



MISE EN PLACE D'UNE METHODOLOGIE POUR LA CARTOGRAPHIE DE L'OZONE A L'ECHELLE DU DEPARTEMENT DE L'ISERE

Participants :

Responsable de l'étude : C. Chappaz

Recherche des sites : C. Chappaz / C.Mignet / E.Chaxel / N.Vigier / A.Thomasson / H.Chanut
S.Socquet

Pose des tubes : C. Chappaz / C.Mignet / V.Vestri / E.Chaxel / H.Chanut / A.Thomasson
H.Clot-Godard / S.Socquet / E.Spor / F.Bouchenna / A.Lorido / G.Carlino / M.Colombo / S. Waitz

Mesures GPS : M. Colombo / E.Chaxel / C.Mignet / G.Carlino / C.Chappaz / V.Vestri

Rédaction du rapport et traitements géostatistiques : E.Chaxel

Nombre de pages du rapport : 110

Octobre 2001	E. Chaxel	C. Chappaz / ASCOPARG J. Deraisme / Geovariances
<i>Date</i>	<i>Auteur + visa</i>	<i>Approbateur + visa</i>

RESUME

La demande d'information du public et la législation impliquent la réalisation de cartes précises des polluants et d'une estimation de l'incertitude de ces représentations.

Dans ce contexte, l'ASCOPARG (ASSociation pour le CONtrôle et la Préservation de l'Air dans la Région Grenobloise) a souhaité réaliser une première cartographie de l'ozone à l'échelle du département de l'Isère et constituer une base de données permettant d'élaborer des plans d'échantillonnage pour les campagnes de mesures futures.

A l'aide d'échantillonneurs passifs, une centaine de sites, répartis sur l'ensemble du département isérois, ont ainsi fait l'objet de mesures du 19 juillet au 2 août 2001. L'étude géostatistique des résultats a permis de développer une méthodologie pour la réalisation de cartes de pollution en ozone sur un vaste territoire.

Compte tenu de la complexité des phénomènes de production, de transport et de destruction de l'ozone dans l'atmosphère, le traitement des résultats a été spécifique à la période de mesures et à la zone géographique d'étude.

La méthode de mesures à base de tubes à diffusion puis l'interpolation grâce aux outils géostatistiques imposent de ne jamais dissocier les résultats d'une erreur de mesure. L'estimation de cette erreur permet de garder un œil critique sur les cartes réalisées.

Les interpolations, réalisées à l'aide du krigeage ordinaire, peuvent fournir des résultats satisfaisants dans des zones homogènes en terme de qualité de l'air, mais l'utilisation de variables explicatives devient indispensable dans des zones où la topographie et les émissions exercent un véritable contrôle sur la concentration de l'air en ozone. Malheureusement ces phénomènes sont difficilement modélisables avec des lois physiques et l'étude a consisté en partie, à rechercher et calculer des variables explicatives du phénomène de manière empirique, par tâtonnements.

Cette recherche de variables est conditionnée par la connaissance de données sur une grille suffisamment précise. Des données comme l'altitude, les émissions de polluants atmosphériques primaires, l'occupation du sol et la démographie doivent être fiables et connues sur des grilles précises pour que l'on puisse espérer obtenir des résultats satisfaisants.

Le cokrigeage avec variable colocalisée consiste à poser une hypothèse très forte, celle que la concentration en ozone est liée linéairement à la variable colocalisée, cependant elle est nécessaire pour espérer obtenir des résultats dans des zones très vastes où l'échantillon des données a une taille limitée. Le recours au cokrigeage peut permettre de réaliser des économies significatives en matériel et en investissement humain pour se concentrer sur des zones où la répartition des concentrations en ozone est moins évidente.

Deux types de cartes ont été réalisées :

- ✓ Sur une zone géographique réduite (Grenoble et son agglomération), contrôlée par un régime de production d'ozone local
- ✓ Sur une zone géographique globale (le département de l'Isère). Dans ce deuxième cas, il a été indispensable de veiller à ne pas privilégier un régime de production d'ozone donné mais de modéliser l'ensemble des phénomènes observés

De manière générale, trois points doivent être retenus pour réaliser une cartographie de la concentration d'ozone sur de grandes surfaces à l'aide de méthodes à base de tubes à diffusion :

- ✓ Pour diminuer les incertitudes sur les mesures, il est indispensable d'utiliser trois tubes par site de mesure.
- ✓ Pour calculer les concentrations en ozone à partir des absorbances fournies par le laboratoire d'analyse, il est nécessaire de coupler sur les stations fixes d'analyseurs d'ozone au minimum huit tubes à diffusion passive
- ✓ Le maillage de l'étude doit être réalisé avec soin et nécessite la prise en compte de différents facteurs (topographie, émissions, taille des agglomérations...)

ABSTRACT

This study was realised from July 19 to August 2, 2001 in the main administrative division of Isère (France). Its aim was to measure the concentration of tropospheric ozone in 96 places of the division. Diffusive passive samplers were used so as to draw pollution maps of these 7,210 sq.miles area. A methodology adapted to this kind of studies was thus developed. Because of the complexity of the phenomena of production, transport and destruction of ozone in the atmosphere, the results for each study have to be processed in different ways, depending on the period and the geographic zone of study. Because the measures were based on passive samplers and because they have to be interpolated thanks to geostatistic tools, the results have to be associated with an error of measurement. This error can not be exactly calculated but can only be estimated. In this way, the operator has to keep a critical eye on the maps that he gets.

The interpolations, which were realised with the ordinary kriging method, can give good results in some areas. Nevertheless, the use of explicative variables can become usefull in other areas where the topology really controls the concentration of ozone. Unfortunately these phenomena are difficult to modelise with physic laws and the operator has to look for collocated variables empirically to perform cokriging with these variables. This research of variables is conditioned by the knowledge of data on a grid. Data, as height, emissions of primary atmospheric pollutants, occupation of the ground and demography, should be known on grids of reliable and precise values. The cokriging method with collocated variables consists in assessing a very strong hypothesis : the concentration of ozone has a linear dependance with the collocated variable. However it is necessary to obtain results in very broad areas, where the amount of data has a limited size. The use of cokriging can allow realising significant savings of materials in certain areas and so, can permit the use of more samplers where the distribution of concentrations of ozone is less predictable. The maps can represent either a limited geographic area with different production rate of ozone, or a global and large area, like an administrative division. The production of ozone is due to two different phenomena: the presence of primary pollutants in the atmosphere and the natural production. These two phenomena would be modelised separately.

The implementation of precise methodologies is a priority to obtain reliable maps. Such maps will be used to supply information about the air quality for populations who live on the area of study and forward, but can also be used to introduce studies about the risks for human health. If environmental norms concern the maximums of concentration today, the consequences of long exhibition in a polluted atmosphere could be the subject of future studies. But an extended study of several months is necessary for that purpose.

The main points to consider in order to realize these maps of concentration of wide range with passiv samplers are :

- ✓ Use of three samplers on each place of measure
- ✓ Use of eight samplers on each place of measure associated with a fix analyzer
- ✓ Use of a grid of study adapted to several factors

INTRODUCTION

La loi sur l'air du 30 décembre 1996 reconnaît à chacun le droit de respirer un air qui ne nuise pas à sa santé. Ce principe est assorti de l'obligation du concours de l'état et des collectivités territoriales pour « l'exercice du droit à l'information sur la qualité de l'air et ses effets sur la santé et l'environnement ». L'échéance fixée par la loi sur l'air est une surveillance de l'ensemble du territoire national avant le 1^{er} janvier 2000.

La surveillance de la qualité sur la région de Grenoble est actuellement assurée grâce à un réseau de capteurs mesurant des concentrations en différents polluants géré par l'AS.CO.P.A.R.G, l'ASsociation pour le COntôle et la Préservation de l'Air en Région Grenobloise. Ces capteurs sont regroupés dans des stations fixes réparties sur l'ensemble de l'agglomération grenobloise et placées dans différents environnements. Ils permettent de connaître les concentrations en polluants que nous respirons en milieu urbain, péri-urbain, industriel ou rural.

Les mesures réalisées dans des intervalles horaires ou quart-horaires vont donner des indications sur l'état de la pollution atmosphérique et vont être à la base du calcul de l'indice ATMO au niveau de l'agglomération grenobloise.

En application de la loi sur l'air et face à la demande accrue d'information, formulée par les différents acteurs économiques et politiques de la région et les habitants de l'agglomération grenobloise, l'AS.CO.P.A.R.G. est encouragée à pousser plus loin les investigations pour fournir des concentrations de polluants fiables pour chaque zone géographique. L'objectif est de pouvoir fournir des cartes représentant les concentrations en différents polluants sur l'ensemble du département de l'Isère.

En 1996, une évaluation de la répartition de l'ozone et du dioxyde d'azote atmosphériques a été effectuée sur le sud de l'agglomération grenobloise.

Afin de mettre en place une méthodologie pour l'établissement de cartes de pollution, l'ASCOPARG a souhaité réaliser une première étude sur le département isérois. Cette étude sur l'ozone atmosphérique, réalisée par l'AS.CO.P.A.R.G. avec le soutien humain de CO.P.A.R.LY. (COmité pour le contrôle de la Pollution Atmosphérique dans le Rhône et la région LYonnaise), s'est divisée en deux campagnes d'une durée d'une semaine du 19 juillet au 2 août 2001. La pose de tubes passifs sur une zone englobant toute la surface du département de l'Isère a été suivie de leur analyse en laboratoire et du traitement géostatistique des données. Etant donné que des cartes couvrant une zone géographique aussi large n'ont jamais été réalisées dans le département, il a fallu procéder à un choix arbitraire de nombreux paramètres liés à l'étude ne pouvant pas être déterminés au préalable, tels la grandeur de l'échantillon ou la durée de chaque campagne. Le traitement géostatistique des données est réalisé intégralement avec le logiciel ISATIS[®] de GEOVARIANCES.

SOMMAIRE

RESUME.....	1
ABSTRACT	3
INTRODUCTION	4
SOMMAIRE.....	5
1 PRESENTATION DE L'ETUDE.....	8
1.1 CHOIX DU POLLUANT ETUDIE	8
1.1.1 Les polluants atmosphériques	8
1.1.2 L'ozone	8
1.1.2.1 Origine.....	8
1.1.2.2 Effets sur la santé	9
1.2 LES MESURES	10
1.2.1 Echantillonnage	10
1.2.1.1 Maillage principal de 20 km sur 20 km.....	10
1.2.1.2 Maillage secondaire de 5 km sur 5 km.....	11
1.2.1.3 Maillage complémentaire de 5 km sur 5 km.....	11
1.2.1.4 Stations fixes ASCOPARG	11
1.2.2 Tubes à diffusion passive.....	12
1.2.2.1 Données sur les tubes	12
1.2.2.2 Nombre de tubes par site	13
1.2.3 Choix des sites.....	14
1.2.3.1 Représentativité	14
1.2.3.2 Notes techniques	14
1.2.3.3 Traçabilité.....	15
1.2.4 Pose des tubes	16
1.3 CALCUL DES CONCENTRATIONS	17
1.3.1 Validation des valeurs d'absorbances	17
1.3.1.1 Calculs préliminaires	18
1.3.1.2 Etude des notes	18
1.3.1.3 Utilisation des statistiques	19
1.3.2 Calcul de l'incertitude	20
1.3.2.1 Evaluation de l'incertitude sur les mesures des tubes passifs.....	22
1.3.2.2 Evaluation de l'incertitude sur les mesures des analyseurs	24
1.3.3 L'ajustement orthogonal.....	26
1.3.4 Calculs des concentrations sur les sites couplés et non couplés.....	27
2 PRESENTATION DES RESULTATS.....	28
2.1 DONNEES RELATIVES A L'ETUDE.....	28
2.1.1 Météo.....	28
2.1.1.1 Températures	28
2.1.1.2 Vent	31

2.1.1.3	Précipitations	34
2.1.2	<i>Indice Atmo</i>	34
2.2	ETUDE GENERALE DES DONNEES NON VALIDEES	35
2.3	VALIDATIONS DES DONNEES	37
2.3.1	<i>Observations</i>	37
2.3.1.1	Première semaine	37
2.3.1.2	Deuxième semaine	38
2.3.2	<i>Statistiques</i>	39
2.3.2.1	Première semaine	39
2.3.2.2	Deuxième semaine	43
2.4	CALCULS DES CONCENTRATIONS.....	45
3	CARTOGRAPHIE A L'AIDE DE LA GEOSTATISTIQUE.....	47
3.1	PRESENTATION DES OUTILS	47
3.1.1	<i>Choix de l'échantillon</i>	47
3.1.2	<i>Premières cartes de concentration pour la semaine 1</i>	48
3.1.3	<i>L'apport de la géostatistique</i>	51
3.1.3.1	Le variogramme	51
3.1.3.2	Le krigeage	51
3.2	ETUDE GEOSTATISTIQUE DES DONNEES	52
3.2.1	<i>Krigeage ordinaire</i>	52
3.2.1.1	Premier essai	52
3.2.1.2	Recherche d'anisotropies	58
3.2.1.3	Utilisation de voisinages glissants.....	63
3.2.2	<i>Recherche de variables explicatives</i>	66
3.2.2.1	Topographie	66
3.2.2.2	Densité de population.....	67
3.2.2.3	Emissions de polluants.....	68
3.2.3	<i>Calcul des cofacteurs</i>	73
3.2.3.1	Altitude seule	73
3.2.3.2	Altitude et émissions	77
3.2.3.3	Altitude et densité de population.....	82
3.2.3.4	Récapitulatif	83
3.2.4	<i>Co-Krigeage</i>	83
3.2.4.1	Modélisation des variogrammes croisés	84
3.2.4.2	Validation croisée.....	87
3.2.4.3	Co-krigeage ordinaire avec variable colocalisée.....	87
3.2.5	<i>Cas de la ville de Grenoble</i>	91
3.2.5.1	Calcul et modélisation des variogrammes au niveau de l'agglomération	91
3.2.5.2	Cokrigeage colocalisé sur une grille réduite	92
4	CONCLUSIONS DE L'ETUDE	94
4.1	IMPACT SUR LA POPULATION	94
4.2	TYPE D'ECHANTILLONNAGE ET NOMBRE DE TUBES	95
4.2.1	<i>Sites couplés</i>	95
4.2.1.1	Stations fixes défectueuses	95
4.2.1.2	Stations fixes validées	95
4.2.1.3	Sites non couplés	97
4.3	UTILISATION DE CORRECTIONS.....	98
4.4	ETUDE DU DOUBLE MAILLAGE 20 ET 5 KM	99



4.4.1.1 Maille de 20 km.....	99
4.4.1.2 Maille de 5 km.....	100
4.4.2 <i>Différents maillages et choix de sites</i>	106
4.4.2.1 Sites en agglomération (zone urbaine et périurbaine)	106
4.4.2.2 Sites de plaine	107
4.4.2.3 Sites de montagne	107
4.5 UTILISATION DES VARIABLES AUXILIAIRES	108
4.5.1 <i>Précision des grilles de variables explicatives (grille d'interpolation)</i>	108
4.5.1.1 Altitude	108
4.5.1.2 Emissions	108
4.6 CHOIX DE SITES PARTICULIERS	108
ANNEXES	110