNQ) et les particules, comme paramètres facultatifs;
- g) Accroître l'efficacité du programme en excluant des matériaux entrant dans des catégories de matériaux analogues;
- h) Reconnaître l'importance accrue du patrimoine culturel en ajoutant le calcaire aux matériaux retenus pour étudier l'évolution de la corrosion.

7. La tendance à la baisse de la concentration des polluants atmosphériques acidifiants observée dans le réseau des sites urbains et ruraux du PIC-Matériaux s'est accompagnée d'une tendance analogue pour la vitesse de corrosion des matériaux exposés. L'analyse des tendances est considérée comme un moyen important de confirmer les effets sur l'environnement de la réduction des polluants atmosphériques acidifiants opérée en application de la Convention et apparaît comme une méthode permettant de déterminer

d'autres modifications exceptionnelles de l'environnement qui provoquent une dégradation des matériaux. Le choix du calcaire comme nouveau matériau pour l'étude des tendances, à côté de deux métaux (le zinc et l'acier au carbone), est très important pour comprendre les effets de l'évolution de la pollution sur la détérioration des objets du patrimoine culturel.

#### A. Le réseau des sites d'essai

8. Pour supprimer des sites superflus du réseau et en ajouter de nouveaux, on s'est fondé sur un examen attentif des données recueillies au bout de huit ans d'exposition réalisé selon la méthode de l'analyse des constituants principaux (ACP). La figure 1 montre le réseau des sites d'essai pour le programme multipolluants. Le réseau initial comptait 39 sites d'essai répartis dans 14 pays. Le réseau utilisé pour le programme d'exposition à plusieurs polluants en compte 30 répartis dans 18 pays. Vingt et un d'entre eux faisaient déjà partie du réseau initial.

#### B. L'exposition des matériaux

9. Le programme initial portait sur un large éventail de matériaux classés en plusieurs catégories : métaux utilisés dans la construction, peintures, matériaux en pierre et matériaux de contact électrique. Par la suite, les matériaux polymériques et les matériaux en verre ont été ajoutés. Toutes ces catégories sont conservées, comme prévu, mais le nombre total de matériaux dans chacune d'entre elles est inférieur à ce qu'il était dans le programme initial. L'exposition de matériaux afin de déterminer l'évolution de la corrosion, qui est un des éléments du programme initial qui a donné des résultats probants, se poursuit et elle ne concerne plus simplement l'acier au carbone non allié et le zinc mais aussi le calcaire de Portland. On trouvera ci-après la liste des matériaux sur lesquels porte le programme d'exposition à plusieurs polluants et l'indication des centres secondaires responsables :

##### Métaux utilisés dans la construction

Acier au carbone non allié et zinc pour l'analyse des tendances	SVÚOM Praha a. s., Prague, République tchèque
Zinc	EMPA, corrosion/protection des surfaces, Dübendorf (Suisse)
Cuivre et bronze coulé	Bureau de conservation du Land de Bavière, Munich (Allemagne)

##### Peintures

Panneau d'acier revêtu d'une couche primaire d'alkyde et d'une couche de finition d'alkyde-acrylate (80 Fm)	Institut norvégien de recherche sur l'atmosphère (NILU), Lilleström (Norvège)
---	---

##### Matériaux en pierre

Calcaire de Portland (également pour l'analyse des tendances)	Building Research Establishment (BRE), Garston, Watford (Royaume-Uni)
---	--

Matériaux de contact électrique

À confirmer (l'exposition n'a pas commencé en octobre 1997)

Institut suédois pour l'étude de la corrosion, Stockholm (Suède)

Matériaux en verre

Verre M3 et verre M1 (sensible)

Institut de chimie, Académie des beaux-arts, Vienne (Autriche)

Matériaux polymériques

À confirmer (l'exposition n'a pas commencé en octobre 1997)

À déterminer

C. État actuel de l'exposition des matériaux dans le cadre du programme multipolluants

10. Dans le cadre de ce programme, les premiers échantillons ont été prélevés à l'automne 1998. Ils sont en cours d'évaluation et les résultats seront présentés à la réunion de l'Équipe spéciale à Toronto (Canada) du 9 au 11 juin 1999. Les résultats de l'évaluation pour l'acier au carbone sont indiqués à la figure 2. Il s'agit pour l'instant de résultats préliminaires et tous les échantillons n'ont pas encore été évalués. L'acier au carbone est un des matériaux retenus aux fins d'étudier les tendances et jusqu'à présent des résultats ont été obtenus pour les périodes 1987/88, 1992/93, 1994/95, 1996/97 et 1997/98.

D. Définition des caractéristiques de l'environnement

11. Un nouveau manuel a été établi pour les données relatives à l'environnement. Il énonce de nouveaux principes visant à rendre la procédure plus efficace. Dans le programme multipolluants, seules des valeurs mensuelles doivent impérativement être communiquées. Un formulaire de communication des données par voie électronique a été mis au point et tous les pays participants devraient l'utiliser. Les paramètres communiqués sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

12. Pour les données climatiques, tous les paramètres sont obligatoires. Il y a deux grandes différences par rapport au programme initial. Premièrement, il n'est plus jugé important d'indiquer la durée d'humidité dont l'effet peut être exprimé correctement par l'effet combiné de la température et de l'humidité relative. Deuxièmement, l'ensoleillement est exprimé en unités d'effet et non plus en unités de temps.

13. Les polluants gazeux observés sont les suivants : SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> et NHO<sub>3</sub>. Dans le programme original, les deux premiers étaient obligatoires et le troisième facultatif mais le quatrième n'était pas pris en considération. L'évaluation statistique des données obtenues au cours du programme initial a montré que l'ozone (O<sub>3</sub>) était un paramètre important pour certains matériaux, en particulier le cuivre, qui est un métal couramment utilisé à des fins techniques comme matériau de construction ou comme matériau de contact électrique et qui se trouve aussi fréquemment dans des objets du patrimoine culturel. Le HNO<sub>3</sub> est un polluant secondaire formé par l'oxydation du NO.

Il s'agit d'un acide fort à vitesse de dépôt élevée qui est relativement indépendant de l'humidité relative, ce qui accroît son importance dans les climats secs et chauds. Les effets de ce polluant n'ont guère été étudiés jusqu'à présent mais il est potentiellement nocif pour beaucoup de matériaux. Les nouveaux sites ont été choisis en partie pour avoir une gamme des températures plus large dans le réseau. Comme il est difficile d'effectuer des mesures fiables et d'un bon rapport coût-efficacité, la collecte des données est simplement facultative et n'aura lieu que pendant une partie du programme.

14. Les caractéristiques des précipitations sont indiquées comme dans le programme initial.

15. Les particules, qui n'avaient pas été retenues dans le programme initial, ont été incluses à titre facultatif. Jusqu'à présent, on s'est beaucoup moins intéressé à leur effet qu'à celui des polluants gazeux. Les particules ont un effet différent sur le processus de détérioration. Elles sont généralement hygroscopiques, c'est-à-dire qu'elles retiennent l'eau, ce qui prolonge le temps pendant lequel le matériau est humide. Elles peuvent aussi contribuer à accentuer la corrosion et être soit acides soit basiques. Dans ce dernier cas, l'effet des dépôts acides est moindre. Enfin, elles peuvent entraîner un noircissement. Il s'agit là d'un effet optique qui n'a aucune incidence directe sur la résistance des matériaux mais qui est important pour l'aspect visuel d'un objet et exige des mesures de nettoyage coûteuses. Du fait des nombreux effets possibles des particules qui viennent d'être mentionnés, il est nécessaire non seulement de mesurer la quantité totale de particules mais aussi d'obtenir des données chimiques partielles. Le centre secondaire pour l'environnement a conçu un piège à aérosol à cet effet. Toutefois, le dispositif de collecte doit être étalonné de manière à pouvoir établir une corrélation avec d'autres mesures des particules.

E. Point de la situation en ce qui concerne la constitution d'une base de données environnementales pour le programme multipolluants

16. On trouvera à la figure 3 des exemples de données relatives à l'environnement correspondant à des points de mesure du  $\text{SO}_2$ , du  $\text{NO}_2$  et de l' $\text{O}_3$ , classés en fonction du degré de concentration. Sur beaucoup de sites, le degré de concentration de  $\text{SO}_2$  est inférieur à  $5 \text{ Fg/m}^3$ , ce qui s'explique par la nouvelle approche multipolluants. La communication au centre secondaire pour l'environnement de données relatives à l'environnement recueillies par les correspondants nationaux se poursuit et une base de données plus complète sera disponible après la réunion de l'Équipe spéciale à Toronto, en juin 1999.

IV. RÉFÉRENCES

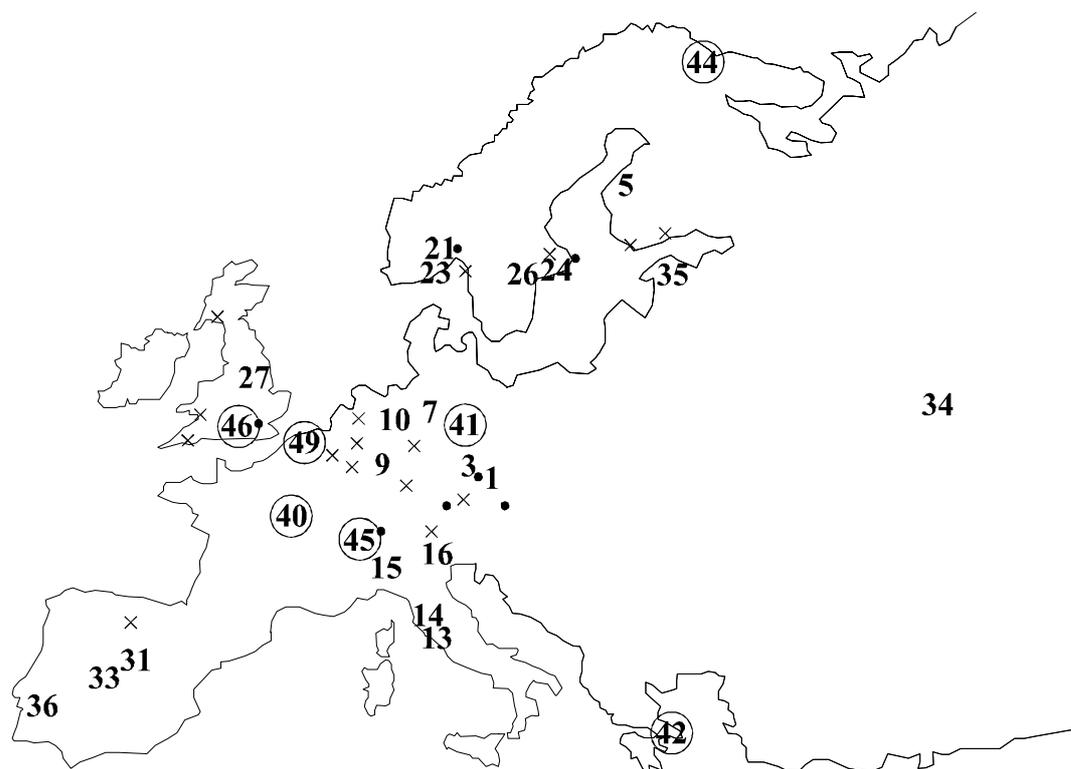
[1.] Quantification des effets des polluants atmosphériques sur les matériaux. Compte rendu des travaux de l'Atelier de la CEE sur la quantification des effets des polluants atmosphériques sur les matériaux, Berlin, 25-28 mai 1998. Publié par S. Fitz, texte 24/99, Umweltbundesamt Berlin, 1999.

Note : Les références, les tableaux et les figures sont reproduits tels qu'ils ont été reçus par le secrétariat.

Tableau. Communication de données sur l'environnement pour le programme d'exposition à plusieurs polluants. Toutes les données sont communiquées sur une base mensuelle

Données obligatoires	Données facultatives
<p><u>Données climatiques</u></p> <p>Température, EC Humidité relative, % Rayonnement solaire, MJ/m<sup>2</sup></p> <p><u>Gaz</u></p> <p>SO<sub>2</sub>, µg/m<sup>3</sup> NO<sub>2</sub>, µg/m<sup>3</sup> O<sub>3</sub>, µg/m<sup>3</sup></p> <p><u>Précipitations</u></p> <p>Hauteur, mm Conductivité, µS/cm H<sup>+</sup>, unités de pH SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, mgS/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, mgN/l Cl<sup>-</sup>, mgCl/l</p>	<p><u>Gaz</u></p> <p>a/ HNO<sub>3</sub>, µg/m<sup>3</sup></p> <p><u>Précipitations</u></p> <p>NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, mgN/l Na<sup>+</sup>, mgNa/l Ca<sup>2+</sup>, mgCa/l Mg<sup>2+</sup>, mgMg/l K<sup>+</sup>, mgK/l</p> <p><u>Particules</u></p> <p>a/ Dépôts et analyse chimique.</p>

a/ Un financement extérieur est envisagé.



1	Prague (U)	21	Oslo (U)	37	Dorset (R)
3	Kopisty (I)	23	Birkenes (R)	40	Paris (U)
5	Ähtäri (R)	24	Stockholm Sud (U)	41	Berlin (U)
7	Waldhof Langenbrügge (R)	26	Aspvreten (R)	42	Athènes (U)
9	Langenfeld Reusrath (R)	27	Lincoln Cathedral (U)	43	Tel-Aviv (U)
10	Bottrop (I)	31	Madrid (U)	44	Svanvik (R)
13	Rome (U)	33	Tolède (R)	45	Chaumont (R)
14	Casaccia (R)	34	Moscou (U)	46	Londres (U)
15	Milan (U)	35	Lahemaa (R)	47	Los Angeles (U)
16	Venise (U)	36	Lisbonne (U)	49	Anvers (U)

Figure 1. Liste des sites d'essai (numéro, nom, type (urbain/rural/industriel)) et carte indiquant approximativement l'emplacement des sites retenus pour le programme d'exposition à plusieurs polluants :

- ! Centres de recherche responsables de l'évaluation
- x Sites utilisés pour le programme initial qui n'ont pas été retenus
- ± Nouveaux sites

Les sites se répartissent comme suit : Allemagne (7, 9, 10, 41), Belgique (49), Canada (37), Espagne (31, 33), Estonie (35), États-Unis (47), Fédération de Russie (34), Finlande (5), France (40), Grèce (42), Israël (43), Italie (13 à 16), Norvège (21, 23, 44), Portugal (36), République tchèque (1, 3), Royaume-Uni (27, 46), Suède (24, 26) et Suisse (45).

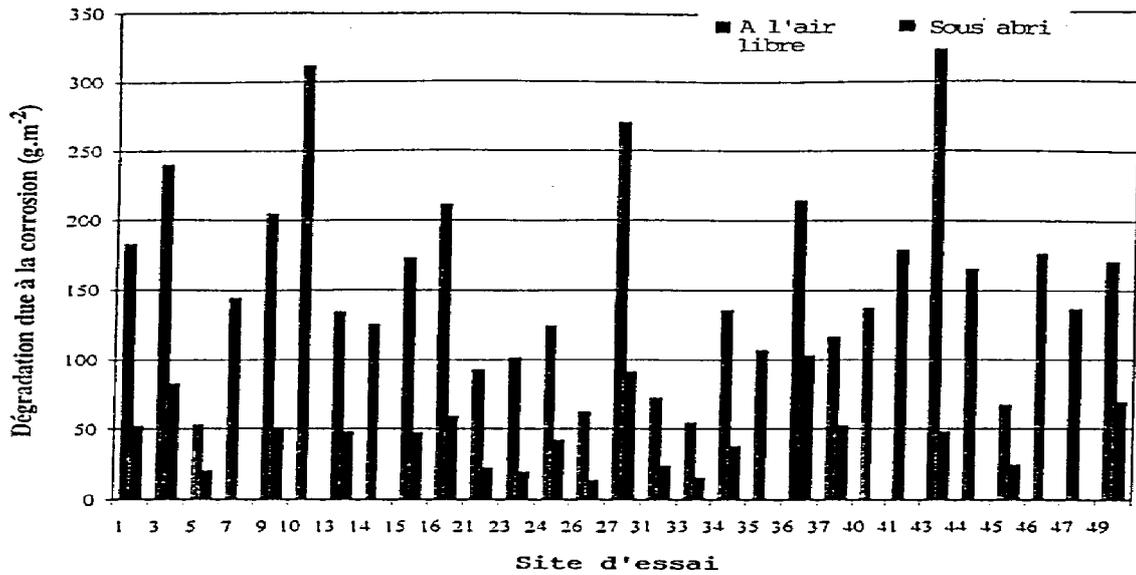


Figure 2. Corrosion de l'acier au carbone après un an d'exposition dans le cadre du programme multipolluants (1997/98). Pour l'emplacement des sites, voir la figure 1.

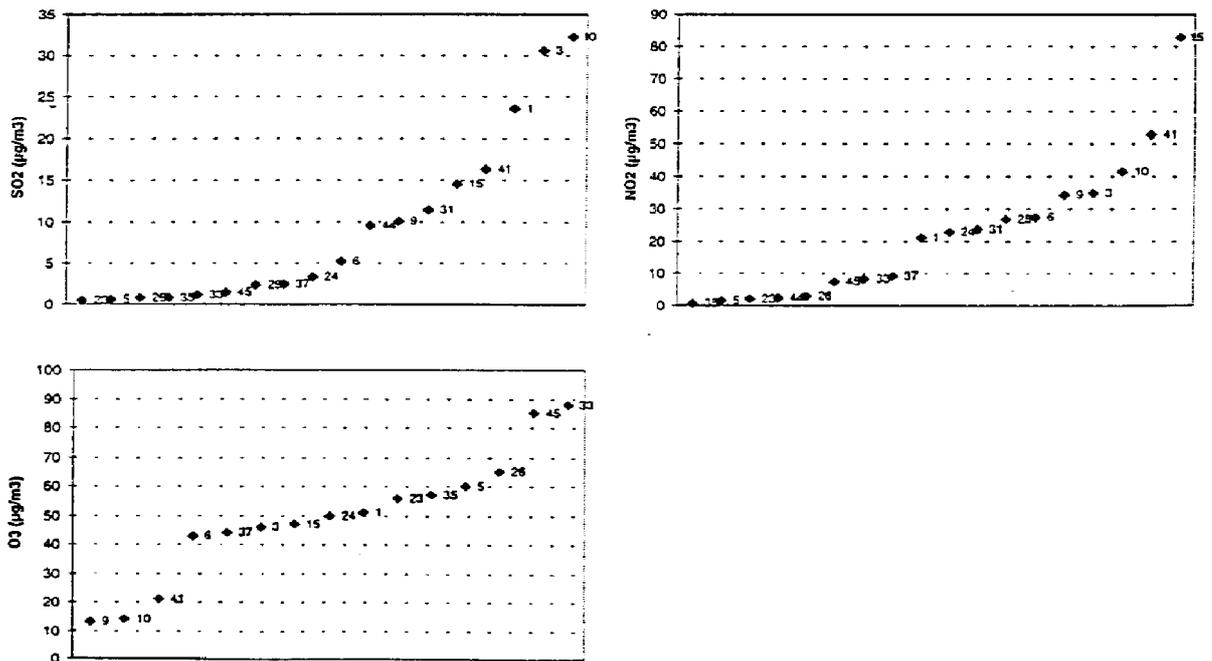


Figure 3. Points de mesure du SO<sub>2</sub>, du NO<sub>2</sub> et de l'O<sub>3</sub> pour la période 1996/97 (classés par ordre croissant, en fonction du degré de concentration) et numéros des sites correspondants. Pour l'emplacement des sites d'essai, voir la figure 1.