

Un système national de prévision de la qualité de l'air à l'échelle européenne : le projet PREV'AIR

INERIS*, IPSL**

Introduction

Le système PREV'AIR est né de la volonté du ministère de l'Écologie et du Développement durable (MEDD) de disposer de données nationales issues de programmes de simulations de la qualité de l'air, afin de répondre à un double objectif. Il s'agit d'une part de contribuer efficacement aux débats européens relatifs à la pollution atmosphérique transfrontalière, et d'autre part de renforcer les moyens d'appui aux pouvoirs publics et aux Associations agréées pour la surveillance de la qualité de l'air en France (AASQA). La faisabilité d'un tel programme avait été démontrée dès l'année 2001, avec le programme expérimental PIONEER (<http://euler.lmd.polytechnique.fr/pioneer>) lancé dans le cadre du Programme national de chimie atmosphérique (PNCA).

PREV'AIR résulte de travaux menés en partenariat étroit entre l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS), le CNRS/IPSL (Institut Pierre Simon Laplace) et l'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie).

Pratiquement, il s'agit d'une structure informatique regroupant des modèles numériques de simulation de la qualité de l'air, des modules assurant l'alimentation de ces modèles en données d'entrée et l'exploitation des données numériques générées par le système. Celles-ci (cartes et prévisions de pollution) sont librement accessibles par Internet, via le site <http://prevair.ineris.fr>. Il est important de noter que les informations calculées et diffusées correspondent à une représentation de la **pollution de fond**, basée sur la modélisation du transport et de la chimie des polluants à grande échelle. Le rendu de phénomènes locaux de pollution (impacts urbains et/ou industriels, situation orographique complexe) sort du domaine d'action de PREV'AIR et relève de la compétence des AASQA.

Trois types de résultats sont élaborés de manière routinière par l'INERIS grâce au système PREV'AIR. Ils concernent :

- la prévision quotidienne des pics et moyennes journaliers de pollution pour le jour même, le lendemain et le surlendemain, informations librement accessibles sur le site et qui constituent la partie visible du système ;
- les cartographies de la veille établies pour la France à partir de simulations, et corrigées en incorporant les observations transmises quotidiennement par les AASQA***. Ces sorties numériques sont archivées afin d'alimenter une base de données de simulation ;
- les bilans et études de scénarios de réduction des émissions polluantes.

Le serveur PREV'AIR a été ouvert au public le 1^{er} juillet 2003. Il a ainsi permis aux pouvoirs publics et aux acteurs de la qualité de l'air, de disposer de données numériques et cartographiques relatives aux concentrations d'ozone et de dioxyde d'azote pendant tout l'été. L'étendue spatiale et temporelle exceptionnelle des épisodes de pollution estivaux a ainsi pu être prévue, suivie et analysée d'un point de vue global, à l'échelle de l'Europe de l'Ouest. Les principaux enseignements issus de ces travaux, précédés d'un bref rappel des principes de fonctionnement du système PREV'AIR sont présentés dans ce document.

Principes de fonctionnement

Modèles utilisés

Le modèle CHIMERE développé par le CNRS/IPSL [1] depuis la fin des années 1990 constitue la clé de voûte du système. Il s'agit d'un modèle déterministe résolvant les équations physico-chimiques du transport et de la formation/destruction des polluants atmosphériques en chaque point d'un maillage tridimensionnel couvrant le domaine d'étude.

La version utilisée dans PREV'AIR s'étend sur six niveaux verticaux (jusqu'à une altitude de 3 500 mètres

* Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS), Direction des Risques Chroniques - Parc Technologique Alata - BP 2 - 60550 Verneuil-en-Halatte. E-mail : laurence.rouil@ineris.fr

** CNRS/IPSL (Institut Pierre Simon Laplace). Laboratoire de Météorologie Dynamique, École polytechnique, 91128 Palaiseau. E-mail : robert.vautard@lmd.polytechnique.fr

***Les AASQA transmettent quotidiennement leurs données à la base de données temps réel, BASTER, développée par l'ADEME, et interrogée par PREV'AIR une fois par jour.

environ) avec une résolution horizontale de 50 km x 50 km. Les performances du modèle CHIMERE dans cette configuration ont été évaluées de façon systématique à de multiples reprises [1], notamment lors des expériences EUROPOLLUX (www.euler.lmd.polytechnique.fr/europollux) et PIONEER (www.euler.lmd.polytechnique.fr/pioneer). Ces choix, ainsi que les hypothèses adoptées dans le modèle, s'imposent donc comme un compromis raisonnable entre le rendu de résultats de qualité satisfaisante et les contraintes en temps de calcul inhérentes aux objectifs de prévision du système. Aucun obstacle purement technique ou scientifique (si ce n'est l'existence des inventaires d'émissions correspondants) ne s'opposerait à la réalisation de simulations sur des grilles nettement plus fines afin d'en améliorer la qualité, au détriment du gain en temps de calcul.

Données d'entrée

Pour réaliser les prévisions d'ozone et de dioxyde d'azote, le modèle CHIMERE est alimenté par deux types de données d'entrée :

- *l'inventaire des émissions*. Il est issu du programme EMEP (*Co-operative programme for monitoring and evaluation of the long-range transmissions of air pollutants in Europe* – www.emep.int). Les données utilisées sont les émissions nationales de dioxyde de soufre, oxydes d'azote, composés organiques volatils et ammoniac, réparties dans l'espace sur des mailles de 50 km de côté. Les clés de répartition temporelle sont issues des travaux de l'université de Stuttgart (www.ier.uni-stuttgart.de) et permettent de construire des émissions à une résolution horaire pour toute l'année ;

- *les prévisions météorologiques*. CHIMERE ne générant pas les données dynamiques nécessaires, les prévisions proviennent du modèle AVN développé au NCEP (*National Centers for Environmental Prediction, USA* – www.ncep.noaa.gov). Elles sont disponibles avec une résolution spatiale de l'ordre de 1° et nécessitent donc d'être affinées. Pour parvenir à cet affinement, le modèle dynamique méso-échelle MM5 est utilisé [2] et permet d'accéder à des informations météorologiques sur une grille dont le pas horizontal est de 36 km.

PREV'AIR fournit également des cartographies de la situation en France, *a posteriori*, pour la veille de chaque jour. Les simulations sont corrigées en utilisant les observations transmises quotidiennement par les AASQA à la base de données temps réel développée par l'ADEME (BASTER). Des procédures d'adaptation conçues dans le cadre de travaux menés par le Laboratoire de météorologie dynamique [3] et l'université d'Orsay [4] sont appliquées dans ce but.

La figure 1 fournit une illustration du schéma de principe du système PREV'AIR.

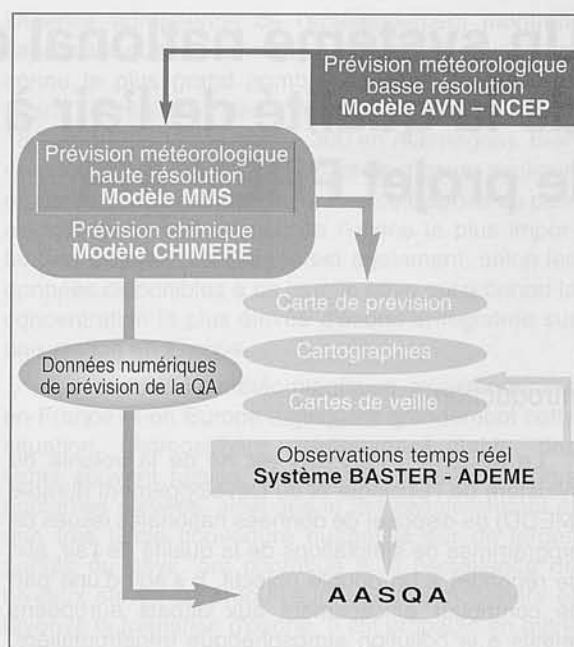


Figure 1.
Principe de fonctionnement du système PREV'AIR.

Évaluation des prévisions

Les mesures des AASQA sont fondamentales pour évaluer la qualité des prévisions effectuées. Des scores sont ainsi établis grâce à des indicateurs statistiques tels que le biais normalisé (différence relative entre calculs et mesures), l'erreur quadratique moyenne normalisée, le coefficient de corrélation, et le pourcentage de jours pour lesquels l'erreur est en dessous de 20 %.

Ces informations remises à jour quotidiennement en fonction des performances observées la veille sont accessibles sur le site. À titre indicatif, les performances relatives à la prévision calculée des pics d'ozone pour la période allant du 10 avril au 1^{er} octobre 2003 sont données dans le tableau 1. Deux échéances sont proposées, celle correspondant au jour d'avant (qui incorpore les prévisions météorologiques à plus courte échéance) et celle correspondant au surlendemain.

Tableau 1.
Statistiques pour la prévision des pics d'ozone établies pour la période du 10-04-2003 au 30-09-2003.

Indicateur	Échéance	Stations rurales	Stations périurbaines
Biais normalisé (%)	J - 1	- 6,9	- 2,5
	J + 2	- 11,1	- 6,4
Erreur quadratique normalisée (%)	J - 1	18,5	20,2
	J + 2	21,7	22,0
Corrélation	J - 1	0,82	0,81
	J + 2	0,77	0,77
% de jours pour lesquels l'erreur est inférieure à 20 %	J - 1	72,1	73,7
	J + 2	63,6	67,2

L'épisode d'ozone de l'été 2003

L'été 2003 a été marqué, particulièrement en France par une période de canicule accompagnée d'un épisode de pollution photochimique exceptionnel par sa durée et sa couverture géographique. Les prévisions numériques disponibles sur le site PREV'AIR ont permis de représenter l'évolution du phénomène, sa dimension européenne, et sa durée. Les figures 2 et 3 sont les prévisions disponibles sur le site, et calculées aux échéances respectives du 2 août (extension progressive de l'épisode de pollution) et du 8 août (persistance de fortes concentrations d'ozone généralisées). Ces représentations correspondent aux simulations brutes et doivent donc être interprétées en considérant les limites dues à leur faible résolution et au caractère extrême de l'épisode d'août 2003, d'un point de vue météorologique.

À titre d'exemple, la figure 4 fournit le détail de la situation pendant la journée du 8 août, l'une des plus polluées de la période critique qui s'est étendue du 1^{er} au 15 août. Elle illustre bien l'étendue du phénomène. L'ensemble de l'Europe de l'Ouest a été

concerné par l'épisode : la France, le sud du Royaume-Uni, le BENELUX, ainsi qu'une grande partie de l'Allemagne et le nord de l'Italie.

En France, même si l'Ile-de-France, la région Centre, la région Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA), l'Alsace et la région lyonnaise ont été particulièrement touchées par des phénomènes d'une ampleur exceptionnelle par leur durée, la quasi-totalité du pays a connu des épisodes significatifs (y compris dans des régions moins concernées par la pollution par l'ozone, comme la Bretagne).

La figure 4 permet également de vérifier, du point de vue de la modélisation, la capacité du système PREV'AIR à reproduire les concentrations d'ozone correctement, sur des domaines de grande taille. Elle est issue de calculs bruts réalisés *a posteriori* avec le modèle CHIMERE dans une version postérieure à celle utilisée dans PREV'AIR durant l'été*. Les points superposés représentent des stations de mesure avec en noir les zones où la valeur de $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été dépassée, et en blanc celles où ce niveau n'a pas été atteint. La vague de pollution qui a traversé tout l'ouest et le nord-ouest du pays est représentée de

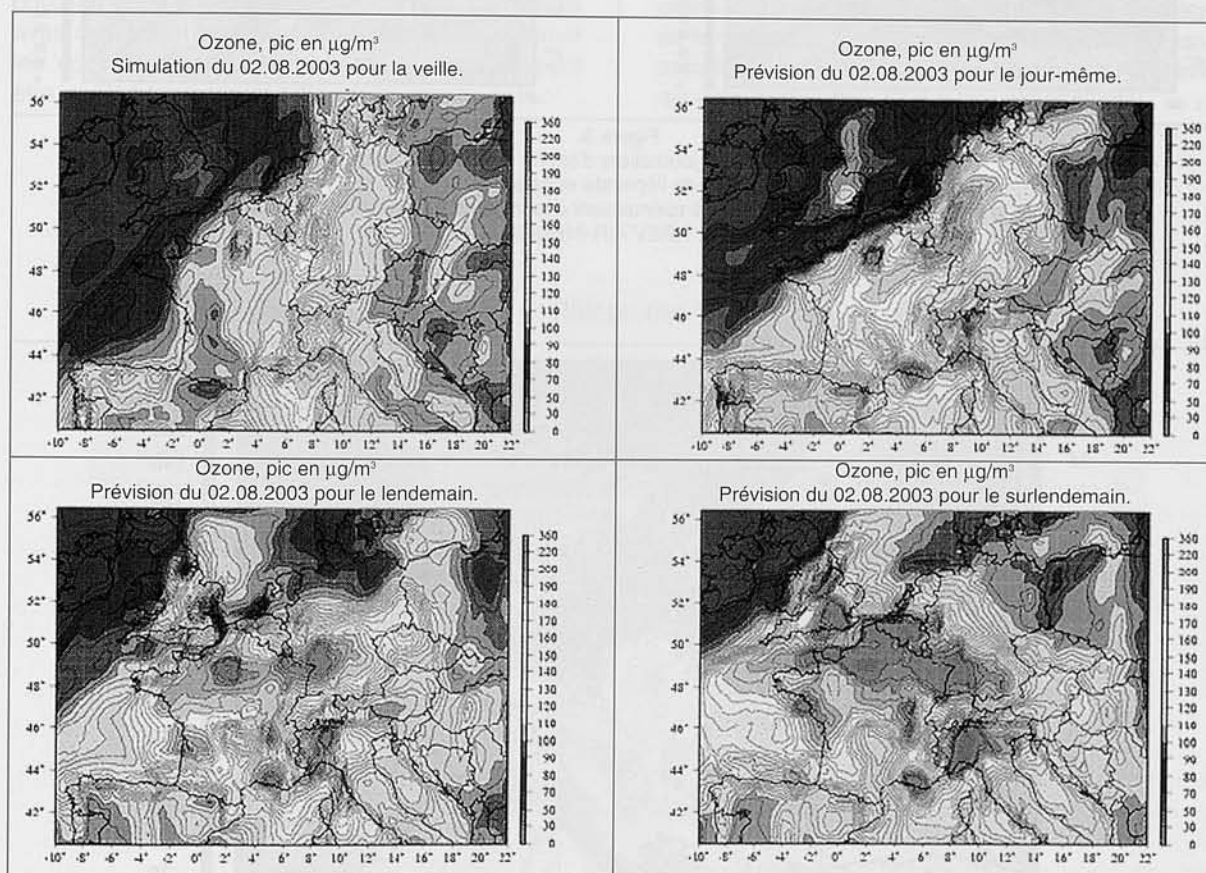


Figure 2.

Prévision des maximums journaliers d'ozone entre le 3 et le 5 août.

Les « points chauds » (Ile-de-France, PACA, Alsace, région lyonnaise, vallée du Pô, vallée de la Ruhr) sont ciblées dès le début de l'épisode, et peu à peu la vague de pollution s'étend sur l'Europe du Nord.

(Cartes : PREV'AIR-INERIS/IPSL)

*Les simulations de l'été 2003 effectuées avec cette version du modèle seront disponibles sur le serveur PREV'AIR fin 2003.

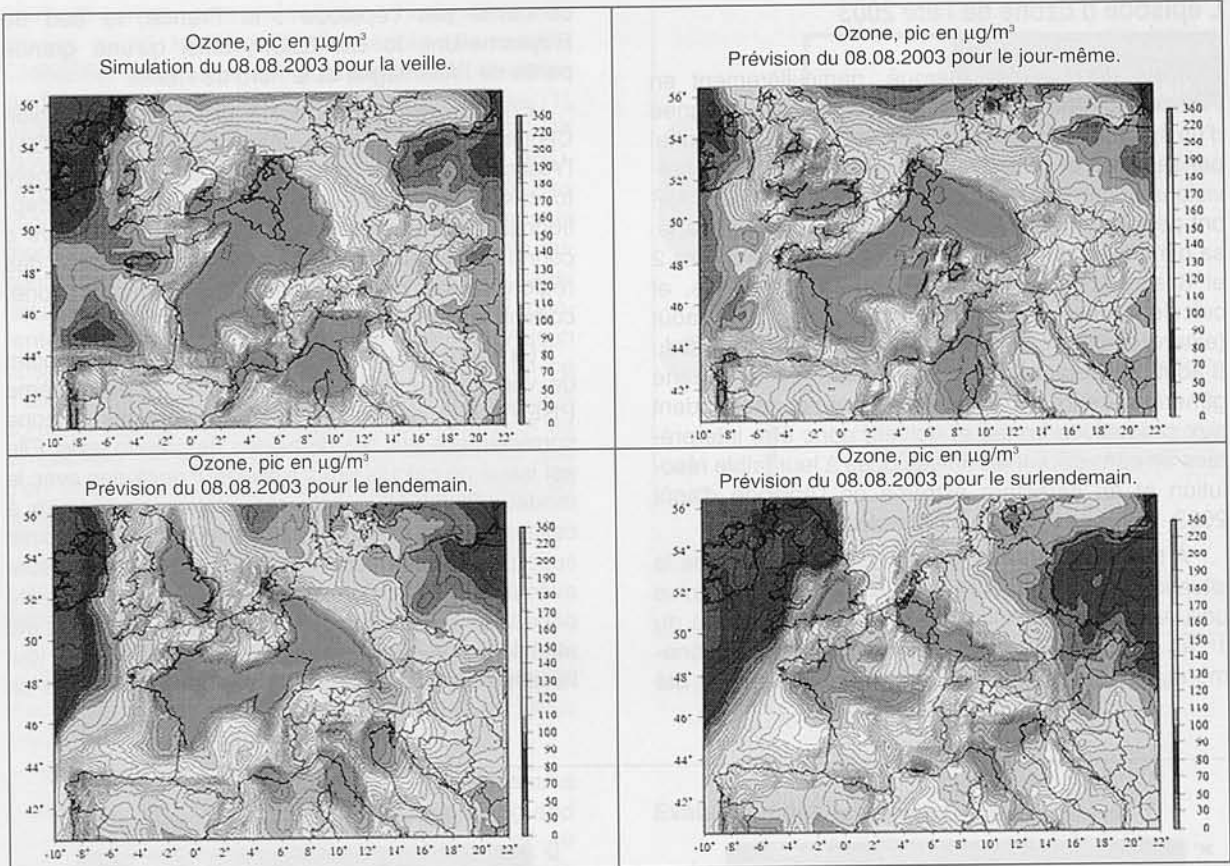


Figure 3.
Prév́sion des maximums journaliers d'ozone entre le 8 et le 10 août.
Installation de l'épisode et persistance :
l'ensemble de la France et les zones limitrophes connaissent des maximums journaliers supérieures à 110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
(Cartes : PREV'AIR-INERIS/IPSL)

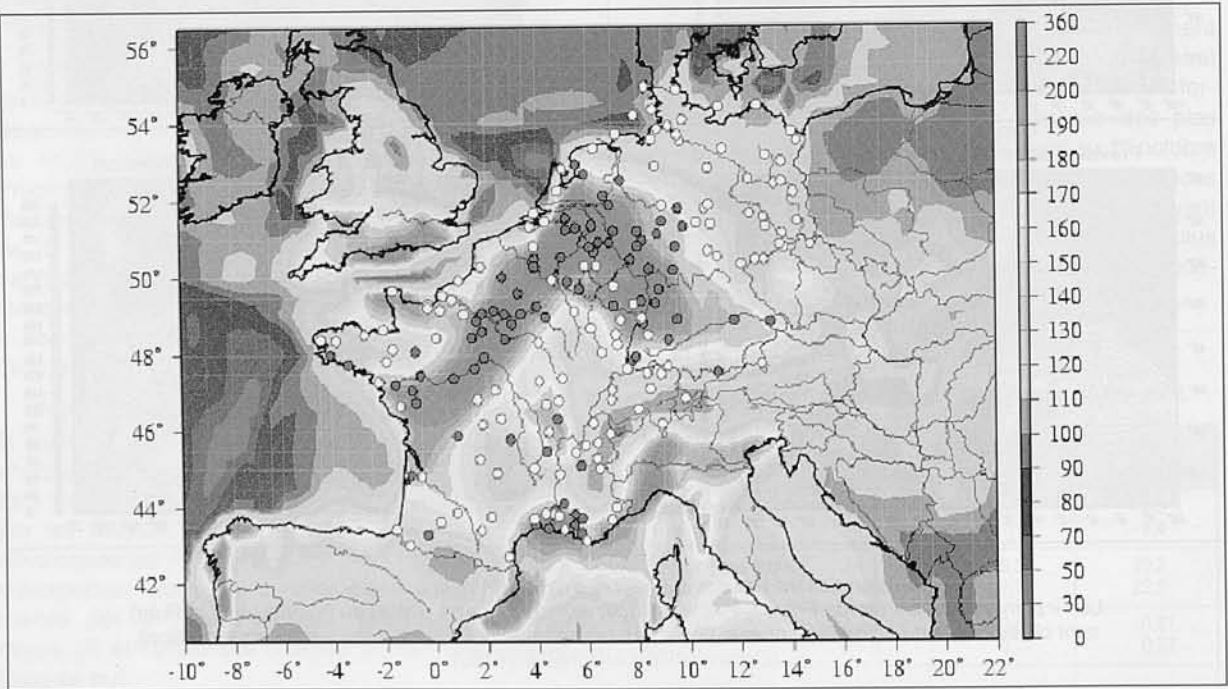


Figure 4.
Simulation des concentrations d'ozone le 8 août 2003 à 14 h TU.
(Carte : CNRS/IPSL)

manière satisfaisante. Les zones ayant enregistré des dépassements du seuil d'information sont globalement bien identifiées. En revanche quelques événements ne sont pas correctement reproduits, notamment dans les zones de fort relief (région de Pau, de Grenoble, Massif central, Vosges) ou à proximité des côtes (Lorient, Marseille). Ce sont des situations typiques dans lesquelles PREV'AIR trouve ses limites, aisément explicables par la faible résolution (mailles de 50 km x 50 km).

Ce document présente les résultats de la campagne PREV'AIR 2003, réalisée du 17 août 2003 au 17 septembre 2003. Les données sont présentées sous forme de cartes et de tableaux.

Conclusion

Le système PREV'AIR a fourni quotidiennement tout au long de l'été 2003 des prévisions à deux jours des concentrations d'ozone et de dioxyde d'azote et des cartographies établies *a posteriori* de ces polluants atmosphériques. L'expérience, très positive, est riche d'enseignements et de voies d'amélioration.

Les prévisions produites ont relativement bien retracé l'évolution spatio-temporelle de la vague de pollution de la première quinzaine d'août. Le modèle avait cependant une tendance globale à surestimer les concentrations*. Plusieurs explications peuvent être avancées ; parmi les plus évidentes on note :

- les incertitudes sur l'inventaire des émissions anthropiques (relatif à l'année 1999 et qui surestime donc la situation de 2003) ;
- la surestimation des émissions d'oxydes d'azote d'origine biogénique (par les sols) très limitées en période estivale, voire quasiment inexistantes au mois d'août ;
- de manière générale des incertitudes très fortes sur les émissions biogéniques ; les modèles d'émission sont généralement valables pour des températures inférieures à 35 °C, seuil largement dépassé cet été ;
- des incertitudes sur la modélisation de la dynamique de l'atmosphère dans ces situations exceptionnelles.

Ces pistes sont prises en considération et contribueront à améliorer la future version de PREV'AIR (fin 2003).

D'autres études sont menées parallèlement sur la prise en compte d'autres polluants et notamment des aérosols. La surveillance des particules fines, du fait de leur impact avéré sur la santé humaine, risque de faire l'objet des développements les plus importants dans le futur. Il est clair que la modélisation de la formation des aérosols secondaires est un domaine en pleine expansion, qui se situe encore aux frontières de la recherche. Cependant la prévision des aérosols secondaires constitue la prochaine étape du système, qui sera menée dès 2004 à titre expérimental.

Références

1. Schmidt H, Derognat C, Vautard R, Beekmann R. A comparison of simulated and observed ozone mixing ratios for the summer of 1998 in western Europe. *Atmos Environ* 2001 ; 35 : 6277-97.
2. Grell G, Dudhia J, Stauffer D. A description of the 5th generation Penn State/NCAR mesoscale model (MM5). Rapport n° NCAR/TN-392 + STR, 1995. www.mmm.ucar.edu/mm5/doc1.html
3. Blond N. Assimilation de données photochimiques et prévision de la pollution troposphérique. Thèse de Doctorat de l'École polytechnique, Palaiseau 2002.
4. Grancher D, Bel L, R. Vautard R. Cartographie et prévision des champs de pollution à l'échelle locale à partir des résultats de simulation d'un modèle continental. Rapport du Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air, juin 2003.

* Pour cette période et sur la France précisément, car d'une manière cumulée les indications statistiques établies depuis le mois d'avril montrent plutôt une tendance à la sous-estimation des concentrations d'ozone (due à la faible résolution adoptée).

