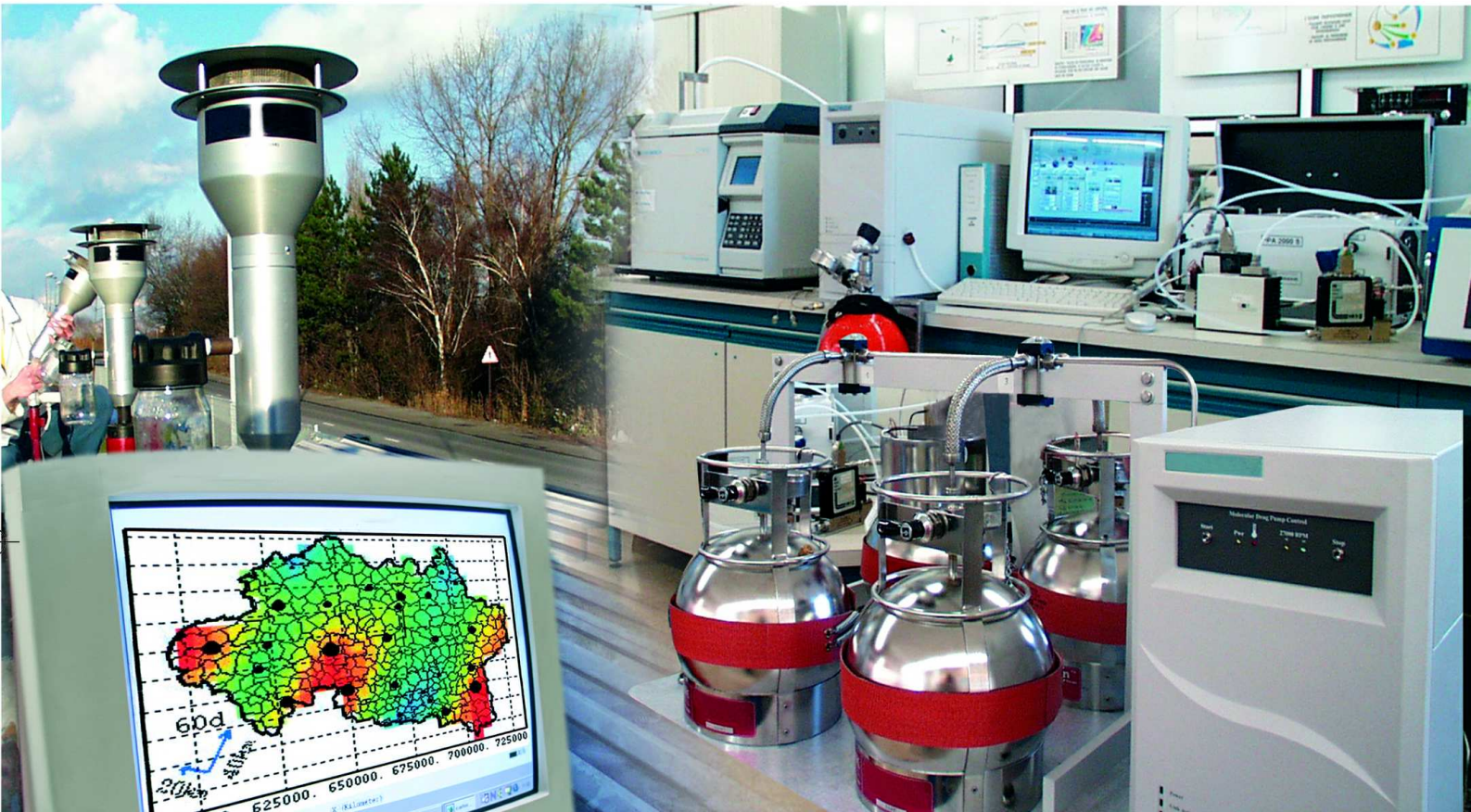




## Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air



Thème Traitement numérique

**Titre:** Travaux relatifs au système PREV'AIR

Novembre 2005  
Convention: 05000051

Rédacteurs Cécile Honoré Frédéric Meleux



## **PREAMBULE**

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

**Le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air est constitué de laboratoires de l'Ecole des Mines de Douai, de l'INERIS et du LNE. Il mène depuis 1991 des études et des recherches finalisées à la demande du Ministère chargé de l'environnement, sous la coordination technique de l'ADEME et en concertation avec les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA). Ces travaux en matière de pollution atmosphérique supportés financièrement par la Direction des Préventions des Pollutions et des Risques du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable sont réalisés avec le souci constant d'améliorer le dispositif de surveillance de la qualité de l'air en France en apportant un appui scientifique et technique aux AASQA.**

**L'objectif principal du LCSQA est de participer à l'amélioration de la qualité des mesures effectuées dans l'air ambiant, depuis le prélèvement des échantillons jusqu'au traitement des données issues des mesures. Cette action est menée dans le cadre des réglementations nationales et européennes mais aussi dans un cadre plus prospectif destiné à fournir aux AASQA de nouveaux outils permettant d'anticiper les évolutions futures.**



## Travaux relatifs au système PREV'AIR

Laboratoire Central de Surveillance  
de la Qualité de l'Air

### Thème : Traitement numérique

Convention 05000051

Financée par la Direction des Préventions des Pollutions et des Risques  
(DPPR)

Novembre 2005

Cécile Honoré, Frédéric Meleux

Ce document comporte 33 pages (hors couverture et annexes).

	<b>Rédaction</b>	<b>Vérification</b>	<b>Approbation</b>
<b>NOM</b>	Cécile Honoré Frédéric Meleux	Laurence Rouïl	M.RAMEL
<b>Qualité</b>	Ingénieurs Etude Recherche Développement Direction des Risques Chroniques	Ingénieur Etudes et Recherches Direction des Risques Chroniques	Responsable LCSQA/INERIS Direction des Risques Chroniques
<b>Visa</b>			



## TABLE DES MATIERES

<b>1. RESUMÉ.....</b>	<b>3</b>
<b>2. INTRODUCTION .....</b>	<b>5</b>
2.1 Evaluation et amélioration des prévisions d'ozone.....	5
2.2 Cartographie des PM10 .....	6
2.3 Bilan des actions d'assistance aux utilisateurs.....	8
<b>3. EVALUATION ET AMÉLIORATION DES PRÉVISIONS D'OZONE .....</b>	<b>9</b>
3.1 Evaluation géographique de PREV'AIR .....	9
3.1.1 Identification des zones à modélisation difficile .....	9
3.1.2 Apport de l'adaptation statistique.....	13
3.1.3 Détection des dépassements du seuil d'information avec ASCFM.....	16
3.1.4 Conclusions et perspectives .....	18
<b>4. CARTOGRAPHIE DES PM10 .....</b>	<b>19</b>
4.1.1 Présentation des données utilisées .....	19
4.1.1.1 Données modèle .....	19
4.1.1.2 Données d'observation.....	19
4.1.2 Evaluation statistique des méthodes de krigeage.....	21
4.1.2.1 Tests réalisés .....	21
4.1.2.2 Validation croisée .....	21
4.1.2.3 Vérification sur un jeu de stations indépendantes .....	21
4.1.2.4 Indicateurs statistiques calculés .....	21
4.1.3 Krigeage des innovations: influence des paramètres de krigeage.....	22
4.1.3.1 Expériences réalisées .....	22
4.1.3.2 Résultats statistiques .....	22
4.1.3.3 Résultats cartographiques.....	26
4.1.4 Conclusions et perspectives .....	30
<b>5. BILAN DES ACTIONS D'ASSISTANCE AUX UTILISATEURS.....</b>	<b>31</b>
5.1 Comptes utilisateurs.....	31
5.2 Extraction des données.....	31
5.3 Mise à disposition des données à l'attention de France Télévision .....	31
<b>6. RÉFÉRENCES .....</b>	<b>32</b>

**7. LISTE DES ANNEXES ..... 33**

## 1. RESUME

Depuis 2003, le système PREV'AIR de modélisation déterministe de la qualité de l'air délivre des prévisions quotidiennes - à trois jours d'échéance - et des simulations - pour la veille - des concentrations d'ozone, de dioxyde d'azote et de particules (PM10 et PM2.5) à grande échelle sur l'Europe de l'Ouest, à une résolution de l'ordre de 50km et à plus haute résolution (de l'ordre de 10km) sur la France.

Dans un souci de constante amélioration du système - en terme de description des processus physico-chimique pris en compte ou en terme de qualité des résultats, des développements sont en permanence à l'œuvre dans cet outil.

En effet, en plus des cartes diffusées sur Internet, les données numériques des concentrations calculées par le système sont à disposition des Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA). De plus, l'été 2005 a été marqué par la médiatisation des prévisions de PREV'AIR, avec leur diffusion en cas d'épisode de pollution photochimique lors des bulletins météorologiques de France Télévision. Cette diffusion de l'information PREV'AIR vers un large public impose un besoin de qualité encore plus contraignant sur les sorties des modèles.

Dans cette optique, le présent rapport présente des axes potentiels d'amélioration du système PREV'AIR, en ce qui concerne, d'une part, la prévision des champs de polluants et, d'autre part, leur représentation a posteriori; qu'il s'agisse de l'ozone photochimique ou de la pollution particulaire. L'idée commune aux méthodes présentées ici est de corriger a posteriori les champs bruts calculés par les modèles mis en œuvre dans PREV'AIR, en utilisant outils géostatistiques et observations.

La première partie du présent rapport concerne la prévision de l'ozone photochimique: on s'est attaché à détecter les régions où les performances du système PREV'AIR nécessitent d'être améliorées. A partir de ce bilan, l'apport de **l'adaptation statistique** a été estimé: est-il possible, à partir d'un couplage "géostatistique-climatologie des observations", d'améliorer de manière conséquente les performances du système dans les zones où les prévisions brutes ne sont pas satisfaisantes?

La deuxième partie de ce rapport présente une étude de faisabilité de la **cartographie des concentrations moyennes journalières de PM10**, en utilisant la méthode d'analyse - le krigeage des innovations - mise en œuvre avec succès au sein du système PREV'AIR depuis 2003 pour la cartographie des concentrations maximales journalières d'ozone. L'évaluation de la méthode pour la cartographie des PM10 est effectuée sur la base de critères statistiques.

Ces efforts répondent à notre souci constant d'améliorer la qualité des champs fournis quotidiennement aux utilisateurs de PREV'AIR. La troisième partie du rapport présente **l'état des lieux du système PREV'AIR en ce qui concerne les utilisateurs**. En 2005, neuf demandes de compte ont été honorées, portant à 44 le nombre d'utilisateurs téléchargeant des champs de polluant via le site web.





## **2. INTRODUCTION**

Les actions menées sur le système PREV'AIR<sup>1</sup> dans le cadre du Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA) se déclinent en trois axes:

- Des travaux visant à l'évaluation et l'amélioration du système, notamment dans les zones géographiques complexes.
- Des travaux relatifs à la cartographie des PM10.
- Des actions d'assistance ponctuelle aux Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA).

### **2.1 EVALUATION ET AMELIORATION DES PREVISIONS D'OZONE**

Une évaluation des performances du système PREV'AIR est mise à jour quotidiennement sur le site Internet [www.prevair.org](http://www.prevair.org). A partir d'indicateurs statistiques, cette information a pour objectif de répondre à notre souci de transparence sur les aptitudes des modèles à prévoir et à retranscrire la qualité de l'air. L'ensemble des indicateurs est découpé selon trois catégories distinctes: urbaine, périurbaine et rurale et se compose en indices classiques: biais, RMSE, corrélation, et percentiles d'erreur.

Ainsi il est possible d'estimer le comportement global du système PREV'AIR sur l'ensemble de la saison estivale et cela pour les différentes configurations de modèles utilisées (domaine Europe ou France, modèle CHMERE ou MOCAGE ...).

Dans le cadre de la présente évaluation, notre intérêt se portera sur les simulations sur le domaine France réalisées avec le modèle CHMERE (CFM). Une évaluation comparée des performances des modèles CHIMERE et MOCAGE est en préparation et le document de synthèse correspondant sera disponible à la fin du 1<sup>er</sup> trimestre 2006.

Après une évaluation globale, une analyse des performances du modèle région par région<sup>2</sup> permet d'identifier les zones où des difficultés subsistent.

A partir de ce bilan, l'apport de l'adaptation statistique sera estimé afin d'apprécier s'il est possible à partir de ce couplage géostatistique-climatologie d'améliorer de manière conséquente les performances du modèle dans les zones où les prévisions brutes ne sont pas totalement satisfaisantes.

---

<sup>1</sup> Mis en place à l'INERIS en collaboration avec le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, l'Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL) du CNRS et l'ADEME. Météo-France participe également au système. Pour une description des travaux relatifs au système PREV'AIR menés dans le cadre du LCSQA, cf. l'Annexe 2.

<sup>2</sup> Pour des raisons pratiques, on s'intéresse aux régions de compétence des AASQA.

## 2.2 CARTOGRAPHIE DES PM10

La cartographie des champs de pollution atmosphérique constitue une information utile pour la surveillance de la qualité de l'air, contribuant à l'évaluation de la qualité de l'air sur l'ensemble du territoire telle que demandée par la loi sur l'air de 1996. Or la surveillance par mesure fixe est coûteuse en équipement et en maintenance, de sorte qu'il existe en France, selon les polluants, de grandes zones géographiques peu couvertes par les observations de routine des AASQA. C'est le cas en particulier pour les PM10, particules de diamètre inférieur ou égal à 10µg/m<sup>3</sup>: si les concentrations de ce polluant sont bien mesurées en routine dans les zones urbaines et périurbaines, seuls cinq sites ruraux étaient instrumentés en 2003. Or, les épisodes de pollution particulaire, au même titre que ceux de pollution photochimique, sont des phénomènes de grande échelle spatiale.

Par ailleurs, lors de la dernière décennie, les modèles de simulation de la qualité de l'air - géostatistiques ou déterministes -, qui permettent une estimation spatialisée des champs de polluants ont pris un véritable essor. Néanmoins, le développement et la mise en œuvre de tels modèles peut être coûteuse en moyens humains. De plus, la modélisation des concentrations de PM10 fait l'objet, encore à l'heure actuelle, de nombreuses recherches.

Depuis l'hiver 2003, le système PREV'AIR délivre, entre autres produits, des prévisions quotidiennes - à trois jours d'échéance - et des simulations - pour la veille - des concentrations de particules (PM10 et PM2.5) à grande échelle sur l'Europe de l'Ouest, à une résolution de l'ordre de 50km. En plus des cartes diffusées sur Internet, les données numériques des concentrations calculées par le modèle CHIMERE sont téléchargeables par les organismes qui en font la demande.

Une approche pragmatique consisterait à utiliser l'ensemble des informations disponibles - observations de routine des AASQA et résultats de simulation issus de PREV'AIR - pour cartographier les champs de PM10 comme cela est fait pour l'ozone. A la demande du LCSQA, une étude de faisabilité a donc été menée, avec pour objectif de répondre à la question suivante: **moyennant une adaptation statistique basée sur l'utilisation des observations de routine des AASQA, est-il possible d'utiliser les sorties d'un modèle de simulation de la qualité de l'air- le modèle CHIMERE-Continental - pour cartographier les champs de PM10 à l'échelle de la France?** Le but est donc de mettre à disposition des utilisateurs des cartes analysées de PM10, élaborées pour le jour même au fur et à mesure de l'acquisition des données d'observation.

Cette approche est d'ores et déjà utilisée pour cartographier les concentrations maximales journalières d'ozone: en effet, en plus des prévisions à grande échelle de PM, le système PREV'AIR fournit une information à plus haute résolution (de l'ordre de 10 km) sur la France, relative aux concentrations d'ozone (et de dioxyde d'azote). Chaque jour, une carte analysée des concentrations maximales d'ozone est élaborée pour la France ; elle est actualisée en début et en fin d'après-midi ainsi qu'au matin du jour suivant<sup>3</sup>. Elle résulte de l'intégration dans les simulations des observations transmises en temps réel à la base de données BASTER (ADEME). L'approche mise en œuvre est le **krigeage des innovations**. Fondée sur la technique géostatistique du krigeage, elle consiste à ajouter au modèle une combinaison linéaire des erreurs calculées aux stations de mesure (*i.e.* des différences entre les concentrations observées et modélisées). La Figure 2-1 rappelle le principe général de l'analyse.

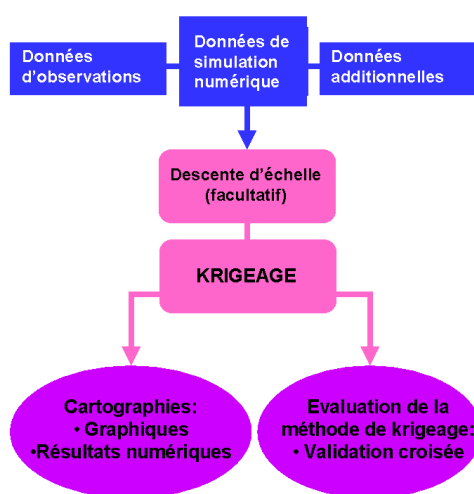


Figure 2-1 – Principe de l'analyse

D'autres procédures de krigeage, qui ne sont pas opérationnelles dans PREV'AIR, permettent d'introduire des variables externes, telles que les émissions, l'occupation du sol ou l'altitude. Elles ont été étudiées par le Laboratoire de Statistique d'Orsay et le CNRS et appliquées à la région Grand Ouest<sup>4</sup> [1]. Des programmes informatiques ont été développés à cette fin à l'aide du logiciel R, outil de programmation statistique en libre accès sur Internet. Un guide de prise en main de ces programmes, rédigé par l'INERIS [2], est disponible sur le site Internet du LCSQA.

<sup>3</sup> Ces analyses ont un délai de mise à jour de trois jours, afin de prendre en compte d'éventuelles corrections des observations.

<sup>4</sup> *i.e.* la Vendée, le Poitou, les Pays de la Loire, la Basse-Normandie et l'Est de la région Centre. Etude LCSQA, conduite en collaboration avec AIR PL, ATMO PC, LIG'AIR, AIRCOM et AIR BREIZH.

L'objet de la deuxième partie de ce rapport est donc de présenter une étude de faisabilité de la cartographie des concentrations moyennes journalières de PM10, en utilisant la méthode d'analyse mise en œuvre au sein du système PREV'AIR depuis 2003 pour la cartographie des concentrations maximales journalières d'ozone. Une analyse de sensibilité est conduite à cette fin, portant sur deux paramètres du krigeage des innovations que sont:

- le jeu de stations utilisées pour l'analyse;
- la prise en compte ou pas d'un "effet de pépète" lors de l'ajustement du variogramme théorique au variogramme expérimental.

Des indicateurs statistiques de performance calculés à l'issue de chaque test fournissent des critères de comparaison entre les différents jeux de paramètres. La qualité des estimations est examinée de façon globale, à l'échelle de la France.

### **2.3 BILAN DES ACTIONS D'ASSISTANCE AUX UTILISATEURS**

Dans la troisième partie, on présente le bilan pour l'été 2005 des actions d'assistance aux utilisateurs du système PREV'AIR, ainsi que la liste des utilisateurs du système PREV'AIR au 30/11/2005.

### **3. EVALUATION ET AMELIORATION DES PREVISIONS D'OZONE**

#### **3.1 EVALUATION GEOGRAPHIQUE DE PREV'AIR**

Une évaluation des performances de PREV'AIR est mise à jour quotidiennement sur le site Internet du système. A partir d'indicateurs statistiques, cette étude a pour objectif de répondre à notre souci de transparence sur les aptitudes des modèles à retranscrire et à prévoir la qualité de l'air. L'ensemble des indicateurs est découpé selon trois catégories distinctes: urbaine, périurbaine et rurale et se composent des index classiques: biais, RMSE, corrélation, et percentiles.

Ainsi il est possible d'estimer le comportement global du système PREV'AIR sur l'ensemble de la saison estivale et cela pour les différentes configurations de modèles utilisées (domaine Europe ou France, modèle CHMERE ou MOCAGE ...). Un rapport en préparation présentera l'ensemble des structures de modélisation implémentées dans le système.

Dans le cadre de cette évaluation, notre intérêt se portera sur les simulations sur le domaine France réalisées avec le modèle CHMERE (CFM). Le tableau 1 présente les indicateurs statistiques calculés entre le 15 juin et le 15 septembre 2005, qui sera la période de référence pour cette étude.

DATE	Rural (microg/m3)		Suburban(microg/m3)	
	obs	forecast	obs	forecast
J-1	105.7	106.7	102.7	106
J+0	105.7	106	102.7	105.5
J+1	105.7	105.2	102.7	104.7
J+2	105.9	104.9	102.8	104.5
	Norm bias(%)	NMSE(%)	Norm bias(%)	NMSE(%)
J-1	4	20.3	6.4	21.7
J+0	3.6	21.4	6.1	22.4
J+1	3	21.5	5.6	23
J+2	2.8	22.5	5.7	24.2
	Correlation	E20(%)	Correlation	E20(%)
J-1	0.83	78	0.85	78
J+0	0.82	77	0.84	78
J+1	0.8	75	0.82	75
J+2	0.77	74	0.79	73

*Tableau 1: Scores du modèle Chimère CFM d'après la base de données BASTER*

##### **3.1.1 IDENTIFICATION DES ZONES A MODELISATION DIFFICILE**

Afin d'apporter plus de détails spatiaux à ces résultats, les scores précédents sont recalculés en distinguant chaque AASQA pour faciliter la prise en compte des caractéristiques locales des régions dans l'évaluation des résultats de simulations du modèle. Il est alors possible d'identifier les zones pour lesquelles des améliorations sont nécessaires.

Les tableaux 2 et 3 affichent les résultats à D+0 et D+1, respectivement pour les stations rurales et périurbaines.

En se rapportant aux résultats du tableaux 1, il est possible d'identifier les AASQA pour lesquelles les indicateurs sont en deçà de la moyenne nationale.

Cependant, dresser une liste à partir de ces tableaux nécessite beaucoup de précautions et une analyse minutieuse, certains indicateurs pouvant être mauvais et d'autres convenables sur une même station.

Sur les stations rurales, les AASQA les plus déficientes c'est à dire pour lesquelles 2 à 3 indicateurs sur 4 sont en dessous de la moyenne nationale quelque soit le jour de prévision, sont listées ici:

- Airaq,
- Atmo Champagne Ardennes,
- Coparly,
- Airfobep,
- Airmaraix,
- Qualitair,
- Remappa,

auxquelles peuvent être rajoutées Ascoparg et Air Languedoc-Roussillon.

AASQA	Obs	Sim	biais	RMSE	Variabilité	Corr	Obs	Sim	biais	RMSE	Variabilité	Corr
AIRAQ	101.9	103.9	-1.9	21.6	0.7	0.64	101.7	103.5	-1.8	20.5	0.65	0.68
AIRLOR	105.7	102.7	3.1	14.7	0.85	0.9	103.7	102.5	1.2	17.1	0.81	0.85
AREMALM	96	95	1	20	0.96	0.85	92.8	94.8	-2	22.5	0.85	0.8
ARPAM	103.5	94.8	8.7	16.6	0.76	0.85	102.9	94.7	8.2	17	0.73	0.83
ASCOPARG	113.7	118.6	-4.8	17.3	0.78	0.75	112.7	118.7	-6	18	0.78	0.74
ASPA	107.8	108.8	-0.9	16.5	0.84	0.88	105.8	108.6	-2.8	18.9	0.79	0.84
ATMO CH-ARD	98.4	90.7	7.7	22.8	0.71	0.79	98	90.4	7.6	23	0.74	0.79
ATMO PIC	100.4	90.4	10	19.6	0.91	0.84	98.6	90.5	8.1	20.5	0.91	0.8
AUVERGNE	99	108.2	-9.2	16.2	0.81	0.83	99.2	108.1	-8.9	16.4	0.79	0.82
BOURG-CE_ND	100.2	95.6	4.6	13.6	0.99	0.85	99.7	95.5	4.2	14.6	1	0.83
BREIZH	95.5	91.1	4.4	13.6	0.98	0.88	95.1	91.3	3.8	12.7	0.95	0.89
COPARLY	106	119.8	-13.8	23.3	0.77	0.86	106.2	119.8	-13.6	24	0.73	0.84
FOBEP	120.7	121.5	-0.8	21.6	0.69	0.83	119.6	121.5	-2	22.9	0.66	0.8
LIGAIR	105.7	104.1	1.6	16.8	0.96	0.86	105.8	104.3	1.5	18.9	0.96	0.82
AIR LR	115.9	112.6	3.3	15.9	0.72	0.78	114.5	112.6	1.8	15.3	0.66	0.8
AIRMARAIX	122.5	125.6	-3.2	20.6	0.75	0.8	121.6	125.7	-4.1	22.6	0.72	0.76
NORMA	97.8	83.5	14.3	22	0.92	0.86	97.4	83.6	13.7	24.6	0.91	0.78
ORAMIP	107.5	101.6	5.9	16.3	1.06	0.81	107.3	101.4	6	17	1.01	0.79
AIRPARIF	105.1	102.9	2.2	18.3	1.06	0.87	104.1	103.1	1.1	18.9	1.01	0.85
ATMO PC	104	100.1	3.9	13.5	1	0.88	104.2	100.2	4	15.6	1	0.84
AIR PL	101.4	99.9	1.5	12.1	1.01	0.89	102.2	99.9	2.3	13.5	1.07	0.88
QUALITAIR	113.8	139.6	-25.7	33.4	0.59	0.37	113.9	139.9	-26	33.2	0.53	0.39
REMAPP	101.4	88.4	13	23.8	0.97	0.74	100.4	88.5	11.9	23.7	0.97	0.73

*Tableau 2 Scores du modèle CFM pour différentes AASQA en zone rurale à D+0 et D+1*

Pour les stations périurbaines, les indicateurs statistiques sont plus homogènes, néanmoins, il est possible d'extraire plusieurs AASQA avec des scores soulignant des faiblesses de la modélisation dans ces régions, au rang desquelles peuvent être cités:

- Ascoparg,
- Atmo Picardie,
- Atmo Auvergne,
- Opal'Air,
- dans une moindre mesure, Airmaraix.

AASQA	Obs	Sim	biais	RMSE	Variabilité	Corr	Obs	Sim	biais	RMSE	Variabilité	Corr
AERFOM	106.1	109.5	-3.4	15.6	0.9	0.91	104.1	109.3	-5.2	18.3	0.84	0.88
AIN_SAVOIE	118.5	116.1	2.4	14.8	0.77	0.91	119.3	116.1	3.3	16.5	0.78	0.87
AIRLOR	105.4	99.2	6.2	15.1	0.93	0.9	103.9	99	4.9	17.4	0.91	0.85
AMPASEL	104.5	107.1	-2.6	18.1	0.7	0.83	105.5	107.1	-1.6	19	0.73	0.8
AREMALM	96.6	91.6	5	21.2	1.02	0.83	93.4	91.7	1.8	20.3	0.88	0.82
AREMARTOIS	98.4	87.6	10.8	20.9	1.11	0.84	95.7	87.7	8	19.8	0.99	0.82
AREMASSE	98.5	100.9	-2.4	18.4	0.93	0.86	95.7	100.8	-5.1	20.2	0.86	0.83
ARPAM	106.5	99.7	6.8	17	0.84	0.86	105.3	99.6	5.7	17.8	0.79	0.84
ASCOPARG	110.7	117.8	-7.1	24.1	0.5	0.78	109.9	117.8	-7.9	24.1	0.49	0.79
ASPA	109.2	108.6	0.6	17.1	0.79	0.9	107.8	108.4	-0.6	19.6	0.75	0.86
ASQAB	105.4	108.2	-2.8	13.9	0.85	0.87	104.4	108.1	-3.7	14.9	0.8	0.86
ASQUADRA	115.1	115.2	-0.2	18.3	0.67	0.86	114.4	115.1	-0.7	19.9	0.67	0.83
ATMO CH-ARD	104	97.8	6.2	15.4	0.92	0.89	104.2	97.8	6.4	17.1	0.95	0.86
ATMO Picardie	102.3	92.2	10.1	23.1	0.96	0.8	102	92.4	9.6	23.8	0.94	0.78
AUVERGNE	99.4	105.4	-5.9	15.6	0.76	0.82	99.8	105.3	-5.4	15.5	0.74	0.82
BOURG-CE_ND	105.1	108.3	-3.2	13.6	0.93	0.9	103.8	108.2	-4.4	14.8	0.87	0.88
BOURG_SUD	106.2	101.6	4.6	17.2	0.85	0.86	106	101.6	4.4	17.8	0.85	0.84
BREIZH	97.5	91.6	5.9	14.6	0.96	0.89	97.3	91.6	5.7	14.9	0.92	0.88
AIR COM	95.8	85.9	9.9	18.2	0.96	0.85	95.3	85.8	9.4	20	0.93	0.8
COPARLY	111.6	115	-3.5	18.9	0.86	0.86	111.2	115	-3.7	21.7	0.85	0.82
ESPOL	106.4	111.8	-5.4	17.6	0.81	0.92	103.9	111.6	-7.8	21.4	0.77	0.88
AIRFOBEP	122	122.6	-0.6	17.5	0.71	0.86	121.4	122.5	-1.1	18.4	0.7	0.85
LIGAIR	103.1	100.3	2.8	13.5	1.01	0.88	103.9	100.4	3.5	16.4	1.03	0.83
LIMAIR	97.8	97.8	0.1	10.4	0.83	0.91	99.6	97.8	1.8	11.3	0.88	0.89
AIR Lang-Rous	110.9	112.5	-1.6	18	0.89	0.73	110.7	112.4	-1.7	18.4	0.83	0.71
AIRMARAIX	122.2	121.4	0.7	18.4	0.77	0.81	120.7	121.3	-0.6	19.8	0.72	0.77
AIR NORMAND	97	90.6	6.4	21	0.86	0.8	96.4	90.7	5.7	21.2	0.81	0.79
OPALAIR	91.7	65.9	25.8	32.9	1.18	0.61	88.9	66	22.9	30	1.14	0.63
ORAMIP	106.7	99.9	6.8	17.5	1	0.8	106.8	99.7	7.1	18.7	0.95	0.76
AIRPARIF	101.4	99.4	2	19.5	1.08	0.86	99.7	99.6	0.1	19.2	1.03	0.85
ATMO Poitou-Ch	103.8	97.6	6.3	14.6	1.02	0.87	104.2	97.7	6.5	15.9	1.03	0.84
Air Pays Loire	98.8	95.4	3.4	13	0.93	0.9	99	95.4	3.5	13.3	0.94	0.89
QUALITAIR	129.9	135.9	-6.1	17.3	0.94	0.63	129.7	136.1	-6.4	18	0.9	0.58
REMAPPA	100.9	92	8.9	17.6	1.02	0.88	100.1	92.3	7.8	19.6	1.05	0.84

Tableau 3: Scores du modèle CFM pour différentes AASQA en zone périurbaine  
à D+0 et D+1

Il est intéressant de constater d'après cette analyse basée sur les stations rurales que la plupart des AASQA présentant des résultats peu satisfaisants sont le siège d'une activité pétrochimique importante. Or les émissions liées à ce secteur industriel sont encore mal évaluées. Une première amélioration pourrait alors consister à insérer les cadastres d'émission régionaux pour ces AASQA, ce développement étant planifié dans le système PREV'AIR pour les mois à venir.

Cette constatation est aussi valable pour les stations périurbaines.

Si une meilleure définition des émissions semble nécessaire dans les régions à orographie complexe, telle que celles couvertes par Ascoparg (Grenoble), Airmaraix et Atmo Auvergne, il serait aussi intéressant d'accroître la résolution horizontale et verticale du modèle afin de mieux prendre en compte les forçages orographiques. Il est en effet clair que la pollution émanant des villes de Grenoble et Clermont-ferrand est à ce jour difficile à prévoir correctement. L'encaissement de ces villes ainsi que les contraintes liées au relief environnant rendent très complexe la prévision de la qualité de l'air, d'autant que la dispersion verticale est elle aussi insuffisamment précise pour calculer la propagation des panaches dans et en dehors de la couche limite.



Une explication similaire peut être évoquée pour les difficultés rencontrées dans la région marseillaise, qui est reconnue par la complexité de ses émissions autant que par les conditions erratiques auxquelles est soumise la dispersion de ses polluants. Une dispersion dictée par une succession de monts et vallées avec lesquels la météorologie locale (brise de mer ...) doit composer. L'accroissement de la résolution du modèle permettrait vraisemblablement d'obtenir des scores plus satisfaisants. Cela paraît correspondre au constat réalisé par les AASQA locales qui mettent en œuvre leur propre modèle déterministe à haute résolution.

Au delà de ces développements possibles qui permettront d'apporter plus de fiabilité dans la prévision du système, une méthode opérationnelle a été mise au point pour améliorer les résultats du modèle dans les zones où ses performances sont discutables. Les sorties brutes du modèle font l'objet d'une rectification à posteriori via une méthode d'adaptation statistique.

### 3.1.2 APPORT DE L'ADAPTATION STATISTIQUE

La carte de prévision obtenue par adaptation statistique résulte d'une correction des simulations brutes sur le domaine France par une méthode géostatistique. Cette méthode calcule, à partir d'une climatologie des différences entre observations et simulations enregistrées les années antérieures, le champs correctif à ajouter en fonction des conditions météorologiques et de pollution.

Dans le cas de PREV'AIR, actuellement, seul le champs d'ozone est corrigé de la sorte. La concentration d'ozone corrective à ajouter au champs brut d'ozone est calculée à partir de la température maximale prévue et du niveau d'ozone maximum prévu, ces deux variables étant pondérées par les coefficients déterminés grâce à la climatologie.

Le tableau 4 diagnostique les performances du modèle utilisé avec l'adaptation statistique (modèle ASCFM).

DATE	Rural (microg/m3)		Suburban(microg/m3)	
	obs	forecast	obs	forecast
J-1	105.7	112.7	102.7	110
J+0	105.7	112.1	102.7	109.5
J+1	105.7	111.6	102.7	108.9
J+2	105.9	111.2	102.8	108.8
	Norm bias(%)	NMSE(%)	Norm bias(%)	NMSE(%)
J-1	9.4	21.5	10.3	23.6
J+0	9.1	22.4	9.9	24.1
J+1	8.8	22.6	9.6	24.8
J+2	8.6	23.7	9.8	26
	Correlation	E20(%)	Correlation	E20(%)
J-1	0.87	77	0.87	76
J+0	0.86	78	0.86	76
J+1	0.84	77	0.84	74
J+2	0.82	75	0.81	72

*Tableau 4: Scores pour Chimère ASCFM d'après la base de données BASTER*

Comparativement aux résultats du modèle seul (tab 1), les améliorations ne sont visibles que pour la corrélation. A l'opposé, une dégradation des scores pour la NMSE et les biais apparaissent.

Afin d'approfondir ces résultats, ils sont détaillés par AASQA, et notamment pour celles dont les scores ne sont pas très satisfaisants. Les tableaux 5 et 6 confrontent les scores pour CFM et ASCFM respectivement pour D+0 et D+1.

AASQA	Obs	Sim	biais	RMSE	Variabilité	Corr	Obs	Sim	biais	RMSE	Variabilité	Corr
AIRAQ	101.9	103.9	-1.9	21.6	0.7	0.64	111.8	103.9	7.9	22.3	0.78	0.67
AIRLOR	105.7	102.7	3.1	14.7	0.85	0.9	110.7	102.7	8	15.2	0.9	0.92
AREMALM	96	95	1	20	0.96	0.85	102.6	95	7.6	21.1	0.96	0.85
ARPAM	103.5	94.8	8.7	16.6	0.76	0.85	102	94.8	7.2	14.9	0.98	0.87
ASCOPARG	113.7	118.6	-4.8	17.3	0.78	0.75	122.7	118.6	4.2	17.9	0.84	0.73
ASPA	107.8	108.8	-0.9	16.5	0.84	0.88	113.9	108.8	5.1	15.8	0.89	0.9
ATMO CH-ARD	98.4	90.7	7.7	22.8	0.71	0.79	104.2	90.7	13.5	25	0.83	0.8
ATMO PIC	100.4	90.4	10	19.6	0.91	0.84	101.5	90.4	11.1	19.9	0.88	0.84
AUVERGNE	99	108.2	-9.2	16.2	0.81	0.83	108.8	108.2	0.6	13.3	0.98	0.84
BOURG-CE_ND	100.2	95.6	4.6	13.6	0.99	0.85	103.2	95.6	7.6	15.2	1.04	0.85
BREIZH	95.5	91.1	4.4	13.6	0.98	0.88	93.1	91.1	2	12.3	0.91	0.89
COPARLY	106	119.8	-13.8	23.3	0.77	0.86	118.6	119.8	-1.2	17.6	0.83	0.87
FOBEP	120.7	121.5	-0.8	21.6	0.69	0.83	126.3	121.5	4.8	18.2	0.78	0.89
LIGAIR	105.7	104.1	1.6	16.8	0.96	0.86	115.1	104.1	11	20	1	0.86
AIR LR	115.9	112.6	3.3	15.9	0.72	0.78	120.1	112.6	7.5	17.2	0.8	0.78
AIRMARAIX	122.5	125.6	-3.2	20.6	0.75	0.8	134.7	125.6	9	20.5	0.89	0.84
NORMA	97.8	83.5	14.3	22	0.92	0.86	93.3	83.5	9.9	19.3	0.9	0.86
ORAMIP	107.5	101.6	5.9	16.3	1.06	0.81	110	101.6	8.4	17.4	1.07	0.82
AIRPARIF	105.1	102.9	2.2	18.3	1.06	0.87	110.9	102.9	8	19	1	0.87
ATMO PC	104	100.1	3.9	13.5	1	0.88	108.8	100.1	8.7	16.1	1.08	0.88
AIR PL	101.4	99.9	1.5	12.1	1.01	0.89	105.9	99.9	6	14	1.05	0.88
QUALITAIR	113.8	139.6	-25.7	33.4	0.59	0.37	136.3	139.6	-3.3	19.2	0.66	0.54
REMAPP	101.4	88.4	13	23.8	0.97	0.74	98.6	88.4	10.2	21.2	0.84	0.75

Tableau 5: Comparaison de scores pour CFM sans et avec adaptation statistique en zone rurale à D+0

AASQA	Obs	Sim	biais	RMSE	Variabilité	Corr	Obs	Sim	biais	RMSE	Variabilité	Corr
AIRAQ	101.7	103.5	-1.8	20.5	0.65	0.68	112.1	103.5	8.5	22.1	0.74	0.68
AIRLOR	103.7	102.5	1.2	17.1	0.81	0.85	109.2	102.5	6.6	16.6	0.86	0.88
AREMALM	92.8	94.8	-2	22.5	0.85	0.8	100.2	94.8	5.4	22.2	0.88	0.82
ARPAM	102.9	94.7	8.2	17	0.73	0.83	101.2	94.7	6.5	15.4	0.98	0.85
ASCOPARG	112.7	118.7	-6	18	0.78	0.74	121.8	118.7	3.1	18	0.86	0.72
ASPA	105.8	108.6	-2.8	18.9	0.79	0.84	112.2	108.6	3.6	17.3	0.85	0.87
ATMO CH-ARD	98	90.4	7.6	23	0.74	0.79	103.9	90.4	13.5	25.3	0.84	0.79
ATMO PIC	98.6	90.5	8.1	20.5	0.91	0.8	100.4	90.5	9.9	20.8	0.88	0.8
AUVERGNE	99.2	108.1	-8.9	16.4	0.79	0.82	109.1	108.1	1	14.1	0.97	0.82
BOURG-CE_ND	99.7	95.5	4.2	14.6	1	0.83	102.8	95.5	7.3	15.8	1.05	0.84
BREIZH	95.1	91.3	3.8	12.7	0.95	0.89	93.1	91.3	1.8	12.1	0.9	0.89
COPARLY	106.2	119.8	-13.6	24	0.73	0.84	118.9	119.8	-0.9	18.2	0.81	0.87
FOBEP	119.6	121.5	-2	22.9	0.66	0.8	125.6	121.5	4	19.2	0.75	0.87
LIGAIR	105.8	104.3	1.5	18.9	0.96	0.82	115.3	104.3	11	21.4	0.98	0.83
AIR LR	114.5	112.6	1.8	15.3	0.66	0.8	118.7	112.6	6.1	16.1	0.75	0.8
AIRMARAIX	121.6	125.7	-4.1	22.6	0.72	0.76	134.1	125.7	8.5	21.6	0.85	0.81
NORMA	97.4	83.6	13.7	24.6	0.91	0.78	93.1	83.6	9.5	22.2	0.92	0.79
ORAMIP	107.3	101.4	6	17	1.01	0.79	109.9	101.4	8.5	18.1	1.03	0.79
AIRPARIF	104.1	103.1	1.1	18.9	1.01	0.85	110.5	103.1	7.4	19.9	0.96	0.85
ATMO PC	104.2	100.2	4	15.6	1	0.84	109	100.2	8.8	18.1	1.08	0.84
AIR PL	102.2	99.9	2.3	13.5	1.07	0.88	106.6	99.9	6.7	15.4	1.11	0.88
QUALITAIR	113.9	139.9	-26	33.2	0.53	0.39	136.9	139.9	-3	18.2	0.61	0.59
REMAPP	100.4	88.5	11.9	23.7	0.97	0.73	98.1	88.5	9.6	21.4	0.86	0.74

Tableau 6: Comparaison de scores pour CFM sans et avec adaptation statistique en zone rurale à D+1

Dans l'ensemble quelque soit le jour de prévision considéré, les améliorations apparaissent plus franchement sur ces tableaux. Ainsi, la hausse des scores est relativement marquée en zone rurale pour Coparly, Aimaraix, Airfobep et Qualitair. Cependant, elle est moindre bien que meilleure avec l'adaptation statistique pour Airaq, Ascoparg et Remappa.

En ce qui concerne la zone périurbaine (tab 7 et 8), l'amélioration est légèrement sensible pour les trois régions difficiles (Ascoparg, Aimaraix et Auvergne).

Ces conclusions sont valables pour D+0 et D+1.

AASQA	Obs	Sim	biais	RMSE	Variabilité	Corr	Obs	Sim	biais	RMSE	Variabilité	Corr
AERFOM	106.1	109.5	-3.4	15.6	0.9	0.91	108.5	109.5	-0.9	15.1	0.89	0.91
AIN_SAVOIE	118.5	116.1	2.4	14.8	0.77	0.91	126.3	116.1	10.2	18	0.94	0.89
AIRLOR	105.4	99.2	6.2	15.1	0.93	0.9	107.4	99.2	8.2	16.1	0.96	0.9
AMPASEL	104.5	107.1	-2.6	18.1	0.7	0.83	111.2	107.1	4.2	17.7	0.88	0.83
AREMALM	96.6	91.6	5	21.2	1.02	0.83	99.4	91.6	7.8	21.4	0.99	0.83
AREMARTOIS	98.4	87.6	10.8	20.9	1.11	0.84	100	87.6	12.4	21.2	1.07	0.85
AREMASSE	98.5	100.9	-2.4	18.4	0.93	0.86	101.6	100.9	0.7	19	0.94	0.85
ARPAM	106.5	99.7	6.8	17	0.84	0.86	111.1	99.7	11.3	18.9	1.06	0.88
ASCOPARG	110.7	117.8	-7.1	24.1	0.5	0.78	115.3	117.8	-2.5	21.5	0.56	0.81
ASPA	109.2	108.6	0.6	17.1	0.79	0.9	114.4	108.6	5.8	16.4	0.9	0.91
ASQAB	105.4	108.2	-2.8	13.9	0.85	0.87	109.2	108.2	1	13.1	0.9	0.88
ASQUADRA	115.1	115.2	-0.2	18.3	0.67	0.86	122.5	115.2	7.3	17.6	0.81	0.88
ATMO CH-ARD	104	97.8	6.2	15.4	0.92	0.89	108.7	97.8	10.9	18	0.97	0.89
ATMO Picardie	102.3	92.2	10.1	23.1	0.96	0.8	103.7	92.2	11.5	23.1	0.92	0.81
AUVERGNE	99.4	105.4	-5.9	15.6	0.76	0.82	109.9	105.4	4.5	14.3	0.94	0.85
BOURG-CE_ND	105.1	108.3	-3.2	13.6	0.93	0.9	113.3	108.3	5	14	0.99	0.9
BOURG_SUD	106.2	101.6	4.6	17.2	0.85	0.86	112.1	101.6	10.5	19.2	0.95	0.87
BREIZH	97.5	91.6	5.9	14.6	0.96	0.89	96.7	91.6	5.1	14.6	1	0.89
AIR COM	95.8	85.9	9.9	18.2	0.96	0.85	95.7	85.9	9.9	18.2	0.88	0.84
COPARLY	111.6	115	-3.5	18.9	0.86	0.86	118.8	115	3.8	17.4	0.85	0.89
ESPOL	106.4	111.8	-5.4	17.6	0.81	0.92	111.3	111.8	-0.5	16.4	0.8	0.93
AIRFOBEP	122	122.6	-0.6	17.5	0.71	0.86	125.3	122.6	2.8	17.3	0.73	0.87
LIGAIR	103.1	100.3	2.8	13.5	1.01	0.88	109.8	100.3	9.5	16.2	1.03	0.89
LIMAIR	97.8	97.8	0.1	10.4	0.83	0.91	100.9	97.8	3.1	11.1	0.97	0.9
AIR Lang-Rous	110.9	112.5	-1.6	18	0.89	0.73	114.5	112.5	2	17.9	0.91	0.74
AIRMARAIX	122.2	121.4	0.7	18.4	0.77	0.81	129	121.4	7.6	18.4	0.84	0.84
AIR NORMAND	97	90.6	6.4	21	0.86	0.8	94.4	90.6	3.8	20.9	0.8	0.78
OPALAIR	91.7	65.9	25.8	32.9	1.18	0.61	91.7	65.9	25.8	30.7	0.95	0.67
ORAMIP	106.7	99.9	6.8	17.5	1	0.8	108.2	99.9	8.3	17.8	1	0.81
AIRPARIF	101.4	99.4	2	19.5	1.08	0.86	106.5	99.4	7.1	19	0.99	0.87
ATMO Poitou-Ch	103.8	97.6	6.3	14.6	1.02	0.87	106.6	97.6	9	16.1	1.06	0.87
Air Pays Loire	98.8	95.4	3.4	13	0.93	0.9	103.7	95.4	8.2	15.1	0.96	0.9
QUALITAIR	129.9	135.9	-6.1	17.3	0.94	0.63	126.3	135.9	-9.6	18.1	0.74	0.62
REMAPPA	100.9	92	8.9	17.6	1.02	0.88	101.5	92	9.5	17.6	0.95	0.88

Tableau 7: Comparaison de scores pour CFM sans et avec adaptation statistique en zone périurbaine à D+0

AASQA	Obs	Sim	biais	RMSE	Variabilité	Corr	Obs	Sim	biais	RMSE	Variabilité	Corr
AERFOM	104.1	109.3	-5.2	18.3	0.84	0.88	107	109.3	-2.3	17.3	0.83	0.89
AIN_SAVOIE	119.3	116.1	3.3	16.5	0.78	0.87	127.3	116.1	11.3	19.9	0.91	0.87
AIRLOR	103.9	99	4.9	17.4	0.91	0.85	106.2	99	7.2	17.7	0.94	0.86
AMPASEL	105.5	107.1	-1.6	19	0.73	0.8	111.9	107.1	4.9	19.2	0.91	0.81
AREMALM	93.4	91.7	1.8	20.3	0.88	0.82	97	91.7	5.4	20.7	0.9	0.82
AREMARTOIS	95.7	87.7	8	19.8	0.99	0.82	98.1	87.7	10.4	20.8	0.99	0.82
AREMASSE	95.7	100.8	-5.1	20.2	0.86	0.83	99.6	100.8	-1.2	20.1	0.88	0.82
ARPAM	105.3	99.6	5.7	17.8	0.79	0.84	109.8	99.6	10.2	19.2	1.02	0.86
ASCOPARG	109.9	117.8	-7.9	24.1	0.49	0.79	114.7	117.8	-3.1	21.1	0.59	0.82
ASPA	107.8	108.4	-0.6	19.6	0.75	0.86	113.2	108.4	4.8	18.7	0.86	0.88
ASQAB	104.4	108.1	-3.7	14.9	0.8	0.86	108.5	108.1	0.4	13.8	0.87	0.87
ASQUADRA	114.4	115.1	-0.7	19.9	0.67	0.83	121.7	115.1	6.6	18.9	0.82	0.85
ATMO CH-ARD	104.2	97.8	6.4	17.1	0.95	0.86	109.1	97.8	11.3	19.7	1	0.87
ATMO Picardie	102	92.4	9.6	23.8	0.94	0.78	103.8	92.4	11.4	24.4	0.92	0.78
AUVERGNE	99.8	105.3	-5.4	15.5	0.74	0.82	110.3	105.3	5	15	0.93	0.83
BOURG-CE_ND	103.8	108.2	-4.4	14.8	0.87	0.88	112.5	108.2	4.3	14.6	0.95	0.89
BOURG_SUD	106	101.6	4.4	17.8	0.85	0.84	111.9	101.6	10.3	20	0.96	0.85
BREIZH	97.3	91.6	5.7	14.9	0.92	0.88	96.4	91.6	4.7	14.7	0.98	0.88
AIR COM	95.3	85.8	9.4	20	0.93	0.8	95.5	85.8	9.7	19.9	0.88	0.8
COPARLY	111.2	115	-3.7	21.7	0.85	0.82	118.5	115	3.5	19.3	0.85	0.86
ESPOL	103.9	111.6	-7.8	21.4	0.77	0.88	109.3	111.6	-2.3	19.3	0.76	0.9
AIRFOBEP	121.4	122.5	-1.1	18.4	0.7	0.85	125	122.5	2.4	18.3	0.72	0.85
LIGAIR	103.9	100.4	3.5	16.4	1.03	0.83	110.4	100.4	10	18.4	1.04	0.85
LIMAIR	99.6	97.8	1.8	11.3	0.88	0.89	102.1	97.8	4.3	12.9	1.02	0.88
AIR Lang-Rous	110.7	112.4	-1.7	18.4	0.83	0.71	114.6	112.4	2.2	18.4	0.86	0.72
AIRMARAIX	120.7	121.3	-0.6	19.8	0.72	0.77	128	121.3	6.6	19	0.79	0.82
AIR NORMAND	96.4	90.7	5.7	21.2	0.81	0.79	94.1	90.7	3.4	21.6	0.78	0.76
OPALAIR	88.9	66	22.9	30	1.14	0.63	90.1	66	24.1	28.5	0.92	0.71
ORAMIP	106.8	99.7	7.1	18.7	0.95	0.76	108.3	99.7	8.5	19.1	0.96	0.77
AIRPARIF	99.7	99.6	0.1	19.2	1.03	0.85	105.7	99.6	6.1	19	0.95	0.86
ATMO Poitou-Ch	104.2	97.7	6.5	15.9	1.03	0.84	107	97.7	9.3	17.2	1.08	0.85
Air Pays Loire	99	95.4	3.5	13.3	0.94	0.89	103.8	95.4	8.4	15.5	0.98	0.89
QUALITAIR	129.7	136.1	-6.4	18	0.9	0.58	126.2	136.1	-9.9	18.7	0.69	0.58
REMAPPa	100.1	92.3	7.8	19.6	1.05	0.84	101.1	92.3	8.8	19.5	0.98	0.84

Tableau 8: Comparaison de scores pour CFM sans et avec adaptation statistique en zone périurbaine à D+1

### 3.1.3 DETECTION DES DEPASSEMENTS DU SEUIL D'INFORMATION AVEC ASCFM

Les scores précédents montrent que l'adaptation statistique permet d'améliorer la pertinence du modèle dans certaines zones complexes. Ici, nous démontrons de façon pragmatique l'aide qu'apporte un tel traitement dans l'élaboration d'une prévision lors d'une situation météorologique favorable à des dépassements du seuil d'information à l'ozone.

Cette étude s'appuie sur des tables de contingence qui permettent d'évaluer la capacité du modèle à correctement prévoir ce seuil de  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour l'ozone. Ces tables ont été établies par AASQA à partir de tous les points de mesure de l'association considérée, mais sans correspondance entre la station de mesure et la station modélisée.

Les tableaux 9 documentent le nombre de jours relatif au niveau d'information et le comportement associé du modèle. Ces tableaux sont basés sur une comparaison entre CFM et ASCFM. Les résultats sont uniquement présentés pour D+0 mais similaires à D+1.

Les grandeurs suivantes ont été évaluées:

BP+: Nbre de jours où modèle et mesure sont au dessus du seuil de  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$

ND: Nbre de jours où la mesure est supérieure au seuil et le modèle en dessous du seuil de 180 µg/m<sup>3</sup>. Cela signifie une prévision de non-dépassement à tort.

FA: Nbre de jours où le modèle prévoit un dépassement du seuil de 180 µg/m<sup>3</sup> en désaccord avec les observations. Ce qui correspond à une fausse alerte.

BP-: Nbre de jours où modèle et mesure sont en dessous du seuil de 180 µg/m<sup>3</sup>

Stations	BP+	ND	FA	BP-	BP+	ND	FA	BP-
AERFOM	4	5	1	83	4	5	1	83
AIRFOBEP	6	19	1	69	16	9	2	68
AIRMARAIX	8	18	1	67	15	11	0	68
AIRPARIF	8	3	2	82	8	3	2	82
AIR NORMAND	2	2	2	89	1	3	0	91
AREMASSE	0	5	1	88	0	5	1	88
AUVERGNE	0	5	0	89	0	5	1	88
AIR Lang Rous	2	6	0	87	1	7	1	86
ATMO Poitou-Ch	1	1	0	93	1	1	1	92
OPAL'AIR	0	0	1	90	0	0	0	91
AREMALM	2	2	1	89	2	2	1	89
ORAMIP	1	0	1	93	0	1	2	92
ARPAM	1	1	0	91	2	0	2	89
ATMO CH-ARD	1	4	1	89	1	4	1	89
ASCOPARG	0	8	0	77	0	8	0	77
ASPA	5	5	0	85	5	5	1	84
ASQAB	0	3	0	92	1	2	1	91
ATMOPIC	2	4	2	86	2	4	1	87
BREIZH	0	2	1	91	0	2	1	91
COPARLY	2	12	2	79	3	11	2	79
AIR COM	1	1	1	92	1	1	1	92
ESPOL	1	5	0	87	1	5	0	87
AIR Pays Loire	1	1	0	82	1	1	2	80
QUALITAIR	5	11	3	75	7	9	4	74
REMAPP	0	2	5	88	0	2	5	88
BOURG-CE_N	0	2	4	89	0	2	5	88
SUPAIRE	0	0	0	65	0	0	0	65
AREMARTOIS	0	0	3	90	0	0	2	91
AMPASEL	0	3	0	92	0	3	1	91
AIRLOR	2	4	0	89	2	4	0	89
AIRAQ	0	9	1	84	0	9	1	84
BOURG_SUD	1	5	0	88	1	5	3	85
AIN_SAVOIE	0	5	0	22	0	5	1	21
LIGAIR	2	4	3	85	4	2	5	83
LIMAIR	0	1	0	94	0	1	0	94
ASQUADRA	0	4	0	90	2	2	0	90

Tableau 9: Table de contingence pour CFM et ASCFM basée sur la prévision à D+0

Le nombre de bonnes prévisions passe ainsi de 58 pour la prévision brute à 81 grâce au processus d'adaptation statistique. L'amélioration est surtout sensible en PACA pour Airfobep, Airmaraix et Qualitair.

Les améliorations sont peu perceptibles pour Coparly, Remappa et Ascoparg.

Toutefois, il convient d'être prudent avec l'adaptation statistique, car si le nombre de bonnes prévisions augmente, le nombre de fausses alertes tend aussi à augmenter.

### **3.1.4 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES**

A travers cette étude, une première analyse a permis d'identifier les secteurs géographiques dans lesquels PREV'AIR nécessite d'être amélioré. Le constat qui a été fait est que la qualité de l'air dans les zones à forte activité industrielle avec notamment présence de pôle pétrochimique était très souvent mal représentée par le modèle. Il est vraisemblable que des cadastres d'émission plus réalistes permettraient de gommer une partie des incertitudes qui engendrent des prévisions sous-estimant la réalité des observations.

Les zones à orographie complexe sont aussi sujettes à des améliorations afin de mieux prendre en compte la dynamique de dispersion des polluants, souvent déterminante dans l'évolution des observations sur de telles régions.

Néanmoins, l'adaptation statistique basée sur une climatologie des années passées (à partir de 2003) permet d'améliorer la qualité des prévisions d'ozone. Certaines zones néanmoins restent difficile à corriger. Une raison à cela est le manque de points de mesure, qui ne permet pas de couvrir convenablement la région et rend ainsi impossible le calcul d'un champ correctif performant.

Dans cette étude, nous nous sommes appliqués à montrer avec sévérité les défaillances du modèle mais ceci ne doit pas occulter que dans l'ensemble les performances du modèle permettent d'assurer quotidiennement une prévision de la qualité de l'air très réaliste.

## **4. CARTOGRAPHIE DES PM10**

### **4.1.1 PRESENTATION DES DONNEES UTILISEES**

On s'intéresse à la cartographie des concentrations de PM10, sur la France pendant l'été 2003, du 15 juin au 15 septembre. La période hivernale fera l'objet d'une étude complémentaire.

#### **4.1.1.1 DONNEES MODELE**

Les données modèle utilisées dans cette étude sont des sorties de simulation du modèle CHIMERE, version V200501H, mis en œuvre à l'échelle de l'Europe:

- sur un domaine de 10°Ouest à 24°Est, et de 36°N ord à 57.5°Nord;
- avec une résolution spatiale de 0.5° en longitude et en latitude, soit environ 50km dans les deux directions. Il y a donc  $70 \times 44 = 3080$  points de grille modèle.

La microphysique des aérosols a été activée. Les sels marins ne sont pas pris en compte, ni la resuspension des particules. Six niveaux d'émissions ont été considérés.

Nous utilisons les données modèles issues d'une simulation de la période estivale 2003, effectuée en utilisant les analyses météorologiques globales du NCEP (National Centers for Environmental Prediction<sup>5</sup>).

Une description détaillée du modèle est disponible sur Internet à l'adresse suivante :

<http://euler.lmd.polytechnique.fr/chimere>

#### **4.1.1.2 DONNEES D'OBSERVATION**

Les données d'observation de PM10 utilisées proviennent de la BDQA. Ce sont donc des données validées par les AASQA.

La cartographie porte sur les concentrations moyennes journalières de PM10, calculées à partir des données horaires de concentration de ce polluant.

Les mesures utilisées ont été effectuées sur des stations rurales, périurbaines et urbaines. Les stations de mesure de types trafic et industriel ne sont pas prises en compte pour cette étude, puisque non représentatives de la résolution du calcul.

On a considéré pour cette étude deux jeux successifs de stations :

- un jeu de 29 stations, dont 5 rurales et 24 périurbaines (cf. Figure 4-2) ;
- un jeu de 69 stations, constitué des mêmes que pour le jeu 1, augmenté de 40 stations urbaines (cf. Figure 4-3).

L'ensemble des stations rurales a été utilisé. Il faut remarquer (cf. Figure 2-1) que le nombre de stations rurales mesurant les PM10 est très faible. Ce point rend l'application des méthodes de krigeage particulièrement délicat; de même, la possibilité de validation de ces méthodes en zone rurale est très limitée.

---

<sup>5</sup> <http://wwwt.ncep.noaa.gov/>

Les stations périurbaines et urbaines sélectionnées ont été choisies sur la base de la sélection des stations effectuée pour la cartographie des concentrations d’ozone, et en tenant compte de contraintes de couverture du territoire. Notons que l’on dispose au total de 159 stations urbaines (44 stations périurbaines) mesurant les PM10.

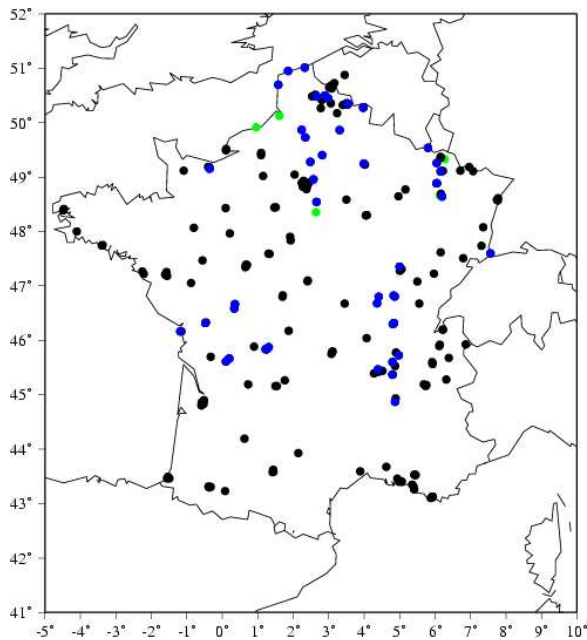


Figure 4-1 Stations disponibles pour la cartographie des PM10. Les stations rurales sont en vert, les périurbaines en bleu, les urbaines en noir.

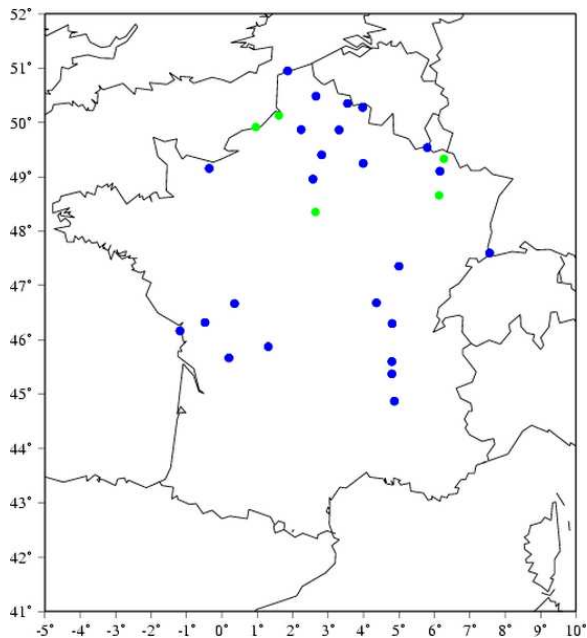


Figure 4-2 Stations utilisées pour la cartographie des PM10, jeu 1.

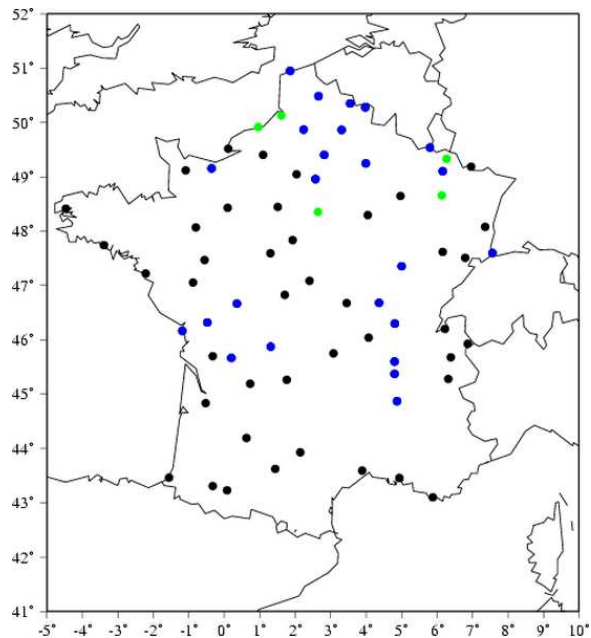


Figure 4-3 Stations utilisées pour la cartographie des PM10, jeu 2



## 4.1.2 EVALUATION STATISTIQUE DES METHODES DE KRIGEAGE

*N.B. : Le principe des techniques de krigeage mises en œuvre dans cette étude n'est pas décrit dans cette partie. Pour une description détaillée, on peut se rapporter au guide d'utilisation [2].*

### 4.1.2.1 TESTS REALISES

Le travail présenté ci-après est consacré à la cartographie de la moyenne journalière du PM<sub>10</sub>. Dans un premier temps, on a testé les performances de la méthode de **Krigeage des innovations**, déjà mise en œuvre dans le système PREV'AIR pour la cartographie des concentrations d'ozone.

Les calculs font appel à deux fichiers de stations de mesure :

- un **fichier d'analyse**, qui contient la liste des stations effectivement utilisées dans le krigeage. (cf. paragraphe 4.1.1.2)
- un **fichier de vérification**, complémentaire du précédent, qui contient la liste des stations rurales, périurbaines et urbaines non retenues dans le krigeage et réservées à l'évaluation<sup>6</sup>.

L'ensemble du travail est réalisé avec R (version 1.9.1), logiciel de statistique librement téléchargeable sur Internet (<http://cran.cict.fr/>), et avec des bibliothèques associées (akima, chron, geoR, gstat, splancs).

### 4.1.2.2 VALIDATION CROISEE

La première méthode d'évaluation du krigeage est dite de **validation croisée**. Elle consiste à éliminer temporairement une station du fichier d'analyse puis à estimer par krigeage la concentration en ce point à l'aide des stations restantes. Cette opération est répétée pour toutes les stations du fichier. Ainsi, on dispose pour chacune d'elles d'une concentration estimée  $\hat{Z}_i^a$  et d'une valeur observée  $Z_i^a$ .

### 4.1.2.3 VERIFICATION SUR UN JEU DE STATIONS INDEPENDANTES

La seconde méthode d'évaluation du krigeage consiste en une **évaluation sur un jeu de stations indépendantes** (fichier de vérification). Le krigeage des innovations est effectué aux stations exclues de l'analyse. Pour chacune d'elles, on dispose comme précédemment d'une concentration estimée  $\hat{Z}_i^v$  et d'une valeur observée  $Z_i^v$ .

Le variogramme utilisé est le modèle défini sur les stations d'analyse.

### 4.1.2.4 INDICATEURS STATISTIQUES CALCULES

A l'issue de chaque évaluation, différents indicateurs statistiques, encore appelés scores, sont calculés. Soient  $Z_i$ ,  $i=1..N$ , un ensemble d'observations et  $\hat{Z}_i$  les concentrations estimées aux mêmes points, les indicateurs considérés sont :

---

<sup>6</sup> Dans le cas présent, le fichier de vérification ne contient que des stations urbaines et périurbaines, toutes les stations rurales disponibles étant retenues pour l'analyse.

Biais absolu (BA)	$BA = \frac{1}{N} \cdot \sum \hat{Z}_i - Z_i$
Racine carrée de l'erreur quadratique moyenne (RMSE)	$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \cdot \sum (\hat{Z}_i - Z_i)^2}$
Coefficient de corrélation (Corr)	$Corr = \frac{\text{cov}(\hat{Z}_i, Z_i)}{\sqrt{\text{var}(\hat{Z}_i)} \cdot \sqrt{\text{var}(Z_i)}}$

Les statistiques ont été calculées :

- jour par jour, sur l'ensemble des stations (statistiques spatiales)
- sur l'ensemble des jours et des stations (statistiques spatio-temporelles) ;
- sur l'ensemble des jours, station par station (statistiques temporelles);
- sur l'ensemble des jours et pour chaque type (urbain / rural / périurbain) de stations.

### 4.1.3 KRIGEAGE DES INNOVATIONS: INFLUENCE DES PARAMETRES DE KRIGEAGE

#### 4.1.3.1 EXPERIENCES REALISEES

Les cartographies de PM10 ont été générées en utilisant la méthode de krigeage des innovations, dans les configurations qui figurent dans le tableau ci-dessous. Le modèle de variogramme utilisé pour toutes les expériences est exponentiel.

Ex p.	Méthode de krigeage	de	Jeu de stations	de	Effet de pépite	Distance max / taille des « bins » (km)
1	Innovations		1		Fixé à zéro	240 / 40
2	Innovations		2		Fixé à zéro	240 / 40
3	Innovations		1		Calculé lors de l'ajustement du variogramme	240 / 40
4	Innovations		2		Calculé lors de l'ajustement du variogramme	240 / 40

#### 4.1.3.2 RESULTATS STATISTIQUES

Le Tableau 4 ci-dessous présente les résultats statistiques obtenus pour l'expérience 1, sur l'ensemble des jours et en distinguant le type des stations.

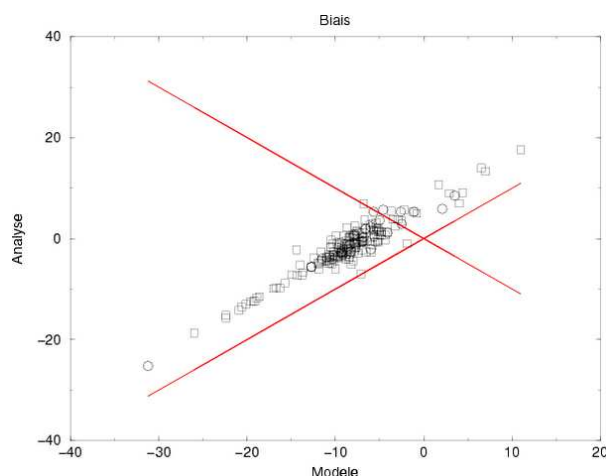
Type stations	Mm	Nobs	BAA	BAm	RMSEa	RMSEm	Corra	Corrm
Rurales (VC1)	14.1	365	-1.1	-8.3	9.1	12.9	0.66	0.57
Périurbaines (VC1)	13.7	2148	0.2	-6.8	6.3	10.2	0.79	0.66
Périurbaines (VIND)	14.0	1714	1.2	-4.8	7.4	9.1	0.70	0.62
Urbaines (VIND)	13.4	13222	-2.1	-9.1	7.3	12.1	0.76	0.68

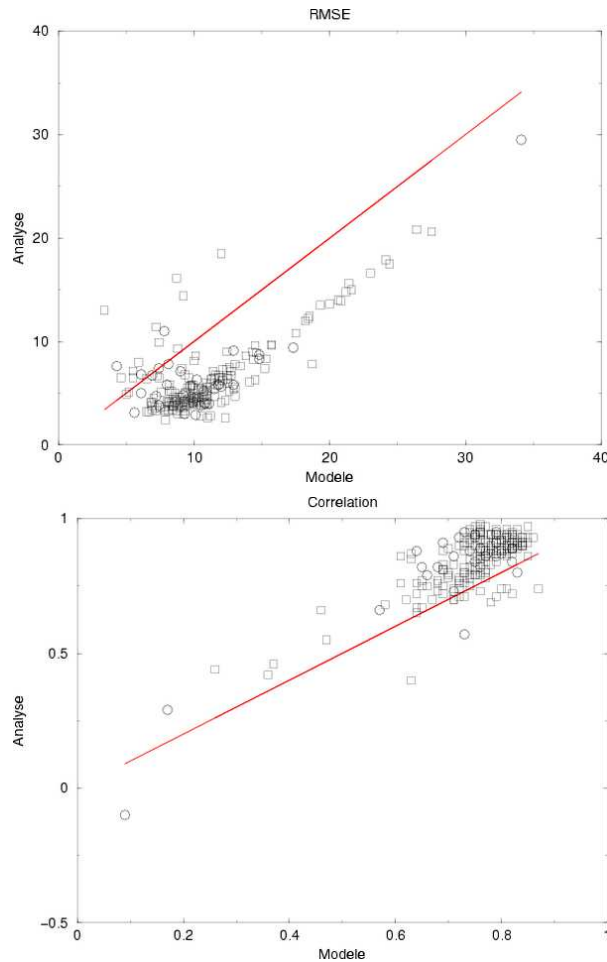
*Tableau 4 Résultats statistiques obtenus pour l'expérience 1. VC1 concerne des indicateurs calculés par validation croisée; VIND, des indicateurs calculés sur un jeu indépendant de stations.*

Dans le Tableau 4, Mm désigne la moyenne des concentrations modèles en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; Baa, le biais absolu des concentrations analysées en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; Bam, le biais absolu des concentrations modèles en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; RMSEa, l'erreur quadratique moyenne des concentrations analysées en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; RMSEm, l'erreur quadratique moyenne des concentrations modèles en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; Corra, la corrélation des concentrations observées et analysées; Corrm, la corrélation des concentrations observées et modèles.

Le krigeage des innovations a pour effet d'améliorer tous les indicateurs statistiques.

Les figures suivantes (Figure 4-4) permettent de comparer, pour chacune des stations utilisées pour cette étude, les indicateurs statistiques obtenus avant (c'est-à-dire pour les sorties modèles "brutes") et après analyse (expérience 1).





*Figure 4-4 Indicateurs statistiques obtenus après analyse (expérience 1) en fonction de ceux calculés pour les sorties modèles "brutes". Un point représente une station de mesure. Les stations de mesure utilisées pour l'analyse sont associées aux cercles; celles utilisées pour la vérification sont associées aux carrés.*

Pour la grande majorité des stations, le krigeage des innovations a pour effet d'améliorer les indicateurs statistiques - calculés sur l'ensemble des jours.

Les tableaux ci-dessous présentent les résultats statistiques obtenus pour les expériences 1, 2, 3 et 4, sous forme de « gain » en % :

- $\text{abs}(\text{biais analyse} / \text{biais modèle}) * 100$
- $\text{abs}(\text{RMSE analyse} / \text{RMSE modèle}) * 100$
- $\text{abs}(\text{corrélacion analyse} / \text{corrélacion modèle}) * 100$

Pour les deux premiers indicateurs, une amélioration de l'indicateur se traduit par une valeur inférieure à 100% ; une amélioration de la corrélation, par une valeur supérieure à 100%.

Dans les expériences 3 et 4 (dans lesquels l'effet de pépité est calculé lors de l'ajustement du variogramme), la matrice de covariance n'est pas toujours inversible, ce qui explique que le nombre de données sur lesquelles sont calculés les scores soit quelquefois plus faible que dans les expériences 1 et 2.

Dans toutes les expériences réalisées, les gains sur les stations rurales sont calculés en validation croisée. Le krigeage a pour effet d'améliorer les différents indicateurs calculés sur les stations rurales. Pour la RMSE et la corrélation, cette amélioration est comparable d'une expérience à une autre. Le gain sur le biais est plus élevé lorsque le second jeu de station est utilisé: pour les expériences 2 et 4, le biais après analyse est pratiquement nul.

Exp.	Type stations	Nobs	BAa/BAm	RMSEa/RMSEm	Corra/Corrm
1	Rurales	365	13	71	116
2	Rurales	365	1	71	114
3	Rurales	362	13	71	116
4	Rurales	289	0	71	116

*Tableau 5 Résultats statistiques obtenus sur les stations rurales pour les expérience 1 à 4, par validation croisée.*

Dans toutes les expériences réalisées, les gains sur les stations périurbaines sont calculés en validation croisée (premier tableau ci-dessous) et en vérification sur les stations indépendantes (deuxième tableau ci-dessous).

En validation croisée, les gains calculés sur les stations périurbaines sont assez élevés: le gain sur le biais varie entre 79 et 97%; pour les expériences 1 et 3, le biais après analyse est pratiquement nul. Le gain sur la RMSE varie entre 38 et 40%; celui sur la corrélation, entre 20 et 24%.

Le gain sur le biais calculé sur les stations périurbaines indépendantes varie entre 51 et 74%; celui sur la RMSE, entre 15 et 20%; celui sur la corrélation, entre 11 et 15%.

Exp.	Type stations	Nobs	Baa/Bam	RMSEa/RMSEm	Corra/Corrm
1	Périurbaines	2148	3	62	120
2	Périurbaines	2148	18	60	123
3	Périurbaines	2124	3	63	120
4	Périurbaines	1682	21	63	124

*Tableau 6 Résultats statistiques obtenus sur les stations périurbaines pour les expérience 1 à 4, par validation croisée.*

Exp.	Type stations	Nobs	Baa/Bam	RMSEa/RMSEm	Corra/Corrm
1	Périurbaines	1714	26	81	113

2	Périurbaines	1714	33	85	111
3	Périurbaines	1695	27	80	115
4	Périurbaines	1351	49	83	115

*Tableau 7 Résultats statistiques obtenus sur les stations périurbaines pour les expériences 1 à 4, par validation sur un jeu indépendant de stations.*

Lorsque le jeu de stations numéro 1 est utilisé pour l'analyse (expériences 1 et 3), les gains sur les stations urbaines sont calculés seulement en vérification sur les stations indépendantes (deuxième tableau ci-dessous). Lorsque c'est le jeu de stations numéro 2 qui est utilisé (expériences 2 et 4), il est aussi possible de calculer des gains en validation croisée (premier tableau ci-dessous).

En validation croisée, les gains calculés sur les stations urbaines sont assez élevés: le gain sur le biais vaut environ 90%; celui sur la RMSE, environ 40%; celui sur la corrélation, entre 12 et 14%.

Le gain sur le biais calculé sur les stations urbaines indépendantes varie entre 76 et 100%; celui sur la RMSE, entre 40 et 51%; celui sur la corrélation, entre 12 et 26%.

Exp.	Type stations	Nobs	BAa/BAm	RMSEa/RMSEm	Corra/Corrm
1	Urbaines	-	-	-	-
2	Urbaines	3540	9	57	112
3	Urbaines	-	-	-	-
4	Urbaines	2774	9	58	114

*Tableau 8 Résultats statistiques obtenus sur les stations urbaines pour les expériences 1 à 4, par validation croisée.*

Exp.	Type stations	Nobs	BAa/BAm	RMSEa/RMSEm	Corra/Corrm
1	Urbaines	13222	23	60	112
2	Urbaines	9682	0	49	124
3	Urbaines	13084	24	60	113
4	Urbaines	7589	1	50	126

*Tableau 9 Résultats statistiques obtenus sur les stations urbaines pour les expériences 1 à 4, par validation sur un jeu indépendant de stations.*

#### 4.1.3.3 RESULTATS CARTOGRAPHIQUES

Le Tableau 10 présente les corrections apportées dans les différentes expériences de krigeage: corrections minimale, maximale et moyenne; percentiles 5, 25, 50, 75 et 95 des corrections.

Remarque: le terme "correction" désigne la quantité "concentration modèle - concentration analysée".

Exp.	Correction min.	P05 des corrections	P25 des corrections	P50 des corrections	P75 des corrections	P95 des corrections	Correction max.	Correction moyenne
1	-10.7	-9.0	-8.1	-7.3	-7.0	-5.6	-0.9	-7.4
2	-16.6	-11.6	-9.9	-9.4	-8.6	-6.6	-0.7	-9.2
3	-10.2	-9.2	-8.1	-7.2	-6.6	-5.6	-1.7	-7.3
4	-11.6	-9.2	-8.2	-7.4	-6.9	-5.8	-2.8	-7.5

*Tableau 10 Corrections minimale, maximale et moyenne et percentiles 5, 25, 50, 75 et 95 des corrections apportées dans les différentes expériences de krigeage.*

Les quantités ci-dessus sont calculées sur les corrections moyennes sur toute la période estivale; ces corrections moyennes sont représentées, pour chacune des expériences considérées, dans les cartes ci-dessous (cartes de droite). Les cartes de gauche représentent les concentrations moyennes de PM10 obtenues après krigeage.

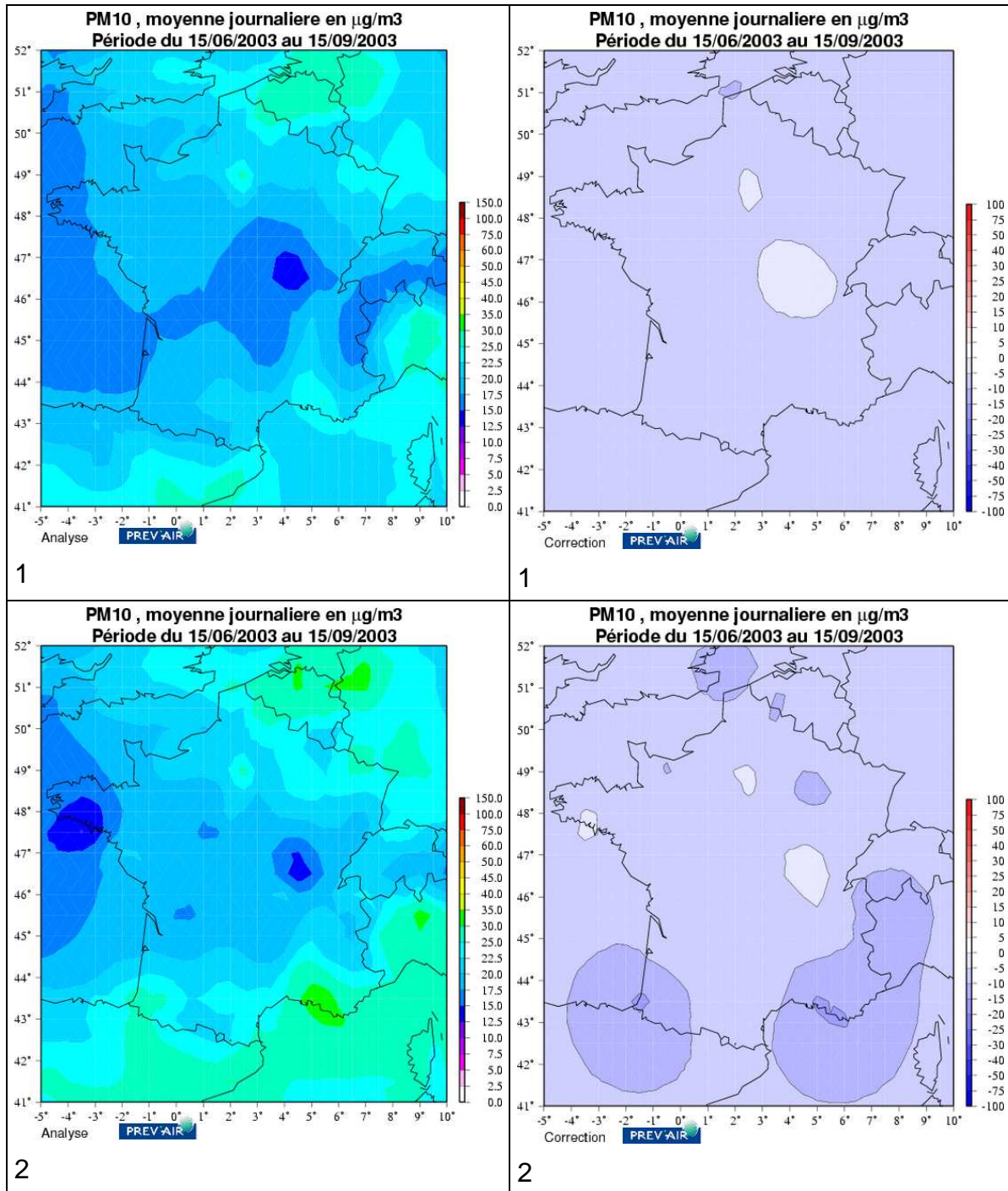
On retrouve, dans la carte des corrections associée à l'expérience 1, le fait que la correction apportée par le krigeage est *en moyenne* négative (-7.4 µg/m<sup>3</sup>): les concentrations analysées sont *en moyenne* plus élevées que les concentrations modèle initiales.

Cette carte montre aussi qu'il existe des zones dans lesquelles la correction apportée par le krigeage est plus faible: c'est le cas autour de l'agglomération parisienne, et en Bourgogne. Toutes les expériences réalisées conduisent d'ailleurs à des corrections plus faibles des concentrations de PM10 dans les régions citées ci-dessus.

Les expériences 1 et 3 conduisent à des corrections très peu différentes (inférieures à 1 µg/m<sup>3</sup> en valeur absolue): le fait de prendre en compte ou non l'effet de pépite lors du krigeage a un faible impact sur les concentrations analysées.

Dans les cartes des expériences 2 et 4, on trouve des corrections (négatives) plus élevées (en valeur absolue) dans les régions Sud-Ouest et Sud-Est, ce qui est lié à l'introduction pour ces expériences de stations urbaines dans ces régions. La valeur extrême des corrections est plus faible (en valeur absolue) lorsque l'effet de pépite est ajusté (expérience 4); c'est également vrai pour la valeur moyenne des corrections (-9.2 µg/m<sup>3</sup> dans l'expérience 2 contre -7.5 µg/m<sup>3</sup> dans l'expérience 4).

Dans la carte de l'expérience 2, apparaissent en plus d'autres zones dans lesquelles le krigeage des innovations conduit à augmenter fortement les concentrations modèles. D'une manière générale, la carte des concentrations moyennes de PM10 montre que ce sont les paramètres de l'expérience 2 (jeu de stations numéro 2 et pas d'effet de pépité) qui conduisent à la plus forte correction. Les écarts de correction entre les expériences 1 et 2 peuvent atteindre localement 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (régions Sud-Est et Sud-Ouest).





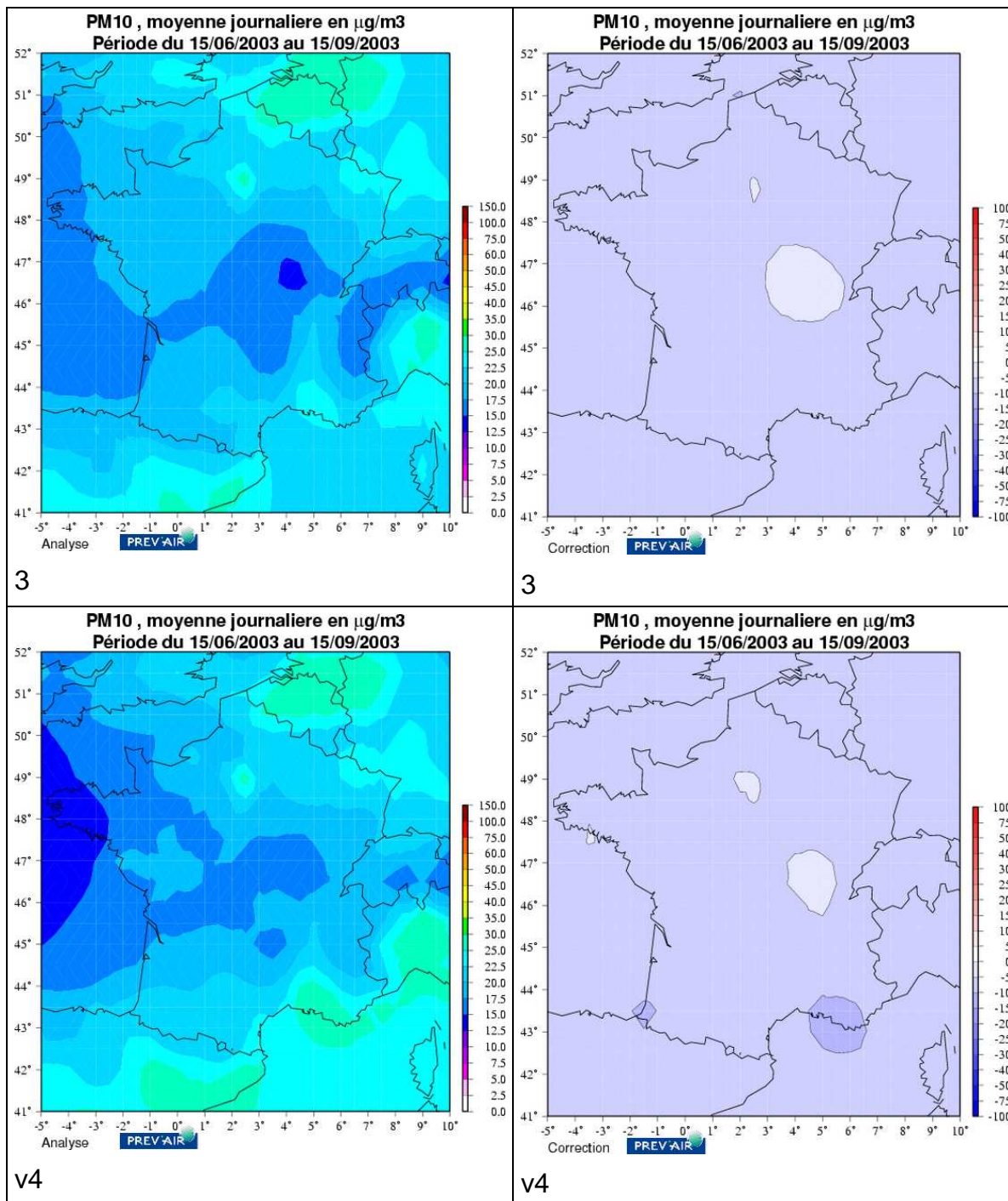


Figure 4-5 Corrections moyennes sur toute la période estivale des concentrations moyennes journalières de PM10 (cartes de droite). Les cartes de gauche représentent les concentrations moyennes de PM10 obtenues après krigeage.

#### 4.1.4 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Dans toutes les expériences réalisées, le krigeage a pour effet d'améliorer de façon importante les moyennes journalières des concentrations de PM10 évaluées aux *stations rurales, périurbaines et urbaines*, ceci quel que soit le jeu de stations utilisées pour le krigeage (prise en compte ou non de stations urbaines).

Aux stations rurales, le gain sur le biais varie entre 87 et 100%; celui sur la RMSE vaut 29%; celui sur la corrélation vaut 15%. Ces résultats sont à moduler par le fait que l'on ne dispose pour l'évaluation du krigeage que de cinq sites ruraux de mesure des concentrations de PM10.

En ce qui concerne les *stations périurbaines*, les gains - calculés en validation croisée - sont de l'ordre de 40% sur la RMSE et de 20% sur la corrélation. Le gain sur le biais varie de 79 à 97%. Sur les stations urbaines indépendantes, le gain sur le biais varie entre 76 et 100%; celui sur la RMSE, entre 40 et 51%; celui sur la corrélation, entre 12 et 26%.

La méthode de krigeage des innovations apparaît donc comme un outil potentiellement intéressant, pour cartographier les concentrations de PM10 à l'échelle de la France. Les points suivants restent à investiguer: si la méthode de krigeage des innovations appliquée à la cartographie des concentrations moyennes journalières de PM10 apparaît relativement robuste sur des critères statistiques; qu'en est-il pour la cartographie au jour le jour? A-t-on les mêmes conclusions l'hiver? Quel serait l'effet d'introduire des variables externes comme les émissions, l'occupation du sol ou l'altitude dans la procédure de krigeage?

## **5. BILAN DES ACTIONS D'ASSISTANCE AUX UTILISATEURS**

### **5.1 COMPTES UTILISATEURS**

Le tableau de l'Annexe 1 contient la liste des 44 utilisateurs du système PREV'AIR au 30/11/2005. Les nouveaux utilisateurs du système PREV'AIR (par rapport à l'été 2004) sont au nombre de neuf; ils figurent dans les cases en grisé. Parmi ceux-ci, l'Institut de Veille Sanitaire et l'utilisateur "ARMO" (utilisation des données effectuée à l'INERIS pour le forçage de modèles régionaux dans le cadre d'un programme de recherche franco-anglais) ont ouvert leur compte à la fin de l'été 2005.

### **5.2 EXTRACTION DES DONNEES**

Par rapport à l'été 2004, la procédure générique d'extraction et de mise à disposition des données numériques de prévision de la qualité de l'air est inchangée. A la demande d'une AASQA (Air Languedoc-Roussillon), il a été procédé à l'extraction et à la mise à disposition des données numériques résultant de la procédure d'analyse des concentrations d'ozone.

Pendant un mois, une extraction particulière a été réalisée, à la demande de ATMO Poitou-Charentes en appui à une campagne de mesure dont l'objectif était d'étudier le comportement des concentrations d'ozone en zone côtière.

Des mises à niveaux ont été demandées par différentes AASQA, qui ont nécessité des extractions sur les années antérieures et actuelle dans le but de constituer des bases complètes de données locales relatives à la qualité de l'air depuis 2003.

### **5.3 MISE A DISPOSITION DES DONNEES A L'ATTENTION DE FRANCE TELEVISION**

Quotidiennement durant la période d'astreinte qui s'est étalée de début juin jusqu'à mi-septembre, des extractions PREV'AIR étaient disposées sur les nouveaux comptes de France2 et France 3, comprenant les champs de surface des concentrations d'ozone pour la France et l'Europe. Cette opération fait suite au partenariat signé en mai 2005 entre le Ministère de l'Ecologie et France Télévision, qui instaure notamment la diffusion d'une information vers le public lors d'épisode de pollution à l'ozone. Sur alerte de l'INERIS et accord du Ministère de l'Ecologie, ces extractions servent de support numérique à la fabrication de cartes dans les services de graphismes des médias, pour être ensuite télédiffusées lors des bulletins météorologiques. Un tel dispositif a ainsi été actif au cours de 18 journées lors de l'été 2005.

## **6. REFERENCES**

[1] Grancher D., Bel L., Vautard R., 2003. Cartographie et prévision des champs de pollution à l'échelle locale, à partir des résultats de simulation d'un modèle continental.

[2] Honoré C., Malherbe L., 2003. Application de modèles grande échelle à la problématique régionale : cas de l'ozone. Rapport LCSQA, [www.lcsqa.org](http://www.lcsqa.org).

## **7. LISTE DES ANNEXES**

<b>Repère</b>	<b>Désignation</b>	<b>Nombre de pages</b>
Annexe 1	Liste des utilisateurs du système PREV'AIR au 30/11/2005	2
Annexe 2	Proposition des travaux LCSQA 2005	3
Annexe 3	La plate-forme AASQARIUM	2

## ANNEXE 1: LISTE DES UTILISATEURS DU SYSTEME PREV'AIR AU 30/11/2005

Nom de l'organisme	Domaine de compétence	Utilisation envisagée des données / Remarques
ACRI-ST <sup>7</sup>	Provence-Alpes-Côte d'Azur et Rhône-Alpes	Développement d'une plate-forme de simulation de pollution photochimique pour les réseaux Airmaraix et Coparly
AIR DE L'AIN ET DES PAYS DE SAVOIE (L')	Savoie	Cartographie des prévisions du lendemain sur notre site Internet
AIRAQ	Aquitaine	Prévision cartographique
AIR BREIZH	Bretagne	Carto. de prévisions
AIRCOM	Basse-Normandie	Pas d'utilisation précisée
AIRLOR	Lorraine	Aide a la prévision; CL pour la modélisation
AIRLR	Languedoc-Roussillon	Prévision experte [O3] J+1
AIRMARAIX	Provence-Alpes-Côte d'Azur	CL pour modèle régional PACA méso-echelle.
AIRNORMAND	Haute-Normandie	Pas d'utilisation précisée
AIRPARIF	Ile-de-France	CL
AIRPL	Pays de la Loire	Modélisation déterministe SAMAA (ACRI); cartographie de l'ozone à l'échelle régionale
AMPASEL	Saint-Etienne Rhône-Alpes	integration modele prevision statistique + estimation probabillite risque de depassement
ARMO	Nord-Ouest de la France, Sud-Est de l'Angleterre	Utilisation envisagée des données : forçage modèles régionaux dans le cadre d'un programme de recherche franco-anglais
ARPA-Basilicata	Basilicata (Italie)	Forecasting of PM and O3
ARPA-EMR (EmilieRomagne)	Emilie Romagne (Italie)	Aide à la prévision de la qualité de l'air; CL du modèle régional de simulation de la qualité de l'air
ARPA LOMBARDIA	Lombardie (Italie)	
ARPA-Piemonte	Piémont (Italie)	Aide à la prévision de la qualité de l'air; CL du modèle régional de simulation de la qualité de l'air
ARPA-Veneto	Vénétie (Italie)	analysis and forecasting of local levels of pollution
ARPAM	Franche-Comté	comparaison avec des relevés effectues
ASPA	Alsace	CL du modèle de prévision CHIMERE-Régional utilisé quotidiennement
ASQAB	Jura	Etudes géostatistiques pour O3, NO2. Etudes de pertinence de covariables potentielles pour la spatialisaton des données stations.
ASQUADRA	Rhône-Alpes	Dans un premier temps, comparaison des sorties PREV'AIR avec les

<sup>7</sup> Les données sont désormais téléchargées par cet utilisateur via les comptes des AASQA.

		mesures en station
ATMO AUVERGNE	Auvergne	Modélisation (code CALGRID)
ATMO CHAMPAGNE ARDENNE	Champagne-Ardenne	Réalisation des cartographies de prévision zoomées sur la région Champagne Ardenne
ATMO POITOU CHARENTES	Poitou-Charentes	Adaptation locale de CHIMERE (cartographie)
ATMO_NPDC	Nord-Pas de Calais	Construction de cartes
ATMOSFAIR	Bourgogne	
CERC	Londres	Prévisions en surface dans le cadre de Promote
Ecole des Mines de Douai	-	
Ecole Nationale des Ponts et Chaussées	Europe	Météo seulement (AVN + MM5)
Environmental Protection Agency, Ireland	Ireland	Comparison with ground-based monitoring measurements  This is in the context of the GMES PROMOTE project, in which PrevAir and EPA are partners.
ESPOL	Est Moselle	OCARINA  Dans le cadre de la Charte de collaboration AERFOM,ESPOL, nous avons la charge de mettre en place le module Ocarina pour les deux réseaux.
France 2	Europe et France	TV  Format spécifique
France 3	Europe et France	TV  Format spécifique
GIERSA	Rhône-Alpes	Modélisation QA  Runs CHIMERE
Institut de Veille Sanitaire	France entière	Système d'alerte canicule santé
ISAC-CNR	Lecce (Italie)	simulations numériques
LEGI (Laboratoire des Ecoulements Géophysiques et Industriels)	Alpes	Weather and AQ forecasts on <a href="http://www.legi.hmg.inpg.fr/~Alpes/Internet/realtime">http://www.legi.hmg.inpg.fr/~Alpes/Internet/realtime</a>
LIG'AIR	Centre	Prévision
LIM'AIR	Limousin	Prévision
NUMTECH	-	Initialisation d'un modèle de prévision de la qualité de l'air à échelle urbaine  données seront utilisées dans le cadre d'une campagne d'évaluation d'un outil de prévision NUMTECH. Ces données ne seront en aucun cas utilisées dans un cadre commercial.
OPAL'AIR	Dunkerque	Information/compréhension des phénomènes
ORAMIP	Midi-Pyrénées	Couplage avec CHIMERE-Régional
SEDE SA	Suisse	Recherche / information a la population pour le canton du Valais, suisse
University of L'Aquila	Europe	Comparaison avec leur propre système de prévision

## **ANNEXE 2: PROPOSITION DES TRAVAUX LCSQA 2005**

### **THEME : TRAITEMENTS NUMERIQUES**

#### **TRAVAUX RELATIFS AU SYSTEME PREV'AIR**

##### **CONTEXTE**

Le système PREV'AIR de prévision et de cartographie de la qualité de l'air a été mis en place au cours de l'été 2003 par l'INERIS, en collaboration avec le CNRS et l'ADEME. Le système a nettement évolué en 2004, avec notamment la mise en place d'un espace « professionnel » élargi plus particulièrement dédié aux AASQA. Une convention de développement et d'exploitation du système a également été signée en juin 2004 entre le MEDD, l'INERIS, l'ADEME, le CNRS et Météo France. Outre la diffusion par internet de prévisions et cartographies d'ozone en temps réel et analysées, de particules (PM10 et PM2.5) et d'oxydes d'azote, les données numériques de concentrations calculées par CHIMERE sont téléchargeables par les organismes qui en font la demande. A ce jour près d'une vingtaine d'AASQA dispose d'un compte sur PREV'AIR et accède chaque jour aux prévisions et analyses calculées à l'INERIS.

La présente fiche porte sur les évolutions possibles du système PREV'AIR afin de mieux répondre aux besoins locaux des AASQA. Ils portent plus particulièrement sur trois thématiques :

- le couplage entre prévision locale et prévision nationale,
- l'amélioration de la prévision dans les zones d'orographie complexe,
- la modélisation des aérosols.

##### **TRAVAUX PROPOSES POUR 2005**

Le programme proposé en 2005 vise à fournir aux AASQA les éléments nécessaires à une exploitation des données de PREV'AIR cohérente par rapport à leurs attentes.

#### **1. Couplage entre prévision locale et prévision nationale**

Le système PREV'AIR fournit une prévision de l'ozone, des oxydes d'azote et des particules sur la France, à partir des résultats issus du modèle déterministe CHIMERE appliqué à une résolution spatiale de 50km. Certaines AASQA disposent d'un modèle déterministe régional de prévision de qualité de l'air auquel PREV'AIR fournit des conditions aux limites. La majorité des AASQA utilise cependant des modèles de prévision statistique simples pour établir leurs diagnostics. Les travaux proposés font suite à une demande relative au développement de méthodologies de couplage des deux types d'informations. L'idée est d'évaluer l'apport de la prévision nationale pour éventuellement améliorer les prévisions locales établies à partir de modèles statistiques simples.

Des travaux sur ce thème ont été initiés au sein de certaines AASQA. Aussi un retour d'expérience sur la question sera proposé en préalable à l'étude de l'INERIS.



Cette action aura également pour vocation d'établir un lien entre PREV'AIR et la plate-forme AASQUARIUM<sup>8</sup>, développée par l'INSA de Rennes avec l'appui du LCSQA en 2003. Il s'agit d'un système ouvert dans lequel méthodes statistiques et bases de données sont mises à disposition pour la prévision de la qualité de l'air (<http://www.insa-rennes.fr/d-info/aasqarium/>). Plusieurs AASQA ont participé à l'évaluation préliminaire de cet outil. Par souci de cohérence, il est logique de mener une réflexion sur le couplage des résultats issus des deux plates-formes.

Cette action aboutira donc sur un guide méthodologique à destination des AASQA pour l'exploitation des données issues de PREV'AIR en complément des modèles de prévision statistique.

## **2. Cartographies en zone complexe**

Les cartes de prévision élaborées par PREV'AIR, sont satisfaisantes dans l'ensemble excepté pour des zones bien identifiées, dont la topographie est complexe, et pour lesquelles la résolution de 50km est insuffisante. Les zones côtières (Méditerranée, Atlantique, Manche) et montagneuses sont plus particulièrement concernées. Une sous-estimation quasi-systématique des pointes d'ozone dans ces régions est constatée par les AASQA.

Pour pallier cette difficulté, l'INERIS propose de mener une étude statistique permettant d'aboutir à une correction a priori et systématique des prévisions d'ozone dans ces zones difficiles. Cela suppose de mener une analyse sur les stations de mesure disponibles et pertinentes et de disposer d'un historique de mesure suffisant. Une analyse de l'impact de variables externes telles que les paramètres météorologiques, l'occupation du sol ou la densité de population sera également nécessaire. Une étude de faisabilité a été menée en 2004 par l'IPSL et l'INERIS démontrant l'amélioration possible des résultats par la mise en œuvre de ces techniques.

Les produits de sorties de cette action sont donc :

- l'amélioration des prévisions d'ozone dans les zones de topographie complexe,
- la mise à disposition des procédures statistiques développées dans le « domaine utilisateurs » PREV'AIR.

## **3. Prévision des particules**

L'INERIS développe depuis 2001 un module de simulation du comportement physico-chimique des aérosols secondaires, intégré dans CHIMERE, et donc dans PREV'AIR.

Des travaux d'évaluation de ce modèle à l'échelle régionale avaient été menés par le LCSQA en 2003 et 2004, en collaboration avec AIRPARIF (qui, en partenariat avec l'IPSL, travaille sur l'adaptation et le calage du module aérosol en Ile de France) et Air Normand. Cette étude, très prometteuse, s'était largement appuyée sur un programme météorologique d'envergure permettant de disposer de données, notamment sur la spéciation chimique des aérosols.

---

<sup>8</sup> Cf. Annexe 3: Présentation de la plate-forme AASQUARIUM.

Le manque de données de validation pour l'évaluation des simulations de formation et de transport des particules est l'un des principaux obstacles à une utilisation opérationnelle de ces modèles. Or les particules constituent un enjeu majeur pour les futures réglementations en matière de surveillance de la qualité de l'air. Il est donc proposé dans la présente action de poursuivre le travail d'évaluation du module aérosol implanté dans CHIMERE, en se focalisant sur une région différente du grand Bassin Parisien. Plusieurs options sont envisagées : la région Rhône-Alpes, Midi-Pyrénées ou la région PACA. Ces travaux s'appuieront de nouveau sur une campagne de mesure, réalisée par ailleurs au sein du programme de métrologie des particules (voir fiche 17) qui permettra d'accéder à des données utiles pour l'évaluation. Le choix de la région se fera en concertation avec les AASQA, en fonction de la faisabilité métrologique, et de l'intérêt par rapport aux besoins de retour d'expérience identifiés dans PREV'AIR.

#### **COLLABORATIONS**

AASQA , ADEME

#### **DUREE DES TRAVAUX**

Il s'agit d'une étude pluriannuelle, démarrée en 2003.

## **ANNEXE 3: LA PLATE-FORME AASQARIUM**

En complément des travaux relatifs au système PREV'AIR, l'INERIS est impliqué dans le suivi d'une plate-forme logicielle de prévision statistique locale, AASQARIUM.

### **Rappel des travaux antérieurs**

En 2001, l'IRISA de l'INSA de Rennes a entrepris, sous l'égide de l'association ECRIN et avec la participation d'AASQA volontaires, de développer et de mettre à la disposition du public une plate-forme logicielle consacrée à la prévision statistique locale à court terme de la pollution atmosphérique. Le but de ce projet est de rendre accessible aux AASQA des modèles statistiques de prévision élaborés par des chercheurs et d'en faciliter l'usage grâce à un logiciel convivial et librement téléchargeable.

Le travail a été réalisé par l'IRISA avec la participation de COPARLY-ASCOPARG, AIR COM et AIR BREIZH. L'association ECRIN, l'INERIS et l'ADEME en ont suivi le déroulement. Le financement du projet a été assuré en partie par le LCSQA, *via* une convention INSA de Rennes/INERIS.

Le serveur d'applications AASQARIUM, dont la version préliminaire a été présentée lors du colloque « STIC & Environnement » (Rouen, 19 et 20 juin 2003), a évolué de façon que ses fonctionnalités répondent aux besoins des AASQA. Durant les étés 2003 et 2004, il a fait l'objet d'évaluations pour la prévision de l'ozone à AIR COM et AIR BREIZH.

### **Travaux réalisés en 2005**

Les efforts relatifs à la plate-forme de prévision locale AASQARIUM se sont poursuivis et durant l'année 2005, de nouvelles collaborations ont été nouées avec des AASQA.

En ce qui concerne la prévision de l'ozone, le logiciel a été installé et mis en œuvre à l'Air de l'Ain et des Pays de Savoie, avec l'aide de l'IRISA. Les tests effectués pendant l'été 2005 ont porté sur le modèle SifEnLigne dont l'apprentissage peut se faire au jour le jour, sans requérir d'historique de mesures. Ils ont mis en évidence quelques points d'amélioration, dont la plupart ont déjà été pris en compte. Outre la résolution de problèmes informatiques, il s'agit d'ajustements nécessaires à une compréhension et une prise en main plus aisées des modèles.

En ce qui concerne la prévision du NO<sub>2</sub>, l'IRISA, l'INERIS, l'ASPA et ECRIN ont travaillé à la préparation d'un benchmark qui devrait être lancé au second semestre 2006. La base de données nécessaire à cet exercice d'intercomparaison a été constituée par l'ASPA. La possibilité de prévoir les pics de NO<sub>2</sub> à l'aide des variables disponibles a été testée par l'IRISA au moyen d'un arbre de régression flou. Les premiers résultats sont satisfaisants.

Des difficultés imprévues (notamment, un nombre insuffisant d'inscrits pour le benchmark initialement prévu en 2005) ont retardé l'avancée du travail et n'ont pas permis d'aborder la question du couplage entre les résultats de PREV'AIR et d'AASQARIUM. Des réflexions sur ce sujet pourront être entamées en 2006.