



Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air



«Modélisation - Traitements numériques»

«Travaux relatifs à la plateforme nationale de modélisation Prev'Air : Bilan des performances et bilans utilisateurs»

Décembre 2010

Programme 2010

FREDERIK MELEUX, LAURE MALHERBE, ANTHONY UNG





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, et en concertation avec les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA). Ces travaux en matière de pollution atmosphérique ont été financés par la Direction Générale de l'Energie et du Climat (bureau de la qualité de l'air) du Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement. Ils 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 au MEDDTL et 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 à la plateforme nationale de modélisation Prev'Air: Bilan des performances et bilans utilisateurs»

Laboratoire Central de Surveillance
de la Qualité de l'Air

«Thème: Modélisation - Traitements numériques»

Programme financé par la
Direction Générale de l'Énergie et du Climat (DGEC)

2010

«Frédéric Meleux»

Avec la collaboration de L. Malherbe et A. UNG (INERIS)

Ce document comporte 33 pages (hors couverture et annexes)



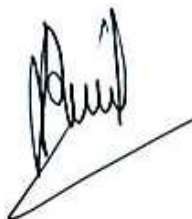
	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Frédéric MELEUX	Bertrand BESSAGNET	Laurence ROUÏL
Qualité	Ingénieur de l'Unité MOCA Direction des Risques Chroniques	Responsable de l'Unité MOCA Direction des Risques Chroniques	Responsable du Pôle DECI Direction des Risques Chroniques
Visa			

TABLE DES MATIÈRES

RESUME	7
1. INTRODUCTION	8
2. L'OZONE	9
2.1 Analyse de l'été 2010	9
2.2 La qualité de l'air prévue par PREV'AIR.....	10
2.2.1 Prévisions nationales des dépassements du seuil d'information	11
2.2.2 Prévisions des dépassements du seuil d'information en région	12
2.3 Performances et scores des modèles	13
2.3.1 au niveau national.....	13
2.3.1.1 Le biais	13
2.3.1.2 La racine de l'erreur quadratique moyenne (RMSE)	15
2.3.1.3 Corrélations	17
2.3.2 Au niveau régional.....	19
2.3.2.1 La RMSE	19
2.3.2.2 Corrélations	20
2.4 CONCLUSIONS.....	21
3. LES PARTICULES	22
3.1 Analyse de l'année 2010	22
3.2 Les PM10 vus par PREV'AIR.....	22
3.2.1 Prévisions nationales des dépassements du seuil de 50 µg/m ³	23
3.3 Performances et scores des modèles	24
3.3.1 Au niveau National.....	24
3.3.1.1 Le biais	24
3.3.1.2 La RMSE	24
3.3.1.3 Corrélations	25
3.3.2 Au niveau régional.....	25
3.3.2.1 Le biais	26
3.3.2.2 La rmse	27
3.3.2.3 La corrélation	28
3.3.2.4 Conclusions	28

4. DEVELOPPEMENTS	29
4.1 Produits utilisateurs	29
4.2 Améliorations des cartes analysées	29
5. LES UTILISATEURS	31
5.1 Comptes & demandes utilisateurs	31
6. CONCLUSIONS	32
7. LISTE DES ANNEXES	33

RESUME

Dans ce rapport nous évaluons les performances des modèles mis en œuvre dans la plateforme de prévision et de cartographie de la qualité de l'air, Prev'Air. Cette estimation du comportement des outils est réalisée par des indicateurs statistiques classiques et les observations obtenues en temps quasi réel de la base de données BASTER gérée par l'ADEME et alimentée par les AASQA (associations de surveillance de la qualité de l'air).

En 2010, les performances affichées par les modèles sont assez proches de celles obtenues en 2009 pour ce qui concerne Chimere, la version n'ayant pas évolué. Le modèle a fait preuve d'une aptitude excellente à détecter les épisodes d'ozone et se comporte plutôt bien sur quelques épisodes de particules durant l'année 2010.

L'ENSEMBLE dont une nouvelle version a été testée conserve les meilleurs scores et améliore nettement sa capacité à prévoir les dépassements des seuils réglementaires.

L'analyse a fait l'objet d'évolutions majeures de sa méthodologie permettant d'intégrer plus de points d'observations dans son calcul.

Enfin, une nouvelle prévision aérosol a été testée puisque MOCAGE a rejoint CHIMERE en cours d'année avec une représentation pour le moment incomplète des processus.

1. INTRODUCTION

Une évaluation des performances de Prev'Air est mise à jour quotidiennement sur le site Internet (partie publique www.prevoir.org et partie privée de Prev'Air. A partir d'indicateurs statistiques, cet exercice a pour objectif de répondre à notre souci de transparence sur les aptitudes des modèles à prévoir et à estimer la qualité de l'air. L'ENSEMBLE des indicateurs est découpé selon trois catégories distinctes correspondant aux typologies de station : urbaine, périurbaine et rurale. Des variables statistiques classiques sont calculées: biais, RMSE¹, corrélation, ainsi que des tables de contingence illustrant le comportement des modèles lors de pics de pollution.

Il est ainsi possible d'estimer le comportement global du système Prev'Air sur une période de temps définie et cela pour les différentes configurations des modèles utilisées (domaine Europe ou France, modèle CHIMERE ou MOCAGE, avec et sans adaptation statistique,...).

Après une évaluation globale, une analyse des performances des modèles est présentée pour plusieurs régions afin d'identifier les caractéristiques géographiques des différents modèles.

Ce rapport traite de l'ozone pour l'été 2010 et des particules pour l'ENSEMBLE de l'année 2010 en France métropolitaine.

Enfin, un rapide bilan des utilisateurs, de leurs demandes et des nouveautés 2010 mises à leur disposition est présenté.

¹ Root Mean Square Error ou erreur quadratique moyenne

2. L'OZONE

2.1 ANALYSE DE L'ETE 2010

L'été 2010 a été marqué par plusieurs épisodes de chaleur d'ampleur nationale qui ont affecté les niveaux de la qualité de l'air en France, et plus particulièrement les teneurs en ozone de la basse troposphère.

Afin d'analyser la répartition spatiale des épisodes, le territoire métropolitain est découpé selon 7 grandes régions décrites sur la figure 1.

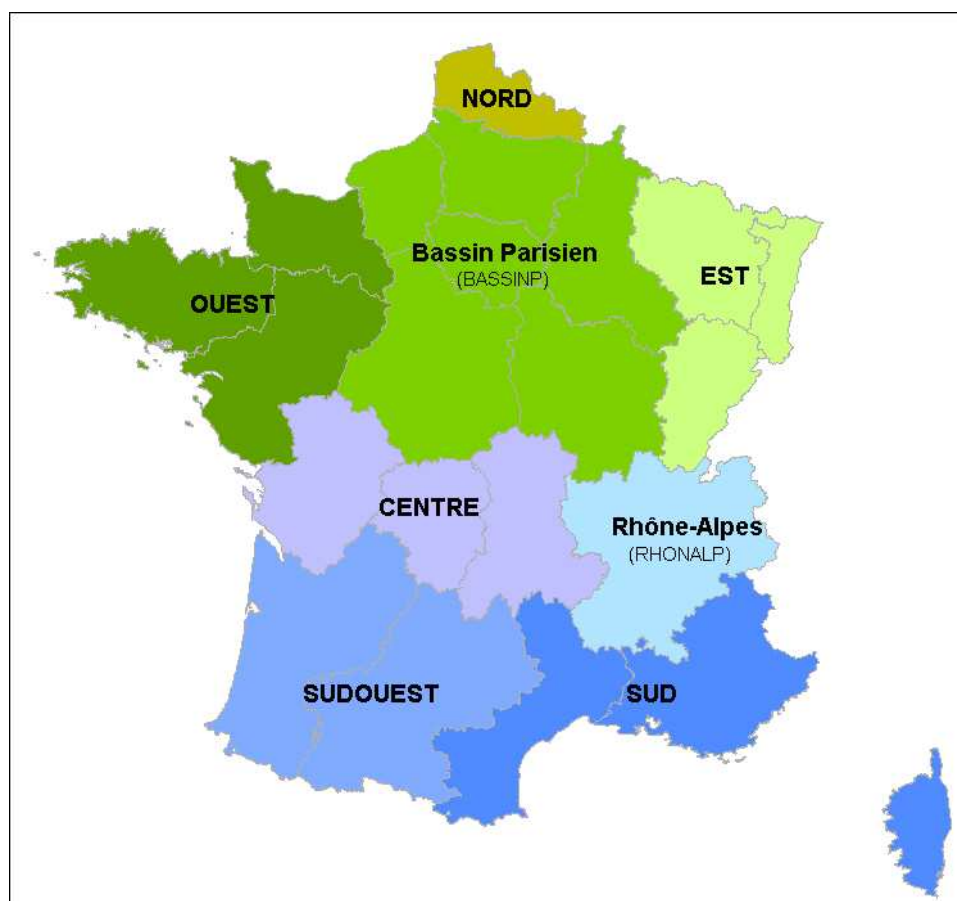


Figure 1 : Description des groupements de région utilisés pour l'évaluation géographique des modèles utilisés dans Prev'Air.

Le seuil d'information a été franchi à de multiples reprises. Le nombre de dépassements se trouve en légère diminution par rapport à l'été 2009, avec 330 relevés horaires de la base de données proche temps réel BASTER excédant 180 µg/m³ principalement au cours de trois épisodes :

- 1) Du 24 juin au 3 juillet
- 2) Du 7 juillet au 13 juillet
- 3) Du 19 juillet au 21 juillet

Au total, sur l'été 2010, 34 journées ont connu au moins un dépassement dans une région française, ce qui correspond à 6 jours supplémentaires par rapport à 2009.

O3 Threshold exceedance for 180 µg/m3 nb= 330 Year: 2010

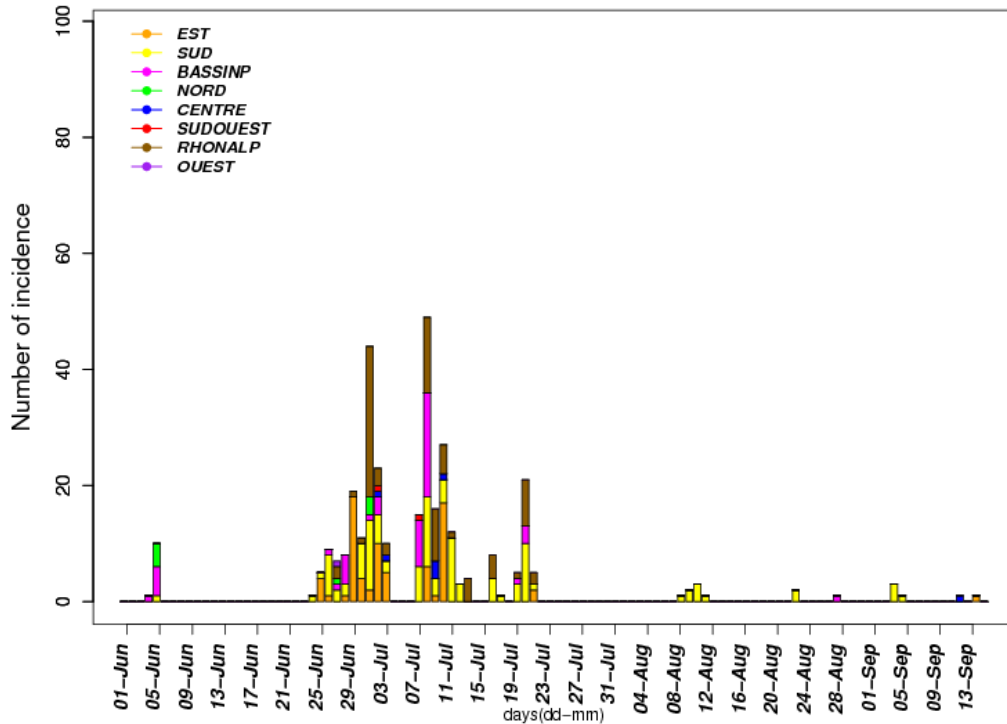


Figure 2 : Nombre de dépassement horaire du seuil de 180 µg/m3 sur 8 zones lors de l'été 2010. Valeurs issues de la base de données temps réel BASTER (ADEME).

Comparativement à 2009, les périodes de pollution à l'ozone affichent des événements journaliers moins intenses mais plus persistant dans le temps et avec une couverture spatiale plus importante (plusieurs journées avec 5-6 régions touchées).

2.2 LA QUALITE DE L'AIR PREVUE PAR PREV'AIR

L'objectif est donc de fournir une évaluation des performances de Prev'Air sur l'été 2010, du 15 juin au 15 septembre.

Pour mémoire, PREV'AIR bénéficie des résultats de 8 filières de prévision mises en œuvre simultanément tous les jours sur le système :

- CHIMERE Europe (résolution 0.5°) alimenté par le modèle météorologique américain GFS (AWM)
- CHIMERE Europe (résolution 0.5°) alimenté par le modèle météorologique français ARPEGE (AWMA)
- CHIMERE France (résolution 0.1°) alimenté par le modèle météorologique américain GFS (AFM)
- CHIMERE France (résolution 0.1°) avec adaptations statistiques (ASAFM)
- CHIMERE France (résolution 0.1°) alimenté par le modèle météorologique français ARPEGE (AFMA)
- MOCAGE Globe (résolution 2°) (MOCAG)
- MOCAGE Europe (résolution 0.5°) (MOCAE)
- MOCAGE France (résolution 0.1°) (MOCAF)

- ENSEMBLE : prévision d'ENSEMBLE combinant mathématiquement les résultats de tous les modèles décrits ci-dessus (à l'exception de MOCAGE) et le modèle POLAIR3D du CEREAs (résolution 0.1°) (E NSFRA)

Ce panel d'outils qui ont des comportements sensiblement différents, permet aux experts du consortium PREV'AIR de caler leurs prévisions et d'affiner leurs diagnostics.

Les performances de chacun des modèles sont surveillées en temps réel en consultant les valeurs des mesures in situ disponibles sur les sites web des AASQA ainsi qu'à l'aide des données recueillies auprès de la base de données BASTER. Des scores statistiques aux stations de mesure pour les pics et les moyennes journalières sont calculés sur la base des données horaires. Ces indicateurs sont ceux classiquement utilisés pour l'évaluation opérationnelle des modèles numériques :

- Biais (différence entre l'observation et la simulation)
- Erreur quadratique moyenne (racine carrée de la différence des carrés de l'observation et de la simulation)
- Corrélations
- Biais Fractionnaire (rapport des variances simulation/observation)

De plus, chaque jour les séries temporelles comparant les concentrations calculées par chacun des modèles du système aux observations sont établies.

L'ENSEMBLE de ces informations est mis à jour quotidiennement et présenté sur le site Internet de PREV'AIR (www.prevair.org). Les scores détaillés par station et les séries temporelles sont donnés dans la partie « privée » du site.

L'évaluation présentée ici est restreinte aux modèles spécifiquement dédiés à la France (AFM, ASAFM, AFMA, MOCAF, ENSFRA).

2.2.1 PREVISIONS NATIONALES DES DEPASSEMENTS DU SEUIL D'INFORMATION

A l'exception des quelques dépassements constatés début août qui constituent un événement non détecté par les modèles, les autres journées excédant 180 µg/m³ ont été bien prédites. Certaines surestimations paraissent assez importantes notamment provenant de la version CHIMERE-ARPEGE (AFMA) début juillet. Dans l'ENSEMBLE cet épisode a été moins intense que prévu par les modèles qui ont surestimé l'amplitude et l'intensité des panaches d'ozone notamment à cause de données de fond trop élevées sur la France et l'Europe, ce qui a conduit à une bonne détection de tous les pics de cette journée mais aussi à un nombre élevé de fausses alertes.

Certains de ces épisodes répondaient aux critères de diffusion d'information vers les médias, avec plusieurs régions distinctes touchées et une persistance sur plus de deux jours. Ainsi, des cartes Prev'Air accompagnées d'un bulletin descriptif de la situation ont été communiquées au ministère de l'écologie (MEDDTL) puis à France-Télévision à sept reprises.

O3 Threshold exceedance for 180 µg/m3 D+0 year: 2010

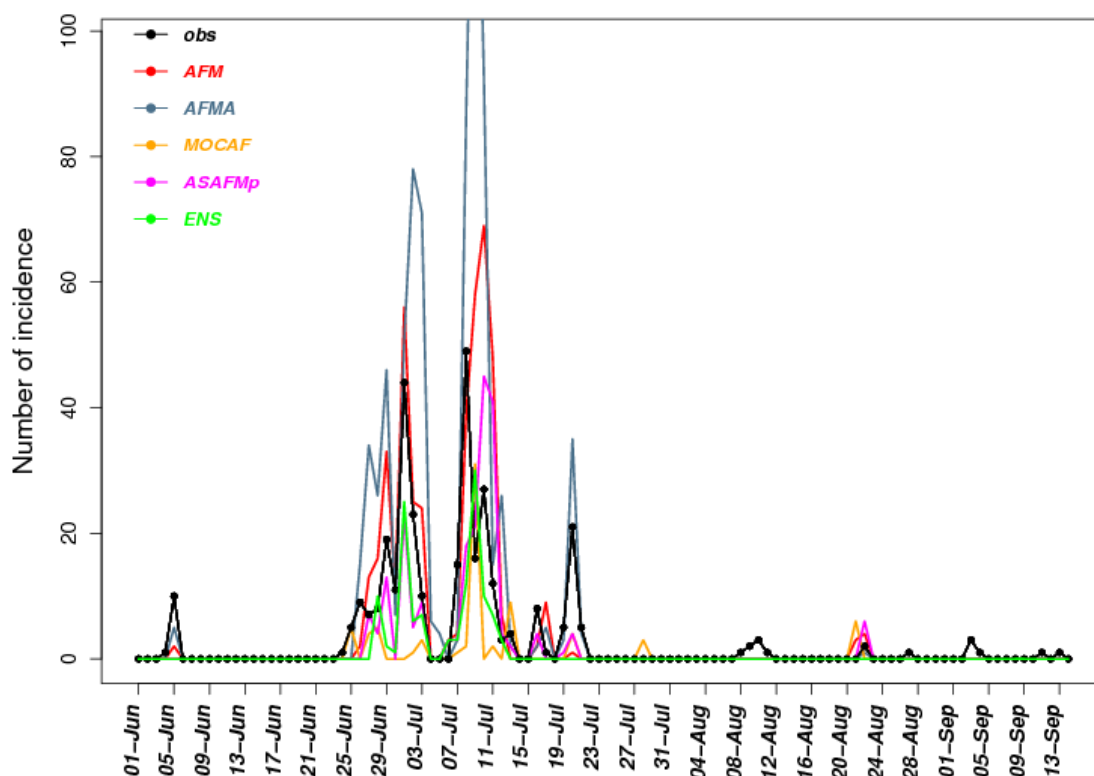


Figure 3 : Détection des événements (nombre de stations ayant dépassé le seuil d'information dans une journée) de pollution à l'ozone vus par les modèles (en couleurs) et les observations BASTER (en noir).

2.2.2 PREVISIONS DES DEPASSEMENTS DU SEUIL D'INFORMATION EN REGION

Une confrontation de la prévision du modèle AFM à J+0 avec les observations montre la capacité de CHIMERE à reproduire les disparités géographiques. D'après la figure 4, les régions du Sud, du Bassin Parisien et de l'Est apparaissent comme celles où le modèle a le meilleur comportement. Les dépassements en Rhône-Alpes sont sous-estimés alors qu'ils sont surestimés dans le Sud-Ouest. Les dépassements en région Nord sont également difficiles à prévoir.

O3 Threshold exceedance for 180 µg/m3 nb= 429 MODEL= AFM

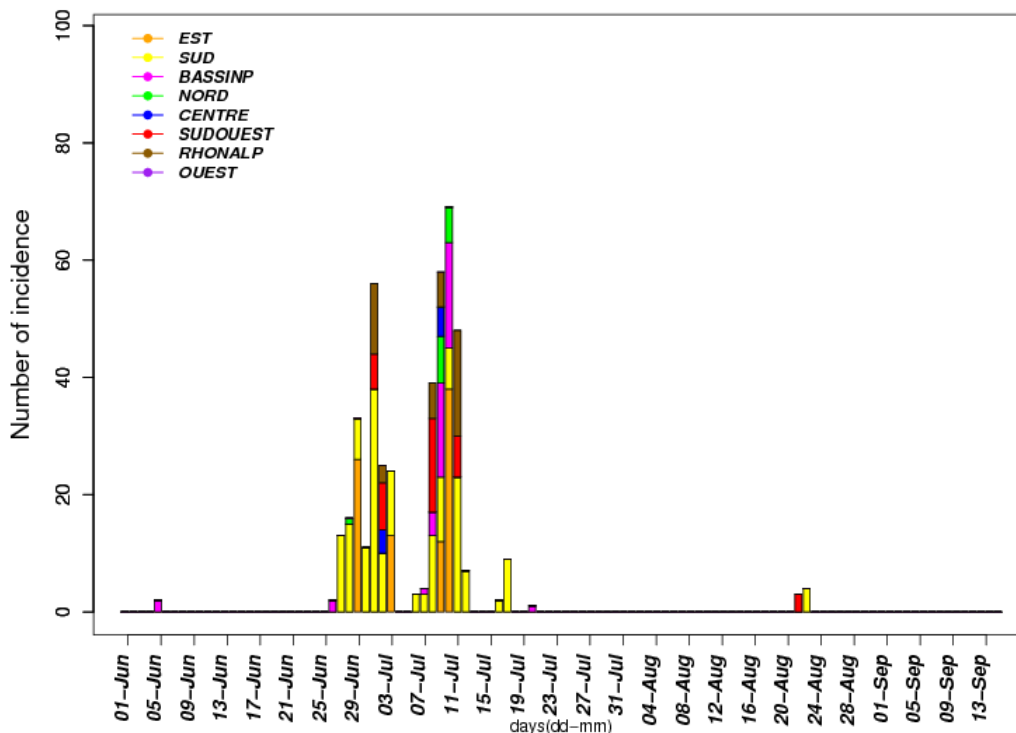


Figure 4 : Nombre de dépassements horaires du seuil de 180 µg/m3 sur 8 zones lors de l'été 2009. Prévisions de J+0 fournies par AFM.

2.3 PERFORMANCES ET SCORES DES MODELES

2.3.1 AU NIVEAU NATIONAL

2.3.1.1 LE BIAIS

Le biais permet d'évaluer globalement l'erreur moyenne des modèles. Une distinction est réalisée pour trois catégories de stations, à savoir rurale, périurbaine, et urbaine.

D'un point de vue général, le biais augmente lorsque l'échéance augmente et également des sites ruraux vers les sites urbains en passant par les stations périurbaines.

Les versions CHIMERE ont un biais positif alors qu'il est partiellement négatif pour ENSFRA et MOCAF. Pour ces deux modèles, le biais est négatif sur les stations rurales mais avec une tendance positive en passant de J+0 à J+2.

Cette tendance positive de J+0 à J+2 est valable pour les trois types de stations et pour tous les modèles, ce qui peut entraîner des changements de signe du biais selon le jour de prévision pour MOCAF et ENSFRA.

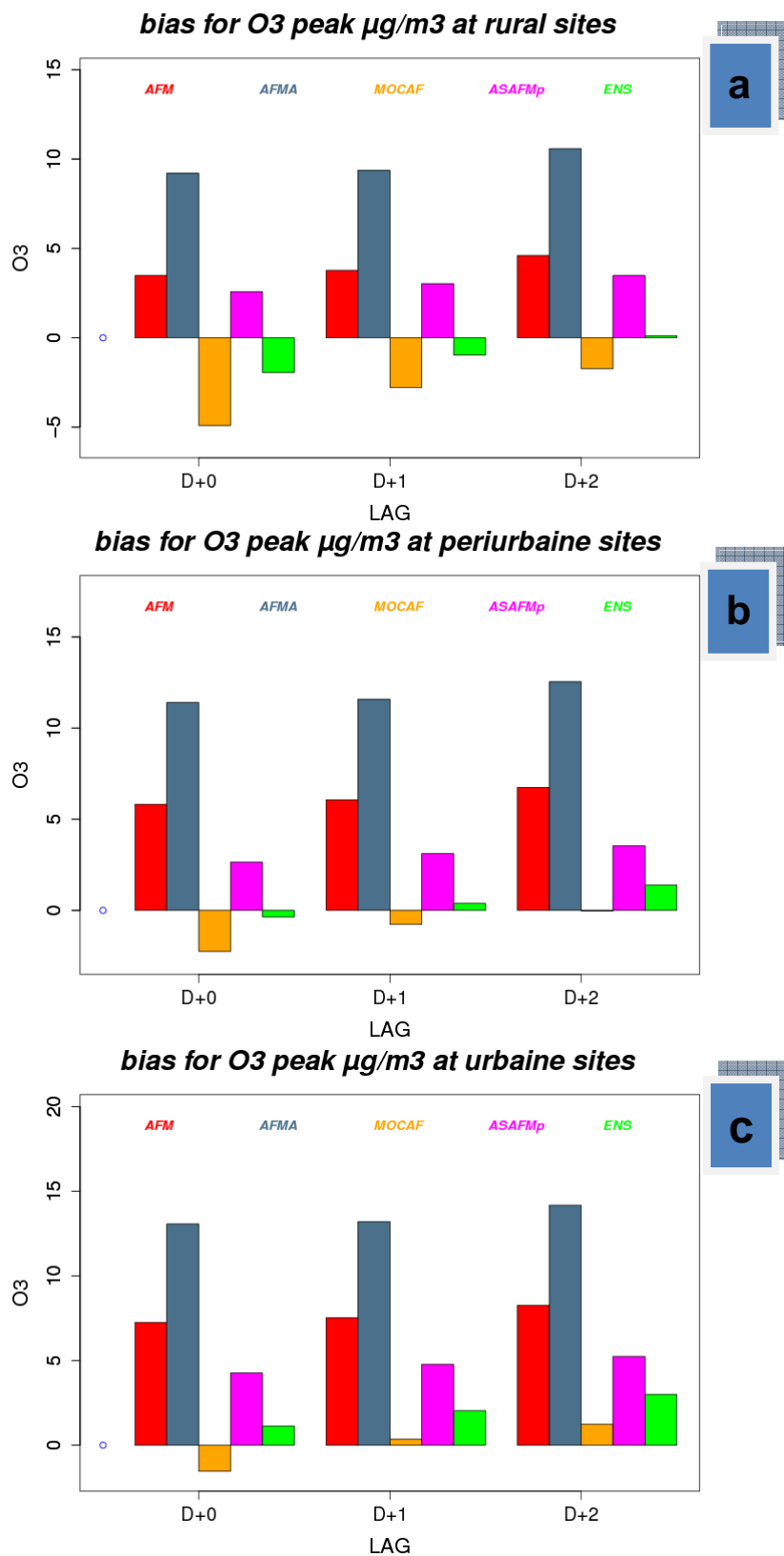


Figure 5 : Biais en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ des pics journaliers d'ozone des modèles Prev'Air pour les 3 jours de prévision, sur les sites ruraux (a), périurbains (b) et urbains (c).

Pour CHIMERE le forçage météorologique GFS présente un biais moindre de 5 à 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ que le couplage avec les sorties d'ARPEGE. Un biais pour AFM qui est diminué par l'adaptation statistique.

Par rapport à l'année 2009, tous les modèles ont un biais plus faible.

2.3.1.2 LA RACINE DE L'ERREUR QUADRATIQUE MOYENNE (RMSE)

Cet indice fournit une information sur l'écart moyen entre la prévision et l'observation quel que soit le signe de celui-ci (i.e. surestimation ou sous-estimation du modèle). Plus le modèle sera éloigné de l'observation, plus l'erreur aura un impact conséquent sur le résultat de la RMSE.

La RMSE a une hiérarchie stable pour tous les types de stations avec une très légère dégradation des scores en passant des sites ruraux aux périurbains puis aux urbains.

L'ENSEMBLE affiche la meilleure RMSE puis viennent ensuite ASAFM, AFM, MOCAF et AFMA avec des valeurs comprises entre 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

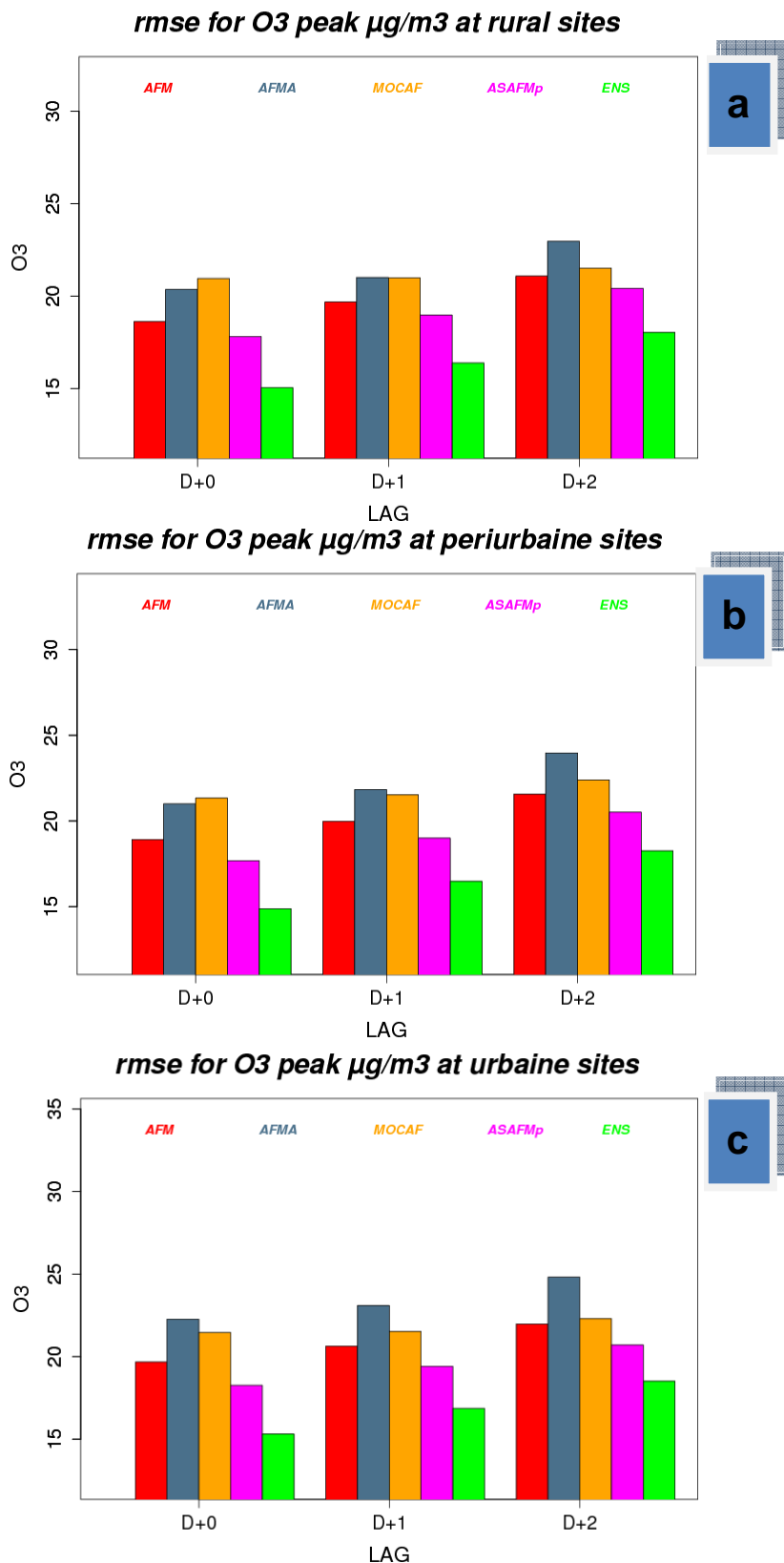


Figure 6 : RMSE en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ des pics journaliers d'ozone des modèles Prev'Air pour les 3 jours de prévision, sur les sites ruraux (a), périurbains (b) et urbains (c)

2.3.1.3 CORRELATIONS

Cette variable caractérise la capacité du modèle à reproduire l'évolution des observations dans l'espace ou le temps ou les deux. Une valeur proche de 1 accorde au modèle une bonne reproduction des variations observées jour après jour, a contrario, une valeur proche de 0 signifie une absence d'aptitude à reproduire l'évolution des pics d'ozone journaliers.

L'ENSEMBLE présente une nouvelle fois les meilleurs résultats pour cet indicateur avec des valeurs comprises entre 0,8 et 0,85. Le peu de variabilité constatée sur la RMSE en changeant de catégorie de stations est également vrai pour la corrélation.

Les différentes versions de CHIMERE donnent sensiblement le même score autour de 0,8.

MOCAF a la moins bonne corrélation autour de 0,7.

Par rapport à 2009, l'ENSEMBLE a surtout amélioré ces scores en ayant une constance sur les différents jours de prévision ce qui n'étaient le cas auparavant (c'est-à-dire du J+0 au J+2).

Pour tous les modèles les scores apparaissent une nouvelle fois meilleurs que pour l'année précédente.

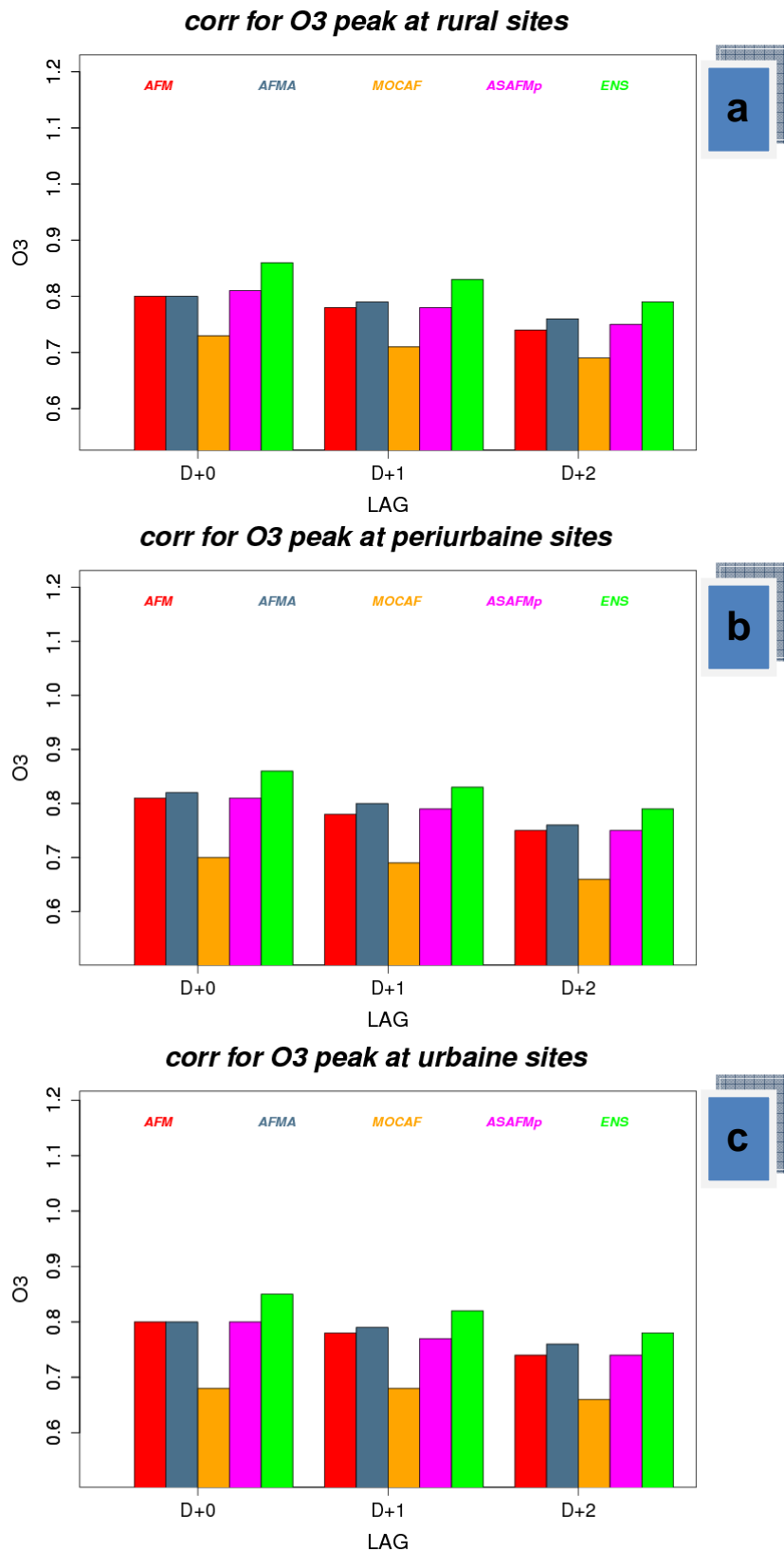


Figure 7 : Corrélation des pics journaliers d’ozone des modèles Prev’Air pour les 3 jours de simulation, sur les sites ruraux (a), périurbains (b) et urbains (c).

2.3.2 AU NIVEAU REGIONAL

La figure 8 illustre la variabilité observée entre les régions pour les sites ruraux et urbains. De loin, la région sud-est de la France est la plus fortement touchée par des concentrations élevées. Sur l'été, la moyenne des pics journaliers avoisine les $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\sim 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de plus par rapport à 2009), avec des valeurs quasi-identiques pour les stations rurales et urbaines. Un phénomène quasi-identique est observé pour la région Est avec des moyennes du pic journalier en dessus de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Entre les valeurs de ces deux régions fortement polluées, il y a Rhône-Alpes autour de $115 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur les stations rurales et entre 100 et 110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur les stations urbaines.

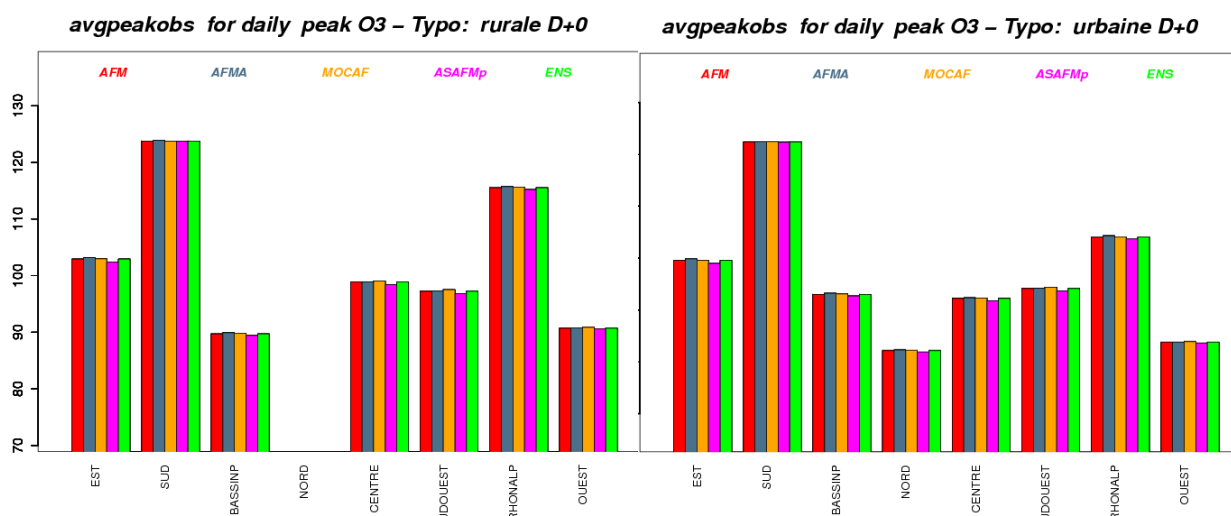


Figure 8 : Moyenne des pics journaliers d'ozone pour les 7 régions décrites fig. 1. (Variabilité entre modèle due à la disponibilité des données simulées). A gauche pour les stations rurales et à droite pour les stations urbaines.

2.3.2.1 LA RMSE

Sur toutes les régions décrites, l'ENSEMBLE possède la RMSE la plus faible. La région pour laquelle ses performances sont les moins bonnes est le Sud avec un maximum de RMSE pour les stations urbaines de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La prévision avec adaptation statistique seconde l'ENSEMBLE dans pratiquement toutes les régions.

Pour les sorties brutes, la figure 9 fait apparaître une variabilité de la hiérarchie des modèles assez marquée et peu fluctuante avec le type de station. Ainsi, si la version AFM a la plupart du temps de meilleures performances, AFMA est meilleure dans le Sud et MOCAF dans le Sud-Ouest.

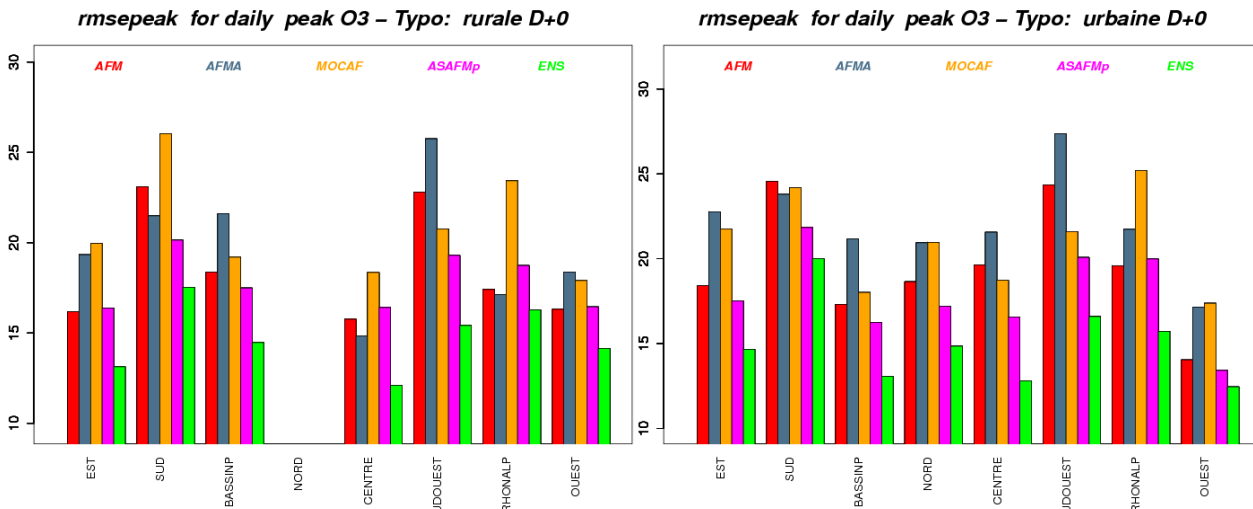


Figure 9 : RMSE des pics journaliers d'ozone pour les 7 régions décrites fig.1. A gauche pour les stations rurales et à droite pour les stations urbaines.

2.3.2.2 CORRELATIONS

Les meilleures corrélations sont obtenues par l'ENSEMBLE puis les différentes versions de CHIMERE assez proches et MOCAGE est un peu plus faible (Figure 10).

L'Est est la région pour laquelle les modèles se comportent le mieux, avec des résultats autour de 0,85 pour les stations rurales et urbaines. Rhône-Alpes présente aussi des résultats très corrects légèrement au dessus de 0,8.

Le Sud², Sud-ouest et Centre sont les régions où les modèles semblent avoir eu des difficultés cette année à reproduire la variabilité temporelle.

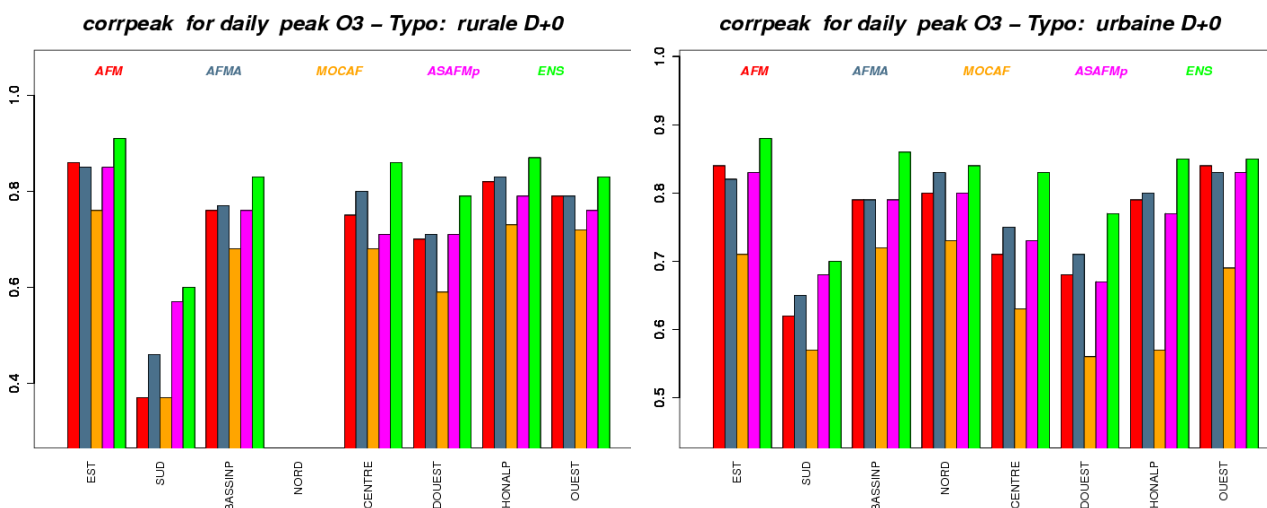


Figure 10 : Corrélations des pics journaliers d'ozone pour les 7 régions décrites fig.1. A gauche pour les stations rurales et à droite pour les stations urbaines.

² Faible volume dans BASTER des données rurales pour le Sud

2.4 CONCLUSIONS

CHIMERE AFM et ASAFM versions de référence de la plateforme PREV'AIR, ont montré des scores très corrects et légèrement meilleurs qu'en 2009 avec quelques fluctuations selon les régions considérées (Figure 11).

Les dépassements ont été dans l'ENSEMBLE bien prévus par les modèles excepté AFMA qui a nettement surestimé les épisodes en juin et juillet entraînant une dégradation assez forte de sa table de contingence. Les autres versions affichent une diminution du nombre de fausses alertes mais une augmentation des non-détections. Ces évolutions par rapport à l'année précédente n'ont cependant pas altéré les capacités de la plateforme à prévoir les journées avec des épisodes d'ozone au dessus des seuils réglementaires.

Les travaux de développement réalisés sur l'ENSEMBLE ont également porté leurs fruits puisque c'est la première saison où il prévoit correctement des dépassements du seuil d'information tout en conservant les meilleures performances au niveau national ou régional.

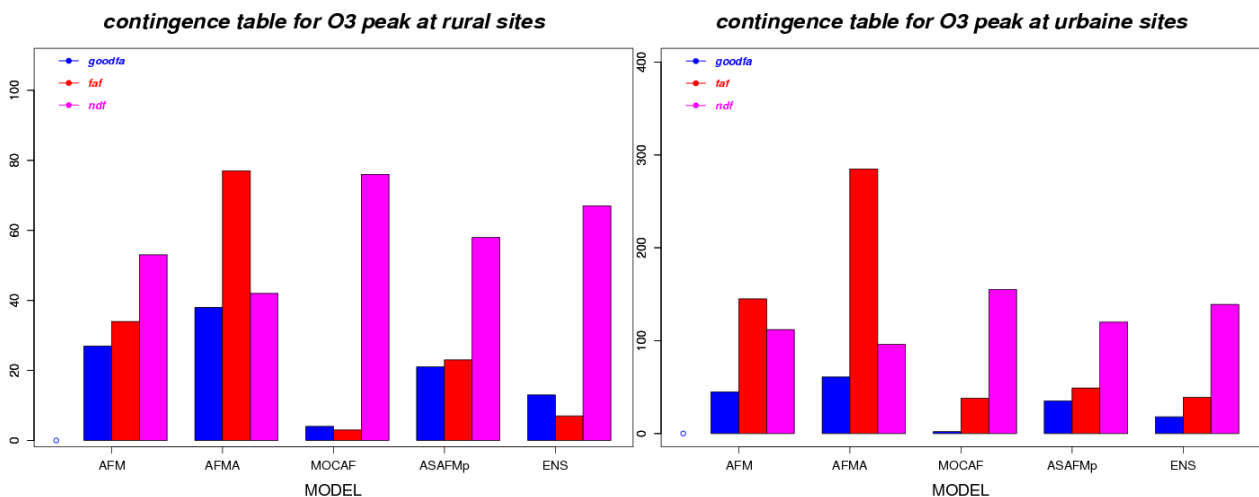


Figure 11 : Scores de la table de contingence des modèles Prev'Air de la prévision pour le lendemain, sur les sites ruraux (à gauche) et urbains (à droite).
(goodfa : Bonne prévision, faf : fausse alerte, ndf : évènement non détecté)

3. LES PARTICULES

3.1 ANALYSE DE L'ANNEE 2010

Par rapport à l'année 2009, moins d'épisodes de pollution aux particules ont été observés en 2010 car aucune situation météorologique propice n'a sévi, ce qui se traduit par environ deux fois moins de dépassements du seuil de 50 µg/m³. Plusieurs périodes avec des événements intenses ont cependant été relevées (Figure 12), 6 majeures durant l'hiver et 3 autres de moindre importance après la période hivernale.

PM10 Threshold exceedance for 50 µg/m³ nb= 2690 Year: 2010

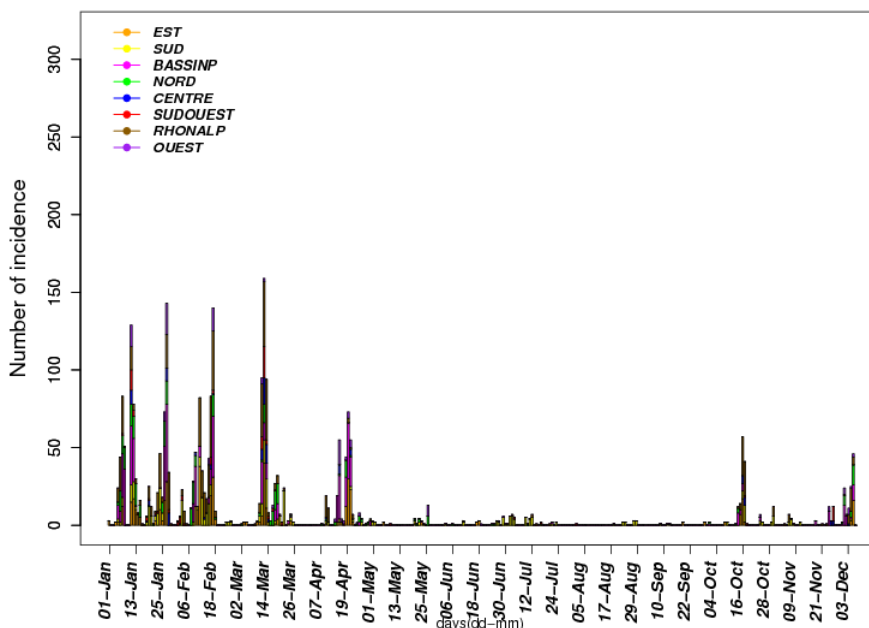


Figure 12 : Nombre de dépassement du seuil en moyenne journalière de 50 µg/m³ pour les PM10 sur 8 zones lors de l'été 2010. Valeurs issues de la base de données temps réel BASTER (ADEME).

3.2 LES PM10 VUS PAR PREV'AIR

PREV'AIR a bénéficié des résultats de 5 filières de prévision établies simultanément tous les jours sur le système :

- CHIMERE Europe (résolution 0.5°) alimenté par le modèle météorologique américain GFS (AWM)
- CHIMERE Europe (résolution 0.5°) alimenté par le modèle météorologique français ARPEGE (AWMA)
- CHIMERE France (résolution 0.1°) alimenté par le modèle météorologique américain GFS (AFM)
- MOCAGE GLOBE (résolution 2°) Disponible depuis 05/2010
- MOCAGE EUROPE (résolution 0.5°) Disponible depuis 05/2010
- MOCAGE France (résolution 0.1°) Disponible depuis 05/2010

A noter que les versions aérosols de MOCAGE ont été impliquées dans PREV'AIR à titre expérimental, car la représentation des aérosols dans MOCAGE est incomplète pour le moment.

3.2.1 PREVISIONS NATIONALES DES DEPASSEMENTS DU SEUIL DE 50 µg/m³

PM10 Threshold exceedance for 50 µg/m³ D+0 year: 2010

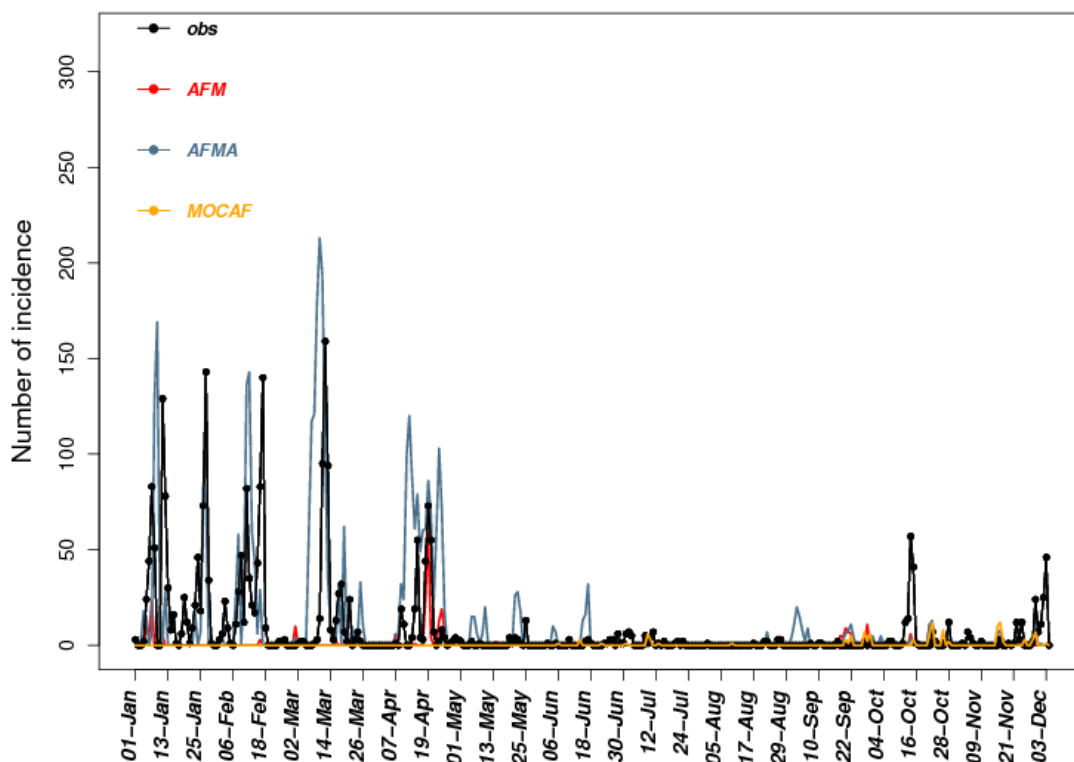


Figure 13 : Détection des événements (nombre de stations ayant dépassé le seuil de 50 µg/m³ en moyenne journalière) pour les PM10 prédits par les modèles (en couleurs) et observés via les données BASTER (en noir).

Les dépassements du seuil de 50 µg/m³ ont été assez bien prévus par CHIMERE forcé par ARPEGE alors qu'AFM montre une forte sous-estimation de tous les épisodes à l'exception de celui entourant le 19 avril (Figure 13). MOCAGE du fait de sa représentation tronquée de l'aérosol sous-estime également.

Les différences entre AFM et AFMA montrent à quel point la prévision est sensible au forçage météorologique. Avec le forçage ARPEGE il s'avère que l'humidité de surface (moindre que dans AFM) a un impact important qui octroie à la composition des PM10 modélisés une forte empreinte biogénique due aux émissions de poussières telluriques sur le continent européen. En effet, une faible humidité du sol favorise l'arrachement de la poussière du sol et ainsi la contribution des poussières dans les PM10.

Les épisodes de mi-mars et mi-avril possèdent une forte empreinte de nitrates d'ammonium formés à partir des émissions issues principalement des activités agricoles.

3.3 PERFORMANCES ET SCORES DES MODELES

3.3.1 AU NIVEAU NATIONAL

3.3.1.1 LE BIAIS

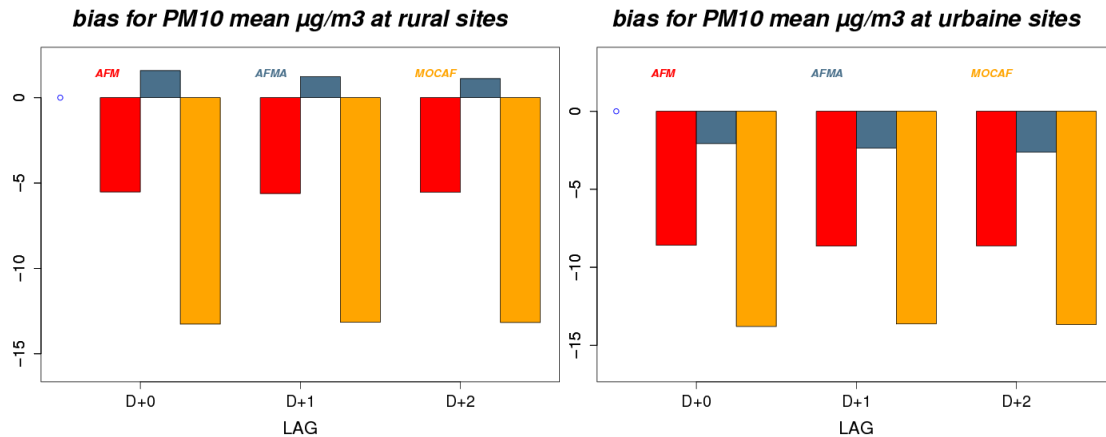


Figure 14 : Biases en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ des moyennes journalières de PM_{10} des modèles *Prev'Air* pour les 3 jours de prévision, sur les sites ruraux (droite), et urbains (gauche).

Conformément à l'étude présente et la figure 13, les deux modèles sous-estimant largement les pics affichent un biais négatif tandis qu'AFMA qui surestime légèrement les pics a un biais proche de 0 (Figure 14).

MOCAGE du fait de sa représentation incomplète de l'aérosol sous-estime fortement avec un biais proche de $-15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur les stations rurales et urbaines. CHIMERE AFM se situe entre -5 et $-10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ avec une dégradation en passant des stations rurales aux stations urbaines. AFMA a un biais légèrement positif en zone rurale et légèrement négatif en zone urbaine.

3.3.1.2 LA RMSE

CHIMERE AFM se comporte le mieux sur les stations rurales avec une RMSE autour de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ qui se dégrade sur les stations urbaines à $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ obtenant sur ces stations les mêmes scores qu'AFMA (Figure 15).

Ces performances sont très stables d'un jour de prévision à l'autre pour tous les modèles.

Par rapport à 2009, là encore il est constaté une parfaite constance sur la RMSE et sur les variations entre catégories de stations.

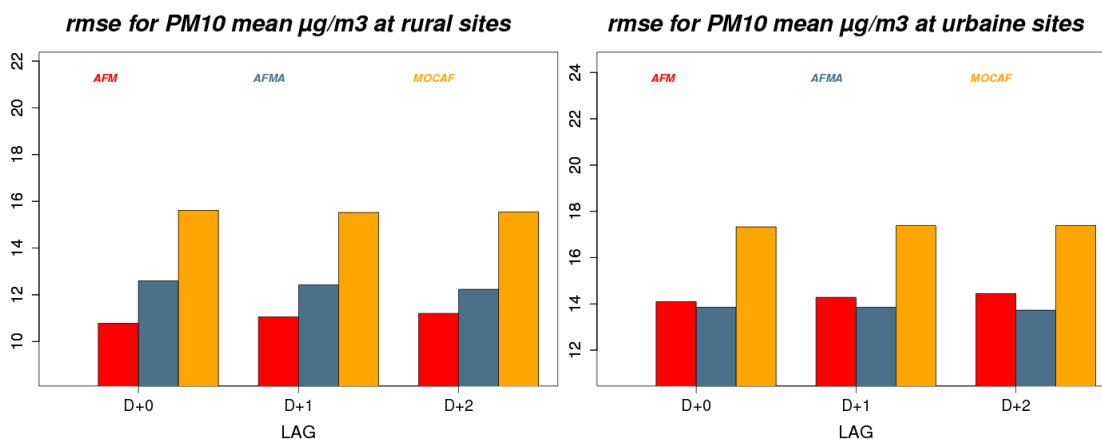


Figure 15 : RMSE en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ des moyennes journalières de PM10 des modèles Prev'Air pour les 3 jours de prévision, sur les sites ruraux (gauche), et urbains (droite).

3.3.1.3 CORRELATIONS

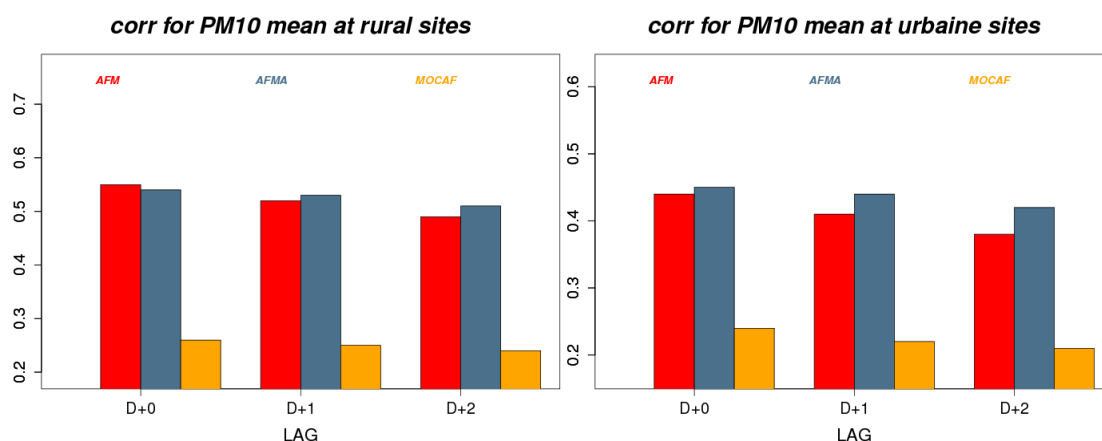


Figure 16 : Corrélations des moyennes journalières de PM10 des modèles Prev'Air pour les 3 jours de prévision, sur les sites ruraux (gauche), et urbains (droite).

Des scores assez équivalents pour AFM et AFMA autour de 0,5-0,6 pour les stations rurales affichant une diminution de D+0 vers D+2. En zone urbaine les corrélations sont moins bonnes entre 0,4 et 0,5.

Par rapport à 2009, les résultats montrent une légère dégradation.

3.3.2 AU NIVEAU REGIONAL

L'analyse est restreinte aux stations de types urbains, les plus nombreuses. Le nombre de stations rurales est d'une dizaine en France et ne permet donc pas de tirer des enseignements quant à l'évaluation géographique des scores dans ces zones.

Concernant les stations périurbaines, les résultats sont assez proches des résultats obtenus aux stations urbaines. Les niveaux sont par conséquent peu différents de ceux présentés sur la figure 17, illustrant les moyennes journalières annuelles des concentrations de PM10 sur les 8 régions Prev’Air. Les résultats se focaliseront sur la version de référence de Prev’Air pour les PM10 à savoir CHIMERE-AFM.

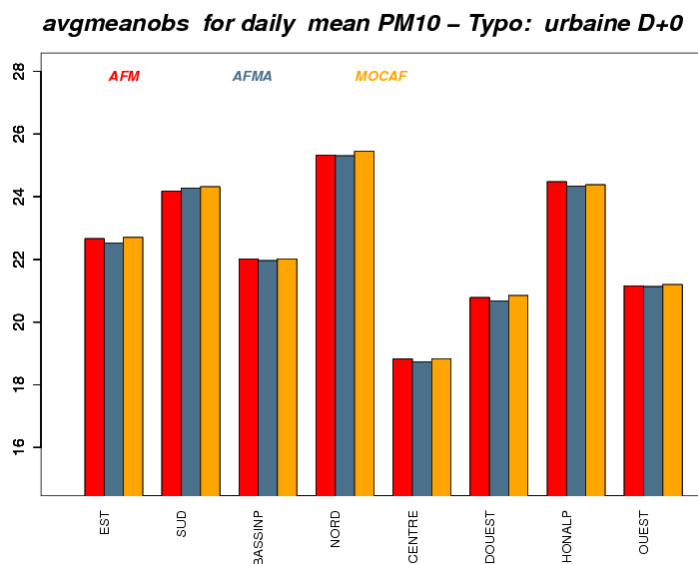


Figure 17 : Concentrations de la moyenne journalière annuelles en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en PM10 des modèles Prev’Air pour J+0 sur 8 régions décrites fig. 1. A gauche stations rurales et à droite stations urbaines.

Les teneurs les plus élevées sont observées dans le Nord, le Sud et en Rhône-Alpes avec des moyennes annuelles entre 24 et 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ensuite se trouvent l’Est et le Bassin parisien autour de 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, puis l’Ouest et le Sud-Ouest à 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et enfin le Centre proche de 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La hiérarchie des régions demeure la même qu’en 2009 mais avec des valeurs moins élevées.

3.3.2.1 LE BIAIS

C’est sur le Nord, région avec la plus forte moyenne annuelle, que CHIMERE AFM a le biais le plus faible (autour de 0). Ce qui contraste avec les deux autres régions très polluées en PM10 que sont le Sud et Rhône-Alpes où AFM affiche ses pires performances (entre -15 et -10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

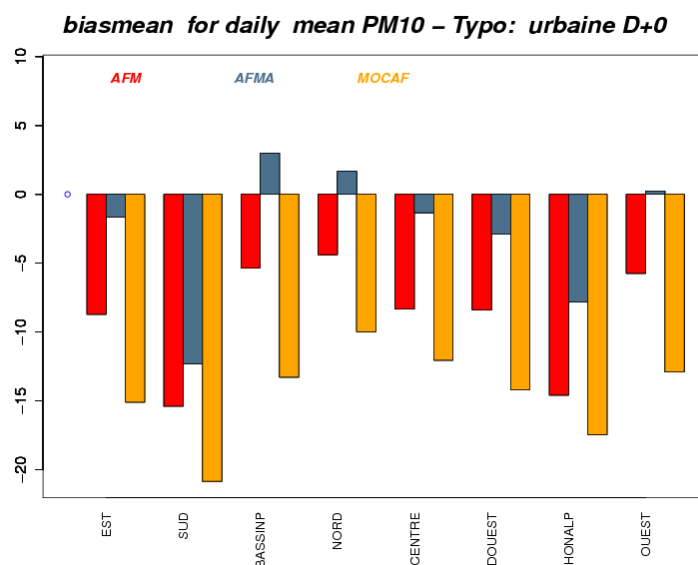


Figure 18 : Biais en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ des moyennes journalières de PM10 des modèles Prev’Air pour J+0 sur 8 régions décrites fig.1 pour les sites urbains.

3.3.2.2 LA RMSE

Les résultats confirment ceux donnés par le biais pour AFM à savoir une faible RMSE pour le Nord autour de $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et une plus importante à $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le Sud atteignant presque $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour Rhône-Alpes.

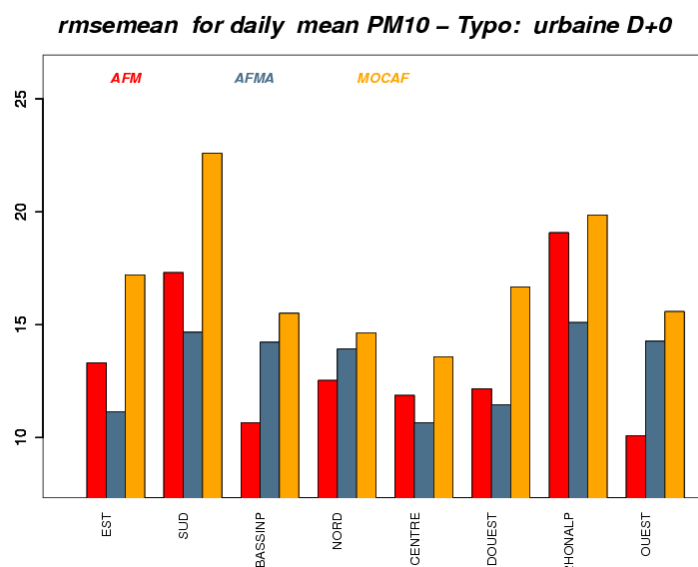


Figure 19 : RMSE en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ des moyennes journalières de PM10 des modèles Prev’Air pour J+0 sur 8 régions décrites fig.1 pour les sites urbains.

3.3.2.3 LA CORRELATION

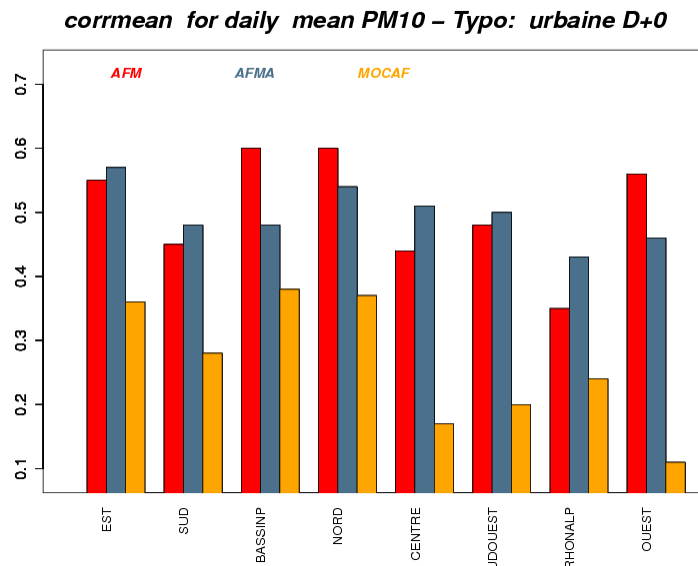


Figure 20 : Corrélation des moyennes journalières de PM10 des modèles Prev’Air pour J+0 sur 8 régions décrites fig.21 pour les sites urbains.

Dans l’ENSEMBLE la corrélation montre de meilleures performances en 2010 qu’en 2009 et notamment dans l’Est et en Rhône-Alpes. Cependant la région Nord qui a la corrélation la plus forte à 0,6 a connu une chute de 0,1 de cette corrélation entre ces deux années.

3.3.2.4 CONCLUSIONS

Les trois indicateurs biais, RMSE et corrélations ont permis de dresser un bilan montrant des disparités régionales importantes. Cela a permis de mettre en exergue le besoin d’accroître les efforts pour améliorer la prévision Prev’Air des particules dans le quart Sud-est de la France englobant les agglomérations de Marseille et de Lyon. Cela passe très certainement par la prise en compte d’émissions plus réalistes, avec une réflexion à mener au sujet de leurs modulations selon les conditions climatiques.

Au-delà de ces perfectionnements à réaliser, plusieurs motifs de satisfaction concernent la prévision en PM10, notamment la qualité des résultats obtenus sur le Nord de la France, où les niveaux urbains sont les plus élevés en France et où les modèles ont un biais assez faible, une RMSE dans la moyenne nationale et une corrélation assez bonne.

4. DEVELOPPEMENTS

4.1 PRODUITS UTILISATEURS

Concernant les modèles, seules les versions MOCAGE ont évolué avec l'introduction des sorties aérosols (comprenant carbone suie, sels marins et particules primaires anthropiques) depuis le 10/05/2010.

Un outil de conversion de ces fichiers MOCAGE au format netcdf a été créé afin d'avoir le même format pour tous les modèles.

Des travaux ont été initiés afin d'améliorer le rôle joué par les conditions aux limites du domaine Europe permettant de remplacer les climatologies par des prévisions globales. Ces développements seront évalués sur la filière CHIMERE pour MACC avant d'être généralisés à toutes les configurations CHIMERE de PREVAIR.

4.2 AMELIORATIONS DES CARTES ANALYSEES

Depuis 2003 pour l'ozone et 2005 pour les PM10, des cartes analysées sont produites chaque jour en combinant par krigeage les données de simulation issues de CHIMERE et les données de mesure extraites de BASTER (observations de surface).

En 2008 et 2009, des évaluations et des tests ont été réalisés afin de caractériser plus précisément les relations entre les observations et CHIMERE et améliorer s'il est possible la procédure de krigeage³. Les résultats obtenus ont conduit en 2010 aux développements suivants :

- Le krigeage des innovations appliqué jusqu'alors a été remplacé par le **krigeage avec dérive externe**.

L'hypothèse sous-jacente, qui était $Z(x) = CHIMERE(x) + R(x)$, où Z est la concentration du polluant considéré et R un résidu non spatialement corrélé à CHIMERE, devient plus généralement :

$Z(x) = a_x.CHIMERE(x) + b_x + R(x)$, où a_x et b_x dépendent du point de l'espace.

A la différence du krigeage des innovations, le krigeage avec dérive externe permet un recalage local de CHIMERE.

- La liste des stations de mesure utilisées en entrée du krigeage a été actualisée et enrichie, aussi bien pour la cartographie de l'ozone que pour celle des PM10. Un plus grand nombre de stations françaises est pris en compte (ajout de stations périurbaines pour l'ozone, périurbaines et urbaines pour les PM10). En outre, **l'analyse à l'échelle nationale intègre des stations des pays européens voisins**, ce qui permet une estimation plus précise en bordure de la France.

³ Cf. rapports LCSQA [Malherbe et Ung, 2008 et 2009]

- L'analyse n'est plus réalisée directement sur le maximum journalier d'ozone (ce qui sous-entendait rigoureusement que tous les pics étaient observés au même instant) ou sur les moyennes journalières d'ozone et de PM10 mais **heure par heure**. Les cartes du maximum journalier et de la moyenne journalière sont déduites des cartes horaires.

Les cartes analysées affichées sur le site Internet illustrent ces développements, avec notamment l'intégration des stations européennes frontalières dans les calculs effectués sur le domaine France, et la mise à disposition pour les PM10 de cartes de concentrations moyennes et maximales (Figure 21).

Autre extension, les données récupérées via la base de données de l'EEA en proche temps réel permettent de calculer des analyses sur l'Europe pour l'ozone et les PM10 (Figure 22). L'analyse utilise la liste des stations de typologie « Background » de l'Europe, complétée sur la France par la liste des stations françaises d'analyse.

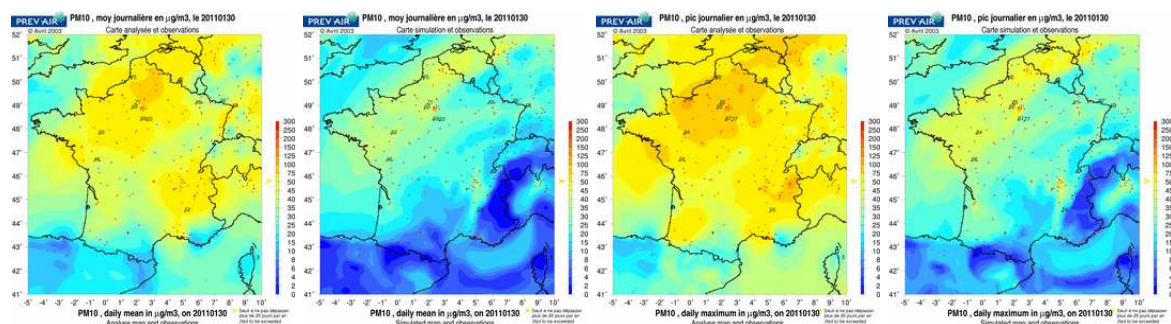


Figure 21 : Carte analysée et simulation brute de PM10 sur le domaine France. Moyenne journalière (figures de gauche) et pic journalier (figures de droite). Exemple de la journée du 30 janvier 2011.

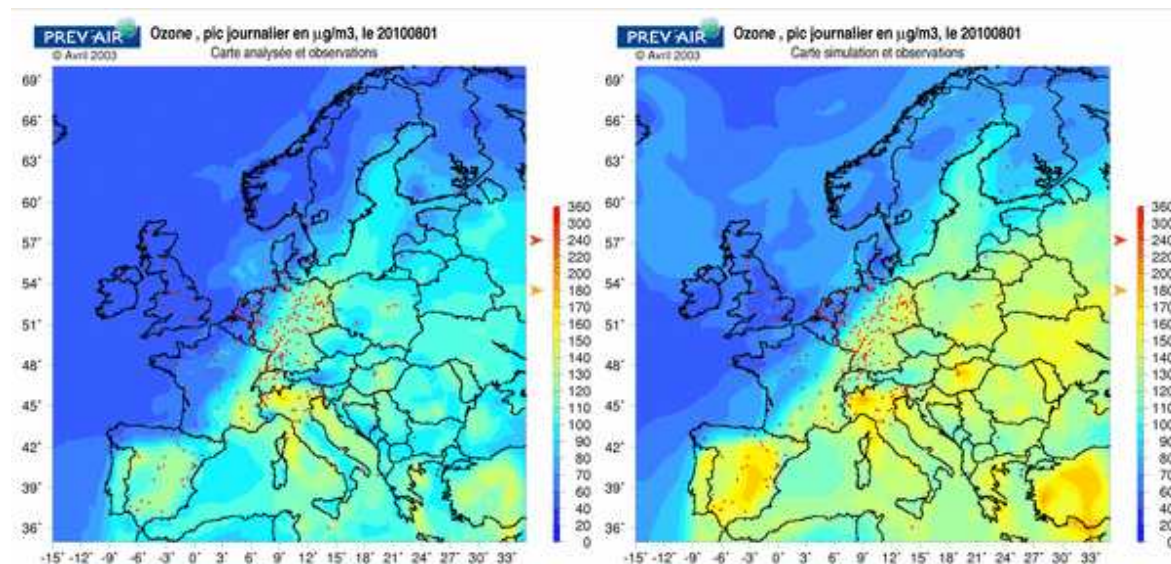


Figure 22 : Carte analysée et simulation brute d'ozone sur le domaine Europe. Pic journalier. Exemple de la journée du 1^{er} août 2010.

Les évolutions présentées concernent l'ozone et les PM10. Des travaux sur la cartographie du NO₂ sont également en cours.

5. LES UTILISATEURS

5.1 COMPTES & DEMANDES UTILISATEURS

A ce jour PREV'AIR alimente 65 comptes utilisateurs chaque jour en mettant à disposition des extractions des prévisions au format texte, binaire et netcdf.

Deux demandes de création de compte ont été formulées en 2010, l'une par l'université de Gênes et l'autre pour le programme Européen CITEAIR2 dans lequel l'Ineris est partie prenante. L'un des objectifs de ce projet est de calculer quotidiennement un indice de qualité de l'air basé sur les trois jours de prévision PREV'AIR pour les grandes agglomérations impliquées dans CITEAIR2.

Plusieurs actions particulières d'extraction ont été demandées notamment lors de la campagne hivernale de MEGAPOLI.

Les AASQA ainsi que plusieurs organismes Européens nous ont sollicités pour mettre à disposition des extractions spécifiques sur des périodes passées ou également pour agrandir leur domaine d'extraction opérationnelle. La diffusion de ces données au format netcdf progresse et l'Ineris a mis à disposition des AASQA en faisant la demande des programmes de lecture de ces fichiers.

Concernant la période estivale, les équipes d'astreinte ont alerté le ministère sur l'apparition et la persistance d'épisode d'ozone à 7 reprises.

Des travaux ont été initiés afin d'améliorer le rôle joué par les conditions aux limites du domaine Europe permettant de remplacer les climatologies par des prévisions globales.

6. CONCLUSIONS

Le peu d'évolution en 2010 dans les configurations des modèles a livré des performances très semblables à 2009.

Cette constatation est d'autant plus vraie pour l'ozone. En effet les conditions météorologiques durant l'été ont conduit à des épisodes avec une persistance et une intensité équivalente à ceux de 2009. Au total il faut déplorer plus d'une trentaine de jours avec dépassement du seuil d'information, pouvant couvrir une large partie du territoire français. Le biais du modèle de référence de PREV'AIR qui est issu du processus d'adaptation statistique de la prévision CHIMERE-France avec la météorologie GFS est inférieur à 5 µg/m³. La RMSE entre 15 et 20 µg/m³ se dégrade légèrement lorsque le jour de prévision augmente et en passant des stations rurales aux stations urbaines. La corrélation se situe entre 0,75 (en zone urbaine) et 0,8 (en zone rurale). La variabilité des scores est assez importante d'une région à l'autre. L'Est et Rhône-Alpes, deux des régions les plus polluées de France obtiennent des scores meilleurs que la moyenne nationale. Mais ensuite le contour méditerranéen qui affiche la plus forte moyenne estivale du pic journalier d'ozone présente les résultats les plus faibles ce qui s'explique en partie par une récupération très partielle des données (surtout sur les stations rurales) durant l'été.

Concernant les PM₁₀, les épisodes de début d'année ont été de moindres intensités par rapport à janvier 2009. Quelques épisodes liés aux émissions d'ammoniac ont été prévus et observés en mars et avril. Chimere-France avec forçage météorologique GFS qui est le modèle de référence de la plateforme possède un biais qui évolue entre -5 µg/m³ (en rurale) et -10 µg/m³ (en milieu urbain). La RMSE oscille entre 10 µg/m³ et 14 µg/m³ tandis que la corrélation se situe dans l'intervalle 0,45 – 0,55, les moins bonnes valeurs étant à chaque fois pour les zones urbaines. Géographiquement, le Nord a les niveaux de concentrations en PM₁₀ les plus élevés de France et les mieux décrits par les modèles. Les prévisions sont également performantes sur le bassin Parisien mais affichent des limites sur les régions Est et Rhône-Alpes où les scores se montrent perfectibles.

L'année 2011 apportera certains éléments de réponse à ces lacunes de la plateforme avec l'émergence de nouvelles configurations à haute résolution à la fois en résolution spatiale mais aussi en qualité de définition des inventaires d'émissions. Ces nouvelles prévisions seront testées et évaluées au regard des performances de la version actuelle.

7. LISTE DES ANNEXES

Repère	Désignation	Nombre de pages
Annexe 1	Fiche LCSQA Prev'Air	3

Annexe1

THEME 6 : Modélisation et traitements numériques

ETUDE : TRAVAUX RELATIFS A LA PLATE FORME NATIONALE DE MODELISATION PREV'AIR

Responsable de l'étude : INERIS

Objectif

L'objectif de cette étude est de réaliser les actions de support technique aux utilisateurs du système PREV'AIR et les développements nécessaires en vue de répondre à leurs besoins futurs.

Contexte et travaux antérieurs

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. Une convention de développement et d'exploitation du système a également été signée en juin 2004 entre le MEEDDM, l'INERIS, l'ADEME, le CNRS et Météo France.

Outre la diffusion par internet d'observations en temps réel, de prévisions et cartographies d'ozone, de particules (PM₁₀, PM_{2.5} et poussières désertiques) 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 presque toutes les AASQA disposent d'un compte sur PREV'AIR et accèdent chaque jour aux prévisions et analyses calculées à l'INERIS.

Travaux proposés pour 2010

Assistance aux utilisateurs

Le système PREV'AIR fournit notamment une prévision de l'ozone, des oxydes d'azote et des particules sur l'Europe et la France, à partir des résultats issus des modèles déterministes CHIMERE et MOCAGE appliqué à une résolution spatiale de 50 et 10 km respectivement. Certaines AASQA disposent d'un modèle déterministe régional de prévision de qualité de l'air auquel PREV'AIR fournit des conditions aux limites. D'autres AASQA utilisent les sorties brutes de PREV'AIR qu'elles traitent en fonction de leurs besoins.

L'INERIS fournit une assistance aux utilisateurs de PREV'AIR en terme d'appui technique pour l'utilisation et l'interprétation des données issues des modèles ; l'ENSEMBLE de ces actions d'assistance pourra faire l'objet, le cas échéant, d'une session de présentation des modèles, leurs apports et leurs limites, auprès des AASQA.

L'INERIS met également à disposition l'ENSEMBLE des outils de post-traitement qu'il développe. Il répond à toute demande ponctuelle d'extraction de données. Enfin l'INERIS propose et développe des représentations d'indicateurs cohérentes avec les besoins exprimés par les AASQA (séries temporelles, cartographies nationales....).

Bilan des performances des modèles

Les modèles CHIMERE et MOCAGE sont les deux modèles dont les résultats sont disponibles sur PREV'AIR à ce jour. Après la période estivale, l'INERIS s'est engagé à fournir un rapport détaillé sur le bilan de performances de ces deux modèles région par région. Le bilan est établi par comparaison aux observations selon des critères statistiques classiques. Cette information est disponible à la fin du premier semestre de chaque année pour les résultats relatifs à l'été précédent.

Evaluation de la contribution des poussières naturelles et des sels marins

Le modèle CHIMERE dans PREV'AIR prend en compte les poussières telluriques sous forme :

- de conditions limites mensuelles pour les poussières désertiques en Europe
- d'une première formulation de l'érosion éolienne des sols

Les sels marins sont également pris en compte par une paramétrisation simple.

Il est proposé d'estimer les contributions des poussières telluriques et des sels marins sur les particules en mettant en place une filière de calcul dans PREV'AIR pour une évaluation journalière en routine (mise en place au plus tard en septembre 2010). Ainsi lors de la formation d'épisodes de pollution particulière dans les différentes régions françaises, une information sur la composante naturelle des poussières pourra être délivrée aux AASQA. Lors des bilans et reportages à la Commission les jours où cette contribution aura été particulièrement élevée pourront être facilement recensés, et la part naturelle quantifiée.

Evaluation de la contribution transfrontière

Il est proposé d'effectuer un calcul journalier et en routine de la contribution transfrontière des PM₁₀ et PM_{2,5} en France. Un premier calcul sur le domaine Europe sera ainsi réalisé en éteignant les sources d'émissions françaises. Une prévision à J+1 de cette contribution pourra être fournie par Prev'Air de façon à anticiper, de façon empirique l'efficacité des éventuelles mesures de gestion d'urgence envisagées. L'idée est également de disposer en routine (au plus tard en septembre 2010) d'une information sur la nature « transfrontière » ou « locale » de l'épisode de pollution considéré, avec un peu d'avance par rapport à son occurrence.

Réalisation d'un dossier sur les dépassements des valeurs limites dans les DOM

Dans le cadre de la préparation du rapportage, il est proposé de constituer pour le MEEDDM un dossier relatif aux dépassements des valeurs limites dans les DOM (bilan 2009 – explication des dépassements, part des contributions extérieures ou naturelles ...).

Réalisation de cartes analysées d'ozone et de PM₁₀ : évaluation, amélioration, test de nouvelles procédures

Depuis 2003 pour l'ozone et 2005 pour les PM₁₀, les cartes de la veille simulées par le modèle CHIMERE sur la France sont corrigées chaque matin à l'aide des observations extraites de la base BASTER. La méthode du krigeage des innovations est utilisée.

En 2008 et 2009, la possibilité d'améliorer les cartes analysées d'ozone a été examinée. Les relations temporelles et spatiales entre le modèle CHIMERE et les mesures ont été étudiées de manière approfondie, à la suite de quoi la technique géostatistique du cokrigeage, qui permet de tenir compte des rapports de variabilité entre CHIMERE et les mesures, a été proposée et testée pour la réalisation des cartes analysées.

En 2010, cette méthode sera mise en œuvre et comparée au krigeage des innovations sur une plus longue durée. Jusqu'à présent les dimensions spatiale et temporelle ont été considérées indépendamment l'une de l'autre. L'intérêt d'une approche spatio-temporelle a été partiellement examiné en 2009. Cette question sera étudiée de plus près en 2010, avec, s'il est possible, de premiers tests.

En ce qui concerne les PM₁₀, la technique du cokrigeage s'est également révélée efficace pour produire des cartographies à partir du modèle CHIMERE et des mesures. Elle a été utilisée et évaluée dans l'étude LCSQA 2009 consacrée à l'évaluation des zones de dépassement. Il est proposé en 2010 d'affiner cette méthode par une analyse de sensibilité aux paramètres du cokrigeage et par l'emploi de différentes variables auxiliaires descriptives du milieu et des émissions. La méthode sera appliquée aux données des années 2008 et 2009 et pourra être mise en place pour la production opérationnelle de cartes analysées de PM₁₀.

Renseignements synthétiques

Titre de l'étude	Travaux relatifs à la Plate-forme nationale de modélisation PREV'AIR		
Personne responsable de l'étude	Frédéric Meleux		
Travaux	pérennes		
Durée des travaux pluriannuels			
Collaboration AASQA	toutes		
Heures d'ingénieur	EMD :	INERIS : 800	LNE :
Heures de technicien	EMD :	INERIS :	LNE :
Documents de sortie attendus	Bilan de performance des modèles région par région Rapport sur la modélisation de la contribution des poussières naturelles et des sels marins et sur la contribution transfrontière Rapport sur l'analyse - Mise à jour du site/ hot line		
Lien avec le tableau de suivi CPT	Comité utilisateurs PREV'AIR		
Matériel acquis pour l'étude			