



Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air



Travaux relatifs à la plate forme nationale de modélisation
PRE'VAIR

Bilan de performances et bilan utilisateur (1/3)

Décembre 2008

Programme 2008

F. 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'École 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 le Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer 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 à la plate forme nationale de modélisation PRE'VAIR : Bilan de performances et bilan utilisateurs (1/3)

Laboratoire Central de Surveillance
de la Qualité de l'Air

Thème : Modélisation - Traitements numériques

Programme financé par le
Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer
(MEEDDM)

2008

F. MELEUX

Ce document comporte 29 pages (hors couverture et annexes)


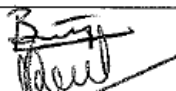
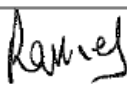
	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	F. MELEUX	B. BESSAGNET L. ROUÏL	M. RAMEL
Qualité	Ingénieur de l'Unité MOCA Direction des Risques Chroniques	Responsable Unité MOCA Responsable Pôle DECI Direction des Risques Chroniques	Responsable LCSQA/INERIS Direction des Risques Chroniques
Visa			

TABLE DES MATIÈRES

RESUME	7
REMERCIEMENTS	8
1. INTRODUCTION	9
2. L'OZONE VU PAR PREV'AIR PENDANT L'ETE 2008	9
2.1 Récapitulatif des conditions estivales.....	9
2.2 Performances des modèles.....	13
2.2.1 Le biais	13
2.2.2 La racine de l'erreur quadratique moyenne (RMSE).....	14
2.2.3 La corrélation	15
2.2.4 Dépassements de seuil	17
3. LA PREVISION DES PM10 PAR PREV'AIR	20
3.1 Récapitulatif de l'année 2008	20
3.2 Performances de Prev'air sur les PM10	22
3.2.1 Le Biais.....	23
3.2.2 La RMSE	23
3.2.3 Corrélation	24
3.2.4 Dépassement de seuil	25
3.2.4.1 seuil de 50 microgrammes/m ³	25
3.2.4.2 seuils de 80 microgrammes/m ³ et de 125 microgrammes/m ³	26
3.2.4.3 Détection temporelle	27
4. BILAN DES UTILISATEURS	28
4.1 Comptes utilisateurs.....	28
4.2 Développements pour les utilisateurs.....	28
5. CONCLUSIONS - PERSPECTIVES	29

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 via 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).

Les concentrations d'ozone et de PM10 simulées par les modèles sont analysées sur trois types de station de mesure (urbaine, périurbaine et rurale). Par rapport aux années précédentes, la principale nouveauté concerne le modèle CHIMERE forcé par les prévisions météorologiques ARPEGE de Météo France, dont les performances offrent une alternative intéressante aux autres configurations. Son utilisation présente somme toutes quelques difficultés et nécessite une bonne connaissance de ce couplage car s'il est indéniablement le meilleur pour détecter les dépassements de seuil de concentration en cas de pollution avérée à l'ozone ou aux PM10, il est également le plus mauvais en l'absence d'épisode de pollution.

Néanmoins, cette nouvelle configuration devrait-être opérationnelle en 2009 et prendre la place de la chaine chimere forcé par la meteorologie américaine (GFS). Ses performances le justifient et cette filière assure l'accès inconditionnel aux prévisions météorologiques, ARPEGE étant une composante de la chaine opérationnelle de Météo France. La robustesse du système Prev'air s'en trouvera renforcée.

REMERCIEMENTS

Nous remercions l'ensemble des membres partenaires du consortium Prev'Air, et plus particulièrement Météo France pour la mise à disposition des données ARPEGE en temps et en heures, qui a permis à ces champs d'être utilisés en opérationnel.

1. INTRODUCTION

Une évaluation des performances de Prev'Air est mise à jour quotidiennement sur le site Internet (partie publique 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 retranscrire la qualité de l'air. L'ensemble des indicateurs est découpé selon trois catégories distinctes correspondant aux typologies de station : urbaine, périurbaine et rurale. Les variables statistiques classiques sont calculées: biais, RMSE¹, corrélation, et percentiles.

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 sera présentée pour plusieurs régions afin d'identifier les caractéristiques géographiques des différents modèles.

Le bilan s'intéressera aussi à la nouvelle filière du modèle CHIMERE, très similaire à la filière standard de Prev'Air mais avec un forçage météorologique fourni par le modèle ARPEGE de Météo France dont les prévisions sont également disponibles pour Prev'Air depuis Juillet 2007.

Cette configuration, qui a fait l'objet d'une évaluation partielle sur l'été 2007, a été approfondie lors de l'été 2008 et utilisée parallèlement avec le forçage météorologique américain (GFS), utilisé de façon standard dans Prev'air depuis 2003.

Ce rapport s'intéressera à l'ozone dans le chapitre 2, dont l'évaluation se restreindra à la période estivale, puis aux PM10 dans le chapitre 3 qui sont évalués sur l'ensemble de l'année.

Enfin, un rapide bilan des utilisateurs, de leurs demandes et des nouveautés 2008 mises à leur disposition sera présenté.

2. L'OZONE VU PAR PREV'AIR PENDANT L'ETE 2008

2.1 RECAPITULATIF DES CONDITIONS ESTIVALES

Les conditions météorologiques de l'été 2008 n'ont pas été propices au développement de panache de pollution photochimique. A l'exception, des régions du sud-est, les régions françaises n'ont été que très peu touchées par des pics d'ozone.

Le nombre des dépassements du seuil d'information pour l'ozone est le même que durant l'été 2007. D'après le relevé des concentrations présentes dans BASTER (Base de données de la qualité de l'air temps réel géré par l'ADEME) il y avait eu 93 dépassements horaires du seuil de 180 µg/m³. Cette année, le nombre est de

¹ Root Mean Square Error ou erreur quadratique moyenne

109 dépassements horaires, bien en deçà des 999 et 730 respectivement enregistrés en 2005 et 2006.

En conséquence, à l'instar de 2007, aucune procédure de diffusion d'information relayée par les médias n'a été déclenchée, car il n'y a jamais eu concomitance des deux critères nécessaires : deux régions distinctes avec des niveaux de pollution élevés et persistance prévue de ces niveaux sur au moins deux journées.

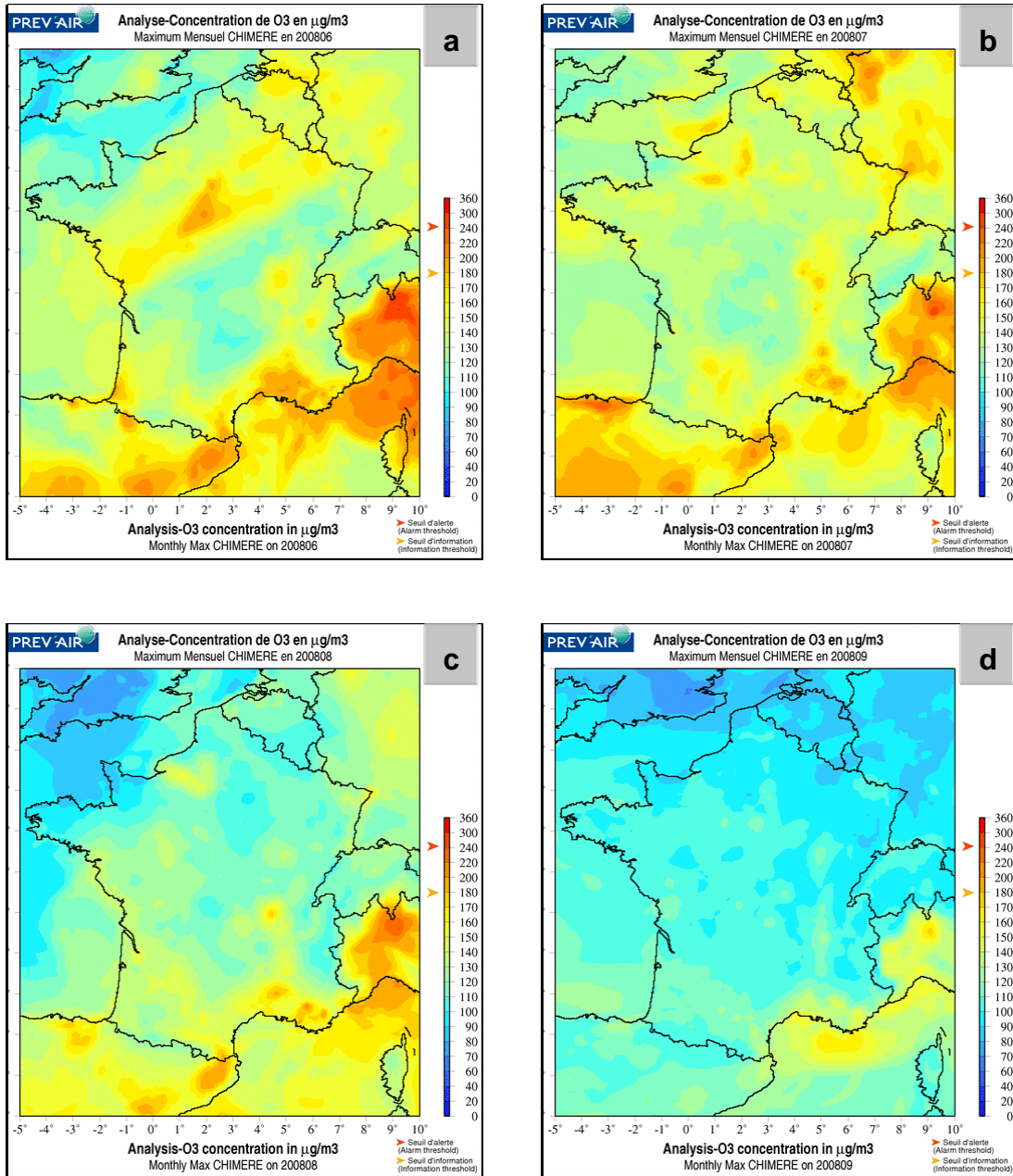


Figure 1 : Cartes des maximums mensuels de concentration d'ozone construites à partir des analyses horaires. (a: juin, b: juillet, c: août, d: septembre)

Les cartes (fig.1) des maximums mensuels d'ozone montrent cependant une variabilité mensuelle marquée. Les mois de juin et de juillet apparaissent comme ceux où les valeurs maximales relevées ont été les plus fortes. Le mois d'août affiche encore quelques fortes concentrations très localisées dans la vallée du Rhône et le sud de la France alors que le mois de septembre présente des concentrations relativement basses.

Au niveau régional, de fortes disparités existent comme l'illustre la figure 2a, sur laquelle est représentée la concentration maximale journalière moyenne par région du pic observé par les réseaux de stations rurales au sol à partir du 1^{er} juin. Les AASQA ont été regroupées sous différentes régions dont la définition est présentée figure 2b.

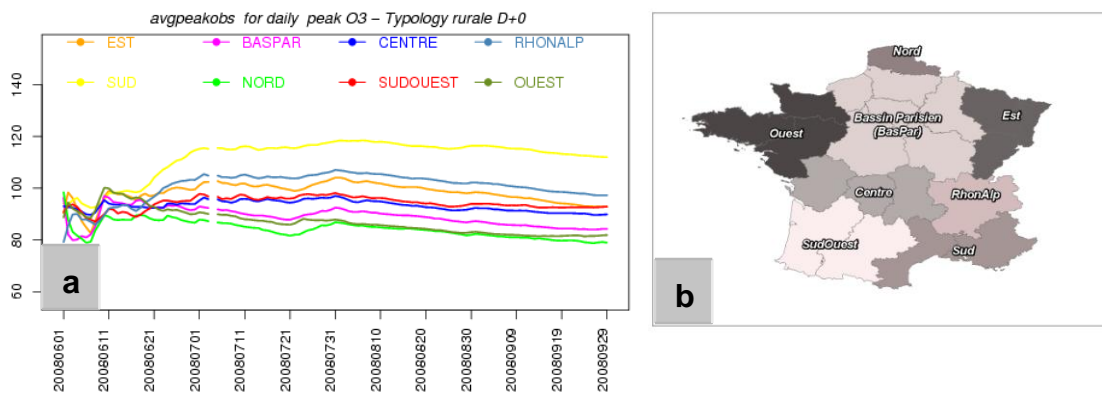


Figure 2 : Evolution de la moyenne du pic journalier d'ozone à partir du 1^{er} juin pour 8 sous-domaines définies selon la carte de droite. Evolution calculée à partir des données BASTER sur les stations rurales.

Le Sud est d'assez loin la zone la plus exposée à de fortes concentrations des pics d'ozone en France, avec une moyenne rurale située entre 110 et 120 µg/m³.

Ensuite, suivent la zone RhonAlp (100-105 µg/m³), Est, Sud-ouest, Centre, Bassin Parisien, Ouest et Nord (80-90 µg/m³).

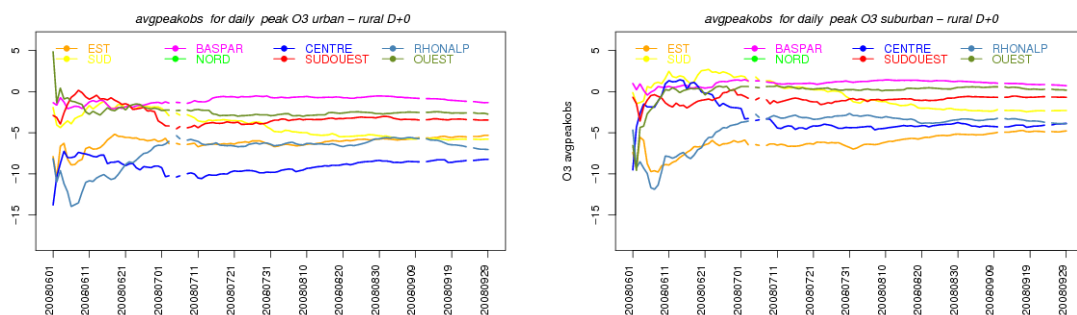
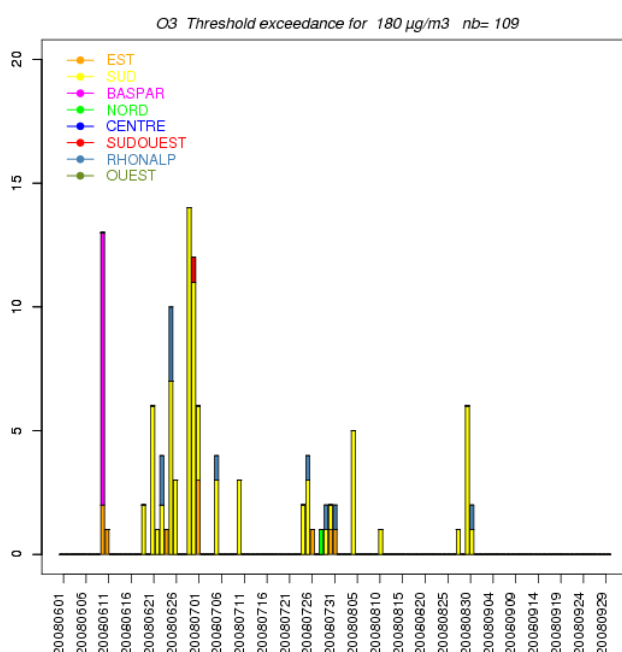


Figure 3 : Evolution de la différence du pic journalier d'ozone entre stations urbaines et rurales (à gauche) et périurbaines et rurales (à droite) pour 8 régions définies selon la carte (fig.2b). Evolution calculée à partir des données BASTER moyennées à compter du 1^{er} juin.

Concernant les stations urbaines et périurbaines, les différences avec les valeurs relevées en stations rurales, montrent dans l'ensemble un niveau moins élevé, à l'exception du bassin parisien pour lequel les niveaux urbains et périurbains sont plus élevés de quelques microgrammes/m³. Les différences les plus conséquentes sont observées pour les zones Centre, Rhône-Alpes et Est, entre 5 et 10 µg/m³ en faveur du milieu rural.

La hiérarchie des régions est relativement stable au cours de l'été, seule la région Sud affiche une décroissance assez significative sur l'été, essentiellement pendant les mois de juin et juillet, sous l'impact des épisodes d'ozone qui tendent à accentuer les écarts de niveaux entre stations de typologie différente.

La répartition temporelle des événements de dépassement du seuil d'information à l'ozone (180 µg/m³) sur la figure 4 identifie 26 journées, 11 en juin, 10 en juillet et 5 en août. Les principaux épisodes surviennent plutôt sur la fin du mois de juin et le début du mois de juillet.



EST	Aerfom, Aspa, Asqab, Airlor, Espol
SUD	Airfobep, Atmopaca, qualitair Corse
CENTRE	Atmo-Poitou, Limair, Atmo-Auvergne,
NORD	Atmo-NPDC
SUDOUEST	Oramip, Airaq
BASSIN PARISIEN (bassin parisien)	Airparif, Airnormand, Lig'Air, Atmo Champagne, Atmos'Air Bourgogne, AtmoPicardie
RHONEALP	Ascoparg, Coparly, Ampasel, Air APS, Asquadra, Supaire
OUEST	Airbreizh, Aircom, AirPL

Figure 4: Répartition temporelle et spatiale des 109 dépassements du seuil d'information à l'ozone répertoriés selon BASTER. A droite, composition en AASQA des zones géographiques.

La région Sud est la plus fortement touchée puisqu'elle subit 20 journées avec dépassements, représentant 76 mesures horaires au dessus des 180 µg/m³ sur les 109 relevés, soit 70%.

Une seule journée de dépassement a été observée dans le Bassin Parisien lors de la journée du 10 juin.

La région Est présente 7 journées avec 10 données horaires excédant 180 µg/m³, de même pour la région Rhône-Alpes sur des journées différentes. Le Sud-ouest et le Nord dépassent le seuil à une seule reprise.

2.2 PERFORMANCES DES MODELES

Une évaluation des performances de Prev'Air est mise à jour quotidiennement sur les parties privées et publiques du site Internet. A partir d'indicateurs statistiques, cette étude a pour objectif de répondre à notre souci de transparence sur les aptitudes des modèles à simuler et à prévoir la qualité de l'air. L'ensemble des indicateurs est calculé pour trois catégories distinctes: urbaine, périurbaine et rurale et se compose des indices classiques: biais, erreur quadratique moyenne, corrélation.

Nous présentons dans la suite une estimation du comportement global du système Prev'Air sur l'ensemble de la saison estivale et cela pour les différentes configurations de modèles utilisées (modèles CHIMERE ou MOCAGE).

Cette évaluation concernera uniquement le maximum journalier d'ozone.

L'étude se restreindra au domaine France, principalement pour 4 configurations de modèle :

- 1) CHIMERE forçage météorologique GFS (AFM)
- 2) CHIMERE forçage météorologique ARPEGE (AFMA)
- 3) MOCAGE (MOCAF)
- 4) CHIMERE version 1) avec adaptation statistique (ASAFMp)

2.2.1 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. Les résultats pour les 4 types de prévisions réalisées dans Prev'Air (fig.3) montrent que conformément aux résolutions horizontales des modèles (10 km) les scores sont plus probants en zone rurale, et se dégradent selon l'échéance de la prévision.

CHIMERE AFM avec adaptation statistique présente le biais le plus faible pour les sites ruraux, entre $4,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à J+0 et $5,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à J+2. Puis suivent AFM, MOCAGE et enfin AFMA avec le biais le plus fort à $10-11 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Le biais augmente ensuite en passant aux sites périurbains puis aux sites urbains, la qualité des modèles gardant la même hiérarchie.

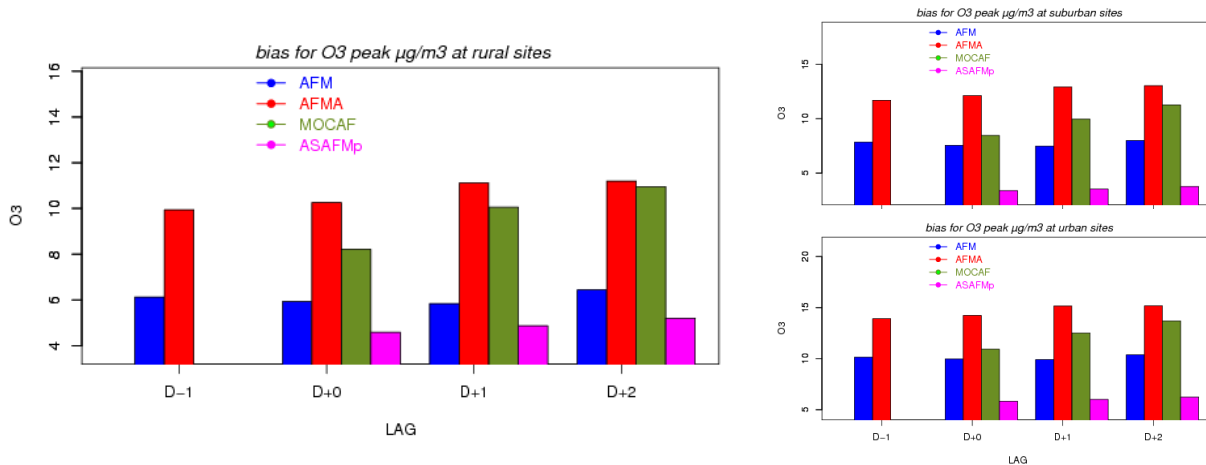


Figure 5 : Biais en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ des modèles Prev'Air pour les 4 jours de prévision, sur les sites ruraux (à gauche), périurbains (en haut à droite) et urbains (en bas à droite)

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

Cet indice fournit une information sur l'écart moyen entre la prévision et l'observation quelque 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.

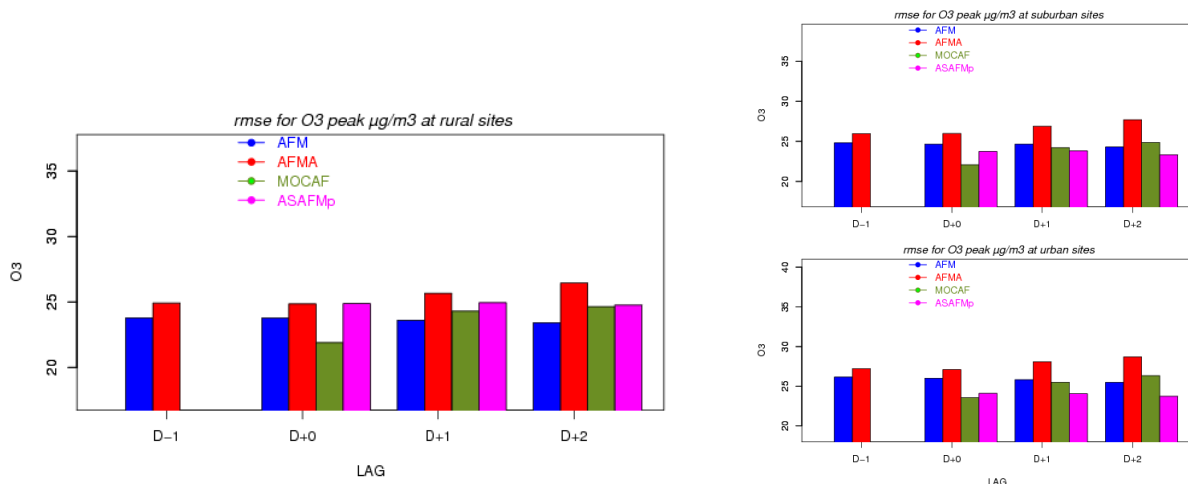


Figure 6 : RMSE en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ des modèles Prev'Air pour les 4 jours de prévision, sur les sites ruraux (à gauche), périurbains (en haut à droite) et urbains (en bas à droite)

L'interprétation en terme de performances de modèles est moins claire que dans le cas du biais, car variant selon le jour de prévision considéré. Ainsi, pour le jour courant (D+0), MOCAF présente la RMSE estimée sur les stations rurales la plus faible ($\sim 22 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Cependant, la dégradation pour les jours qui suivent (D+1 et D+2) est plus importante que pour AFM dont les performances sont constantes. En conséquence, à D+1 et D+2 la RMSE de AFM est la plus faible. LES RMSE des prévisions AFMA et ASAFM sont plus élevées.

Concernant les stations périurbaines et urbaines, MOCAF dispose toujours de la meilleure RMSE à D+0, en revanche, c'est ASAFM qui possède la plus basse pour les jours suivants.

Globalement, les résultats se détériorent progressivement des stations rurales vers les stations périurbaines puis urbaines.

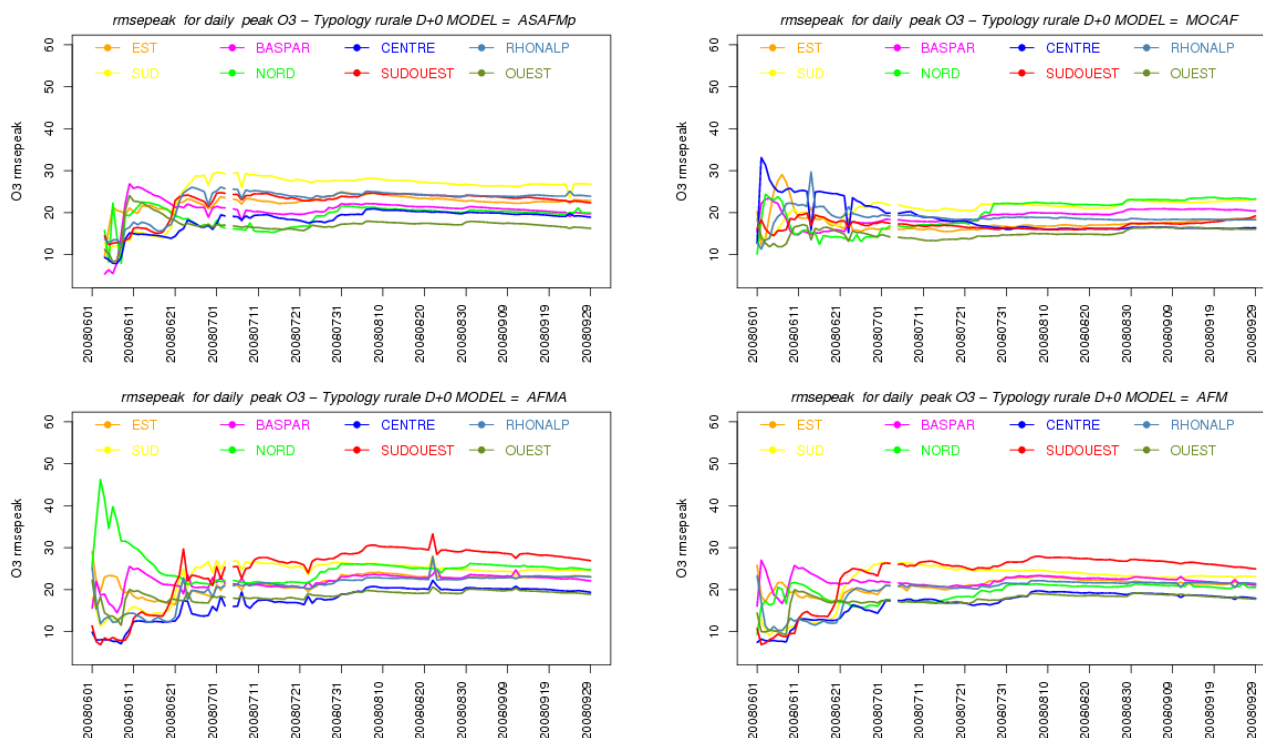


Figure 7 : Représentation de l'évolution de la RMSE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) à partir du 1^{er} juin pour les 4 modèles Prev'Air sur les stations rurales, dans les 8 régions françaises.

Au niveau régional, la RMSE la plus faible et cela quelque soit le modèle est obtenue pour les régions les moins polluées telles que le Centre ou l'Ouest.

La région Sud-ouest semble poser des difficultés à la filière CHIMERE car malgré des niveaux similaires à la région Centre et une pollution peu importante durant l'été, la RMSE est élevée pour les versions AFM, AFMA et ASAFMp, alors que la RMSE de MOCAGE est tout à fait satisfaisante sur ce secteur.

Autrement, la hiérarchie des régions est assez similaire entre AFM et AFMA, et légèrement différentes avec MOCAF.

2.2.3 LA CORRELATION

Cette variable caractérise la capacité du modèle à reproduire l'évolution des observations d'un jour sur l'autre, ou d'un endroit à l'autre 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.

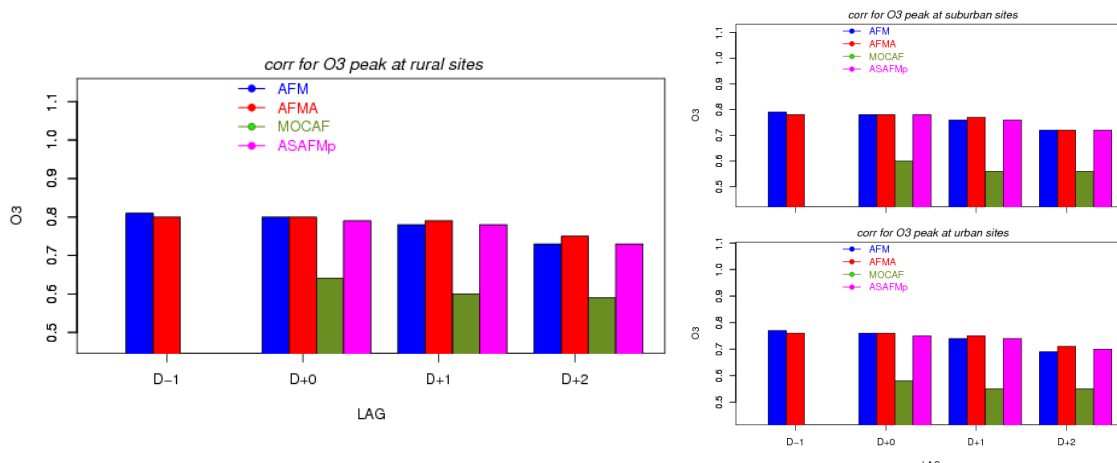


Figure 8 : Corrélration des modèles Prev’Air pour les 4 jours de simulation, sur les sites ruraux (à gauche), périurbains (en haut à droite) et urbains (en bas à droite)

Dans ses trois versions, CHIMERE présente des scores assez proches et très satisfaisants autour de 0,8 à D+0 pour les stations rurales, avec une dégradation à 0.75 à D+2. Pour les stations périurbaines et urbaines, les mêmes conclusions s’imposent avec des coefficients de corrélation un peu moins bons mais supérieurs à 0,7.

Les scores de MOCAGE se situent légèrement en deçà des valeurs de CHIMERE, à 0,6-0,7 pour les stations rurales et 0,5-0,6 pour les stations périurbaines et urbaines.

La description des corrélations (fig.9) atteste d’une variabilité importante selon les régions.

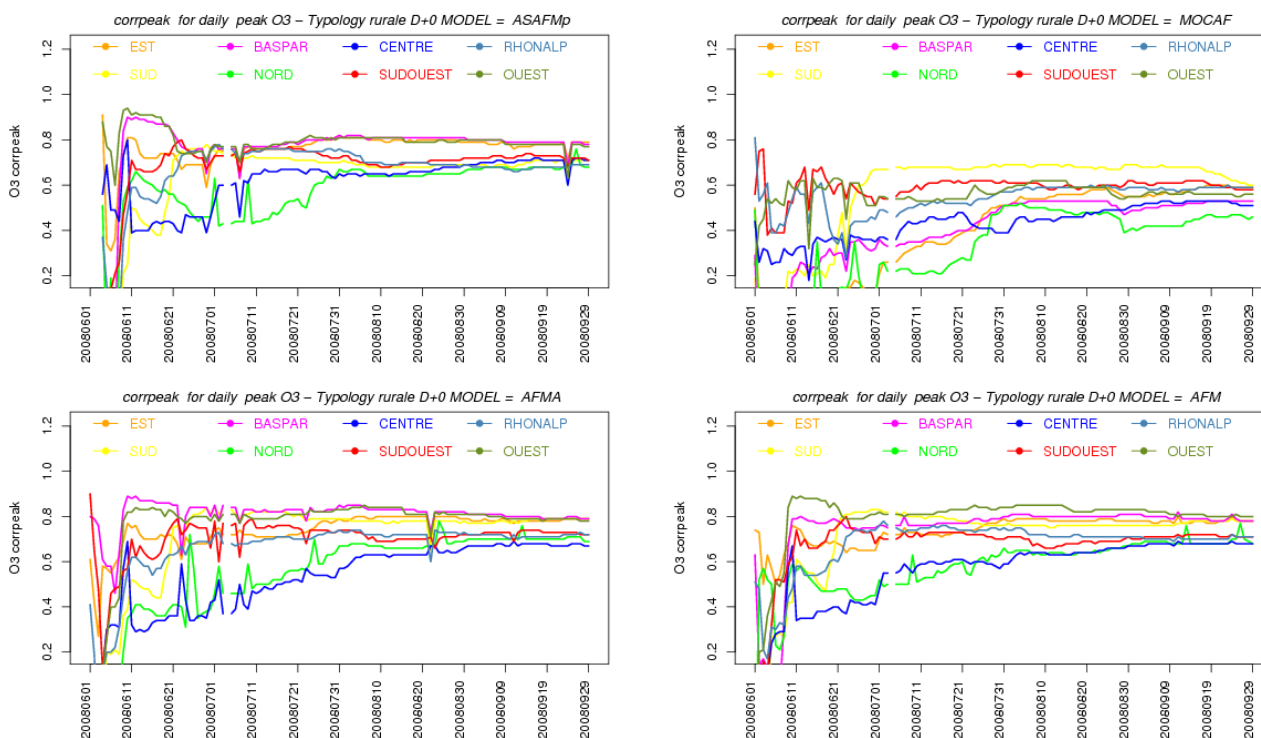


Figure 9 : Représentation de l’évolution de la corrélation à partir du 1^{er} juin pour les 4 modèles Prev’Air sur les stations rurales et le jour courant.

Le Centre et le Nord possèdent les corrélations les plus faibles pour tous les modèles, notamment lors des deux mois les plus pollués de juin et juillet.

Les différentes versions CHIMERE sont assez proches en terme de représentation de la variabilité avec cependant de légères disparités sur les valeurs des corrélations. Les plus fortes corrélations calculées sont pour l'Ouest, Bassin Parisien, Est et Sud, très proche de 0,8. Survient ensuite Rhône-Alpes, Sud-ouest qui affichent des corrélations de l'ordre de 0,7, rejoint par Centre et nord en fin de saison estivale.

Enfin, MOCAGE présente un panel de corrélation un peu plus dispersé que CHIMERE, la plus forte étant pour Sud (~0,7) et la plus faible pour Nord (~0,4).

2.2.4 DEPASSEMENTS DE SEUIL

Comme le montre la figure 4, il y a eu plusieurs dépassements du seuil d'information à l'ozone durant l'été 2008. A titre d'information, seulement deux dépassements du seuil d'alerte ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ont été répertoriés en Alsace.

99,8 % des prévisions sont bonnes par rapport à ce seuil de $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

L'objet de cette partie est d'analyser le comportement des modèles lors de ces journées où des épisodes de pollution à l'ozone avec dépassement des seuils se sont développés.

Cet examen est généralement peu réussi par les modèles car assez contraignant. Une raison à cela est le caractère binaire de l'exercice. Si le modèle calcule une concentration légèrement en dessous de $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ alors que la valeur réelle est légèrement au dessus, l'évènement est considéré comme non détecté alors que le comportement du modèle peut-être considéré comme correct. Or lors de cette année 2008 comme ce fut le cas de l'année 2007, les dépassements du seuil d'information de $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ n'ont pas été franchement marqués et nombre d'entre eux se situaient justement entre 180 et $190 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il en découle des performances de modèles perfectibles comme l'atteste la figure 10.

La version de CHIMERE AFMA se détache assez nettement des autres modèles pour les stations rurales avec une douzaine de dépassements de seuil bien évaluée. Elle possède également le moins de fausses alertes et le moins d'évènements non détectés.

En revanche, ses performances ne sont pas confirmées en considérant les stations périurbaines et urbaines où la version AFM détient le plus grand nombre de bonnes prévisions, ASAFM le moins de fausses alertes et AFMA le moins de dépassements non détectés. Néanmoins, cette interprétation est à prendre avec précaution car le nombre de jours considéré varie légèrement d'un modèle à l'autre.

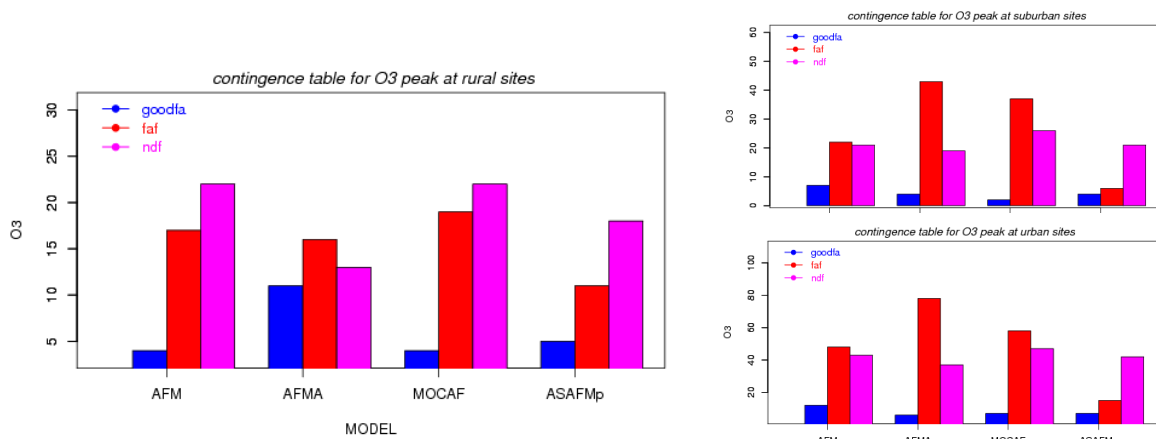


Figure 10 : Scores de la table de contingence des modèles Prev’Air de la prévision pour le lendemain, sur les sites ruraux (à gauche), périurbains (en haut à droite) et urbains (en bas à droite). (goodfa : Bonne prévision, faf : fausse alerte, ndf : évènement non détecté)

Néanmoins, les modèles possèdent le potentiel de prédire l’arrivée d’épisodes de pollution au niveau national comme le montre la figure 11, où la plupart des journées ayant dépassé 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans les observations le sont également par les modèles Prev’Air pris dans leur ensemble. Toujours d’après ces figures, les fausses alertes tendent à diminuer en passant de D+2 à D+0. Quelques cas de non-détection apparaissent également.

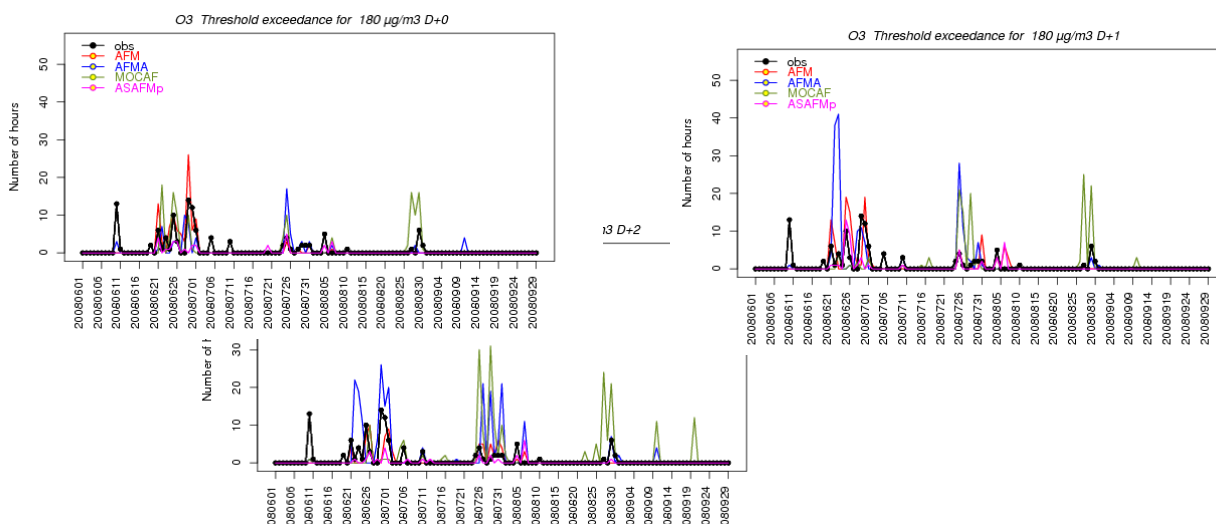


Figure 11 : Nombre d’heures de dépassement du seuil d’information à l’ozone par jour de prévision toutes typologies de stations confondues, établi par les 4 modèles Prev’Air et observé.

Le nombre de dépassements prévu ponctuellement par les modèles se trouve souvent être supérieur au nombre observé, vraisemblablement en lien avec la résolution du modèle, trop faible pour géolocaliser correctement leur couverture spatiale (surestimation de leur développement par le modèle).

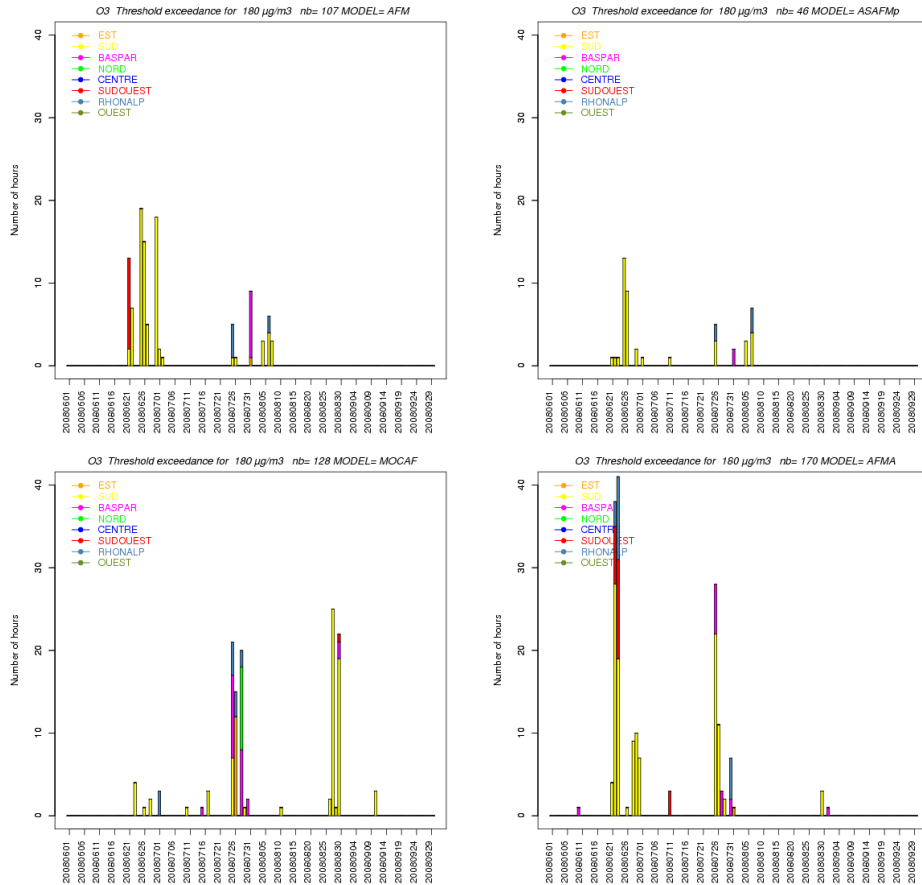


Figure 12 : Répartition régionale des dépassements du seuil d'information prévus par les 4 modèles pour le lendemain.

Les résultats de la figure 12 peuvent être directement comparés à la figure similaire construite avec les observations (fig.4).

Le modèle AFMA semble être le plus apte à identifier les régions dont les concentrations d'ozone excéderont $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il est notamment le seul à identifier l'unique journée de dépassement du bassin parisien.

Très peu des journées de l'Est ont été détectées. MOCAP a été le seul à prévoir le dépassement dans le Nord fin juillet.

En revanche les modèles s'accordent et sont complémentaires sur la région Sud pour détecter quasiment la totalité des journées avec des dépassements de seuils d'ozone.

Cette complémentarité entre les modèles sera exploitée en 2009 dans une nouvelle prévision, dite prévision d'ensemble qui sera établie sur la base d'une combinaison linéaire des quatre modèles dont les résultats sont présentés dans ce rapport. Ce produit devrait permettre de donner plus ou moins de poids dans la prévision au modèle ayant les meilleures aptitudes dans telle ou telle condition météorologique et/ou dans telle ou telle région. Actuellement en cours de réalisation, la prévision d'ensemble devrait être testée en opérationnel lors de l'été 2009.

3. LA PREVISION DES PM10 PAR PREV'AIR

3.1 RECAPITULATIF DE L'ANNEE 2008

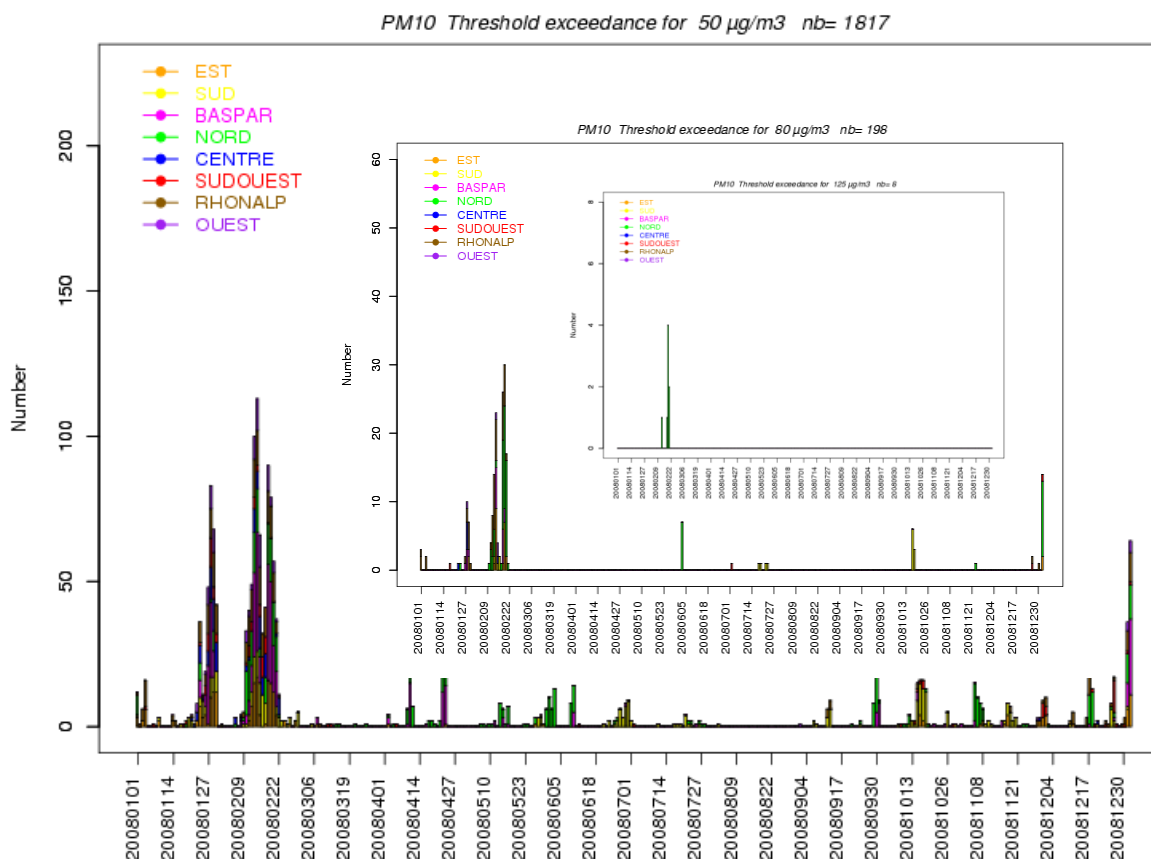


Figure 13 : Représentation des dépassements en moyenne journalière des seuils de $50\mu\text{g}/\text{m}^3$, $80\mu\text{g}/\text{m}^3$ et $125\mu\text{g}/\text{m}^3$ des mesures de PM10 d'après les données BASTER tout type de station confondu.

D'après les observations relevées durant l'année 2008, les épisodes de PM10 les plus importants ont été repérés lors du premier trimestre, l'un fin janvier et l'autre mi-février. Les dépassements des seuils de $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière sont nombreux dans cette période, atteignant parfois plus de 100 stations. Durant ces mêmes périodes, des dépassements des seuils de $80\mu\text{g}/\text{m}^3$ et $125\mu\text{g}/\text{m}^3$ ont également été observés, principalement lors de l'épisode de mi-février.

Une quinzaine d'épisodes secondaires est survenue dans le courant de l'année, le dernier en fin d'année annonçant le début de l'épisode de janvier 2009.

Le zoom présenté sur la figure 14 cible la période du 1^{er} janvier au 1^{er} mars 2008. La totalité des régions définies dans le cadre de ce rapport dépasse le seuil de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ avec un nombre de jours assez variable de l'une à l'autre. Les régions Centre et Sud-ouest apparaissent comme les moins touchées par de fortes concentrations journalières. A contrario, en approfondissant à l'aide des deux autres seuils, la région Nord, et à moindre niveau les régions Est, RhonAlp et Bassin Parisien figurent parmi les plus polluées par des teneurs les plus élevées en PM10.

La région Nord est par ailleurs la seule à présenter des dépassements du seuil de 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

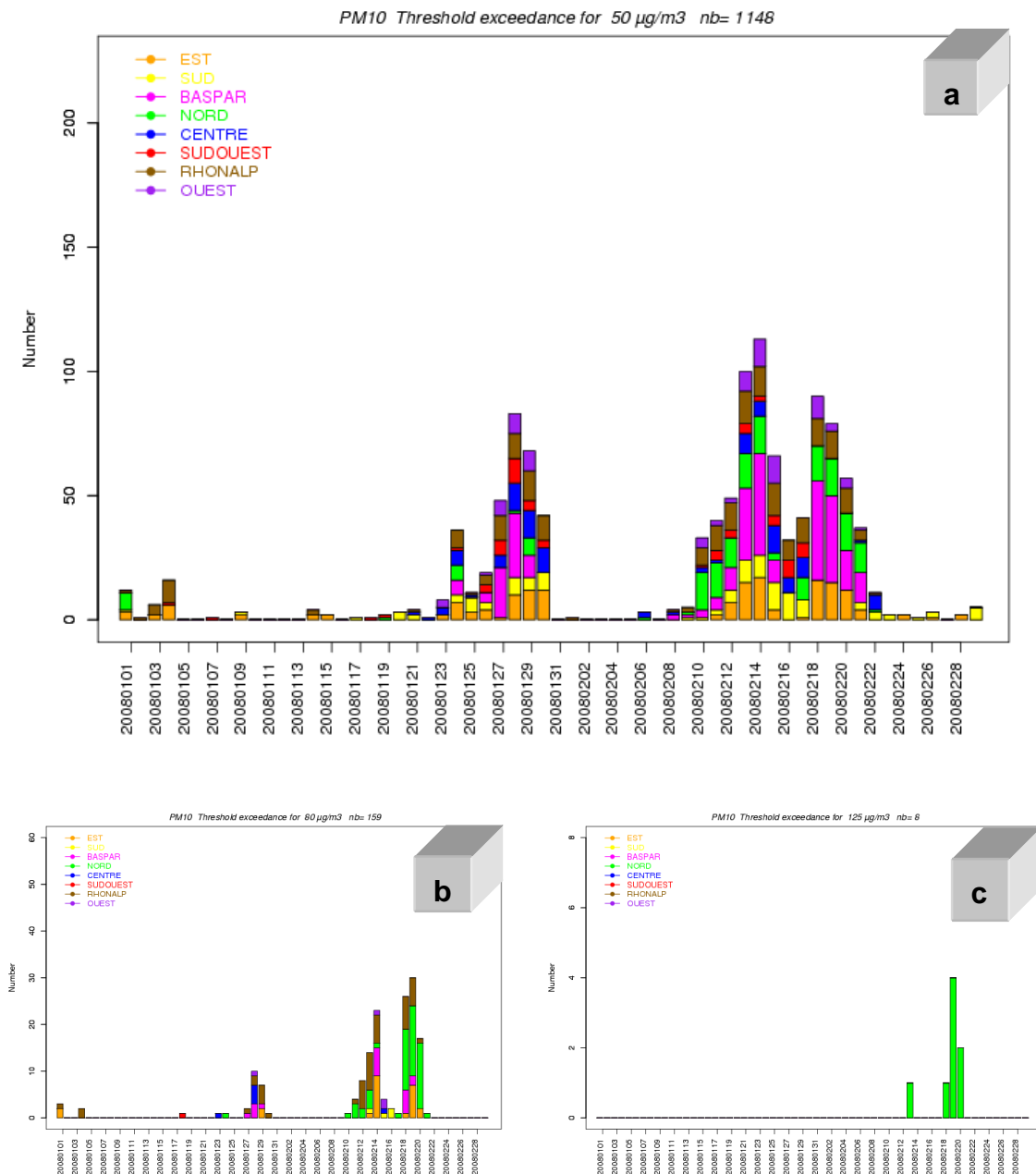


Figure 14 : Dépassements des moyennes journalières des seuils respectivement de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (a), 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (b) et 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (c) des mesures de PM10 d'après les données BASTER tout type de station confondu.

D'un point de vue plus général, en moyenne saisonnière, le modèle indique des niveaux de PM10 plus importants sur la saison hivernale 2008 que durant la saison estivale (fig.15). Différences qui peuvent atteindre $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à Paris, zone la plus touchée par des fortes concentrations. Ensuite les régions lyonnaise et marseillaise subissent également des niveaux élevés distinguables sur la figure 15. Les grandes agglomérations présentent toutes des niveaux un peu plus élevés que leur environnement proche de 5 à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que ce soit en hiver ou en été.

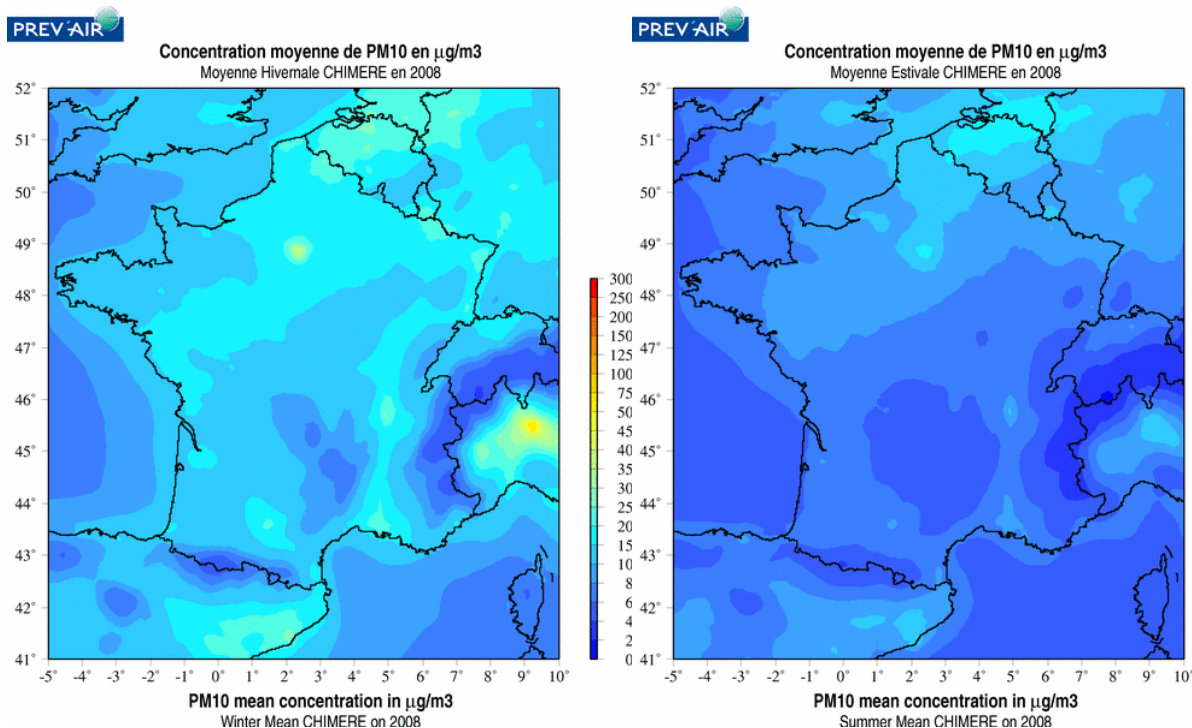


Figure 15 : Concentrations moyennes en surface des PM10 pour l'hiver 2008 (Oct.2007 à Mar.2008) et pour l'été 2008 (Avr.2008 à Sep.2008) simulés par CHIMERE (AFM).

3.2 PERFORMANCES DE PREV'AIR SUR LES PM10

L'ensemble des indicateurs de performance est calculé pour trois typologies de station distinctes : urbaine (115 stations), périurbaine (21 stations) et rurale (6 stations) et se compose des indices classiques: biais, erreur quadratique moyenne, corrélation.

Nous présentons dans la suite une estimation du comportement global du système Prev'Air sur l'ensemble de l'année 2008 et cela pour deux configurations de CHIMERE :

- 1) CHIMERE forçage météorologique GFS (AFM)
- 2) CHIMERE forçage météorologique ARPEGE (AFMA)

Cette évaluation concernera uniquement la moyenne journalière des PM10.

3.2.1 LE BIAIS

Il est très intéressant de constater que le modèle forcé par les champs météorologiques ARPEGE offre un biais plus faible que le biais d'une prévision avec la météorologie GFS. Les différences sont assez importantes entre les stations rurales et urbaines environ $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La décroissance du biais est observable en passant des sites ruraux à urbains pour les deux configurations AFMA et AFM, respectivement de $-2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à $-4.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et de $-7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à $-9.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les résultats pour les stations périurbaines non présentés ici, sont assez semblables aux scores des stations urbaines.

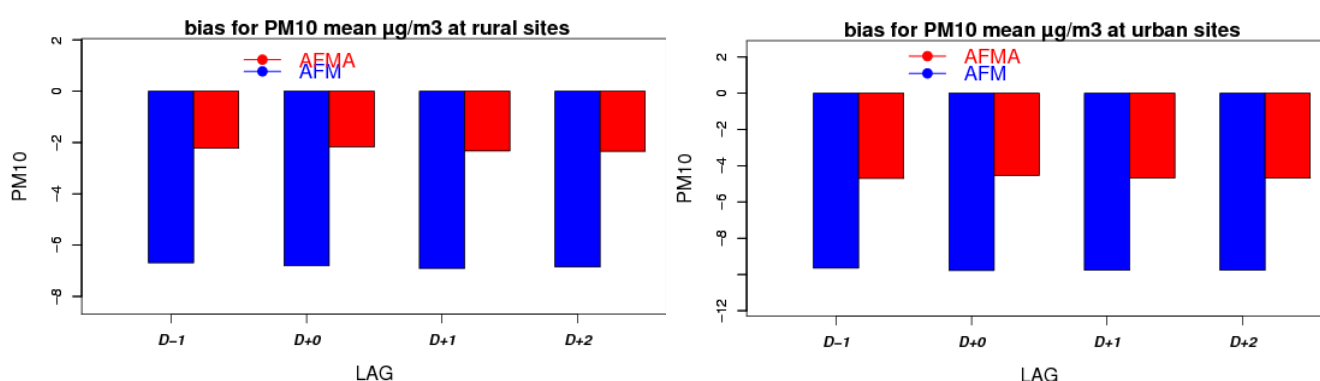


Figure 16 : Biais en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ des modèles Prev'Air pour les 4 jours de simulation, sur les sites ruraux (à gauche) et urbains (à droite).

Il est à noter également, la forte stabilité de l'indicateur entre les 4 journées de prévision (de D-1 à D+2).

3.2.2 LA RMSE

La RMSE confirme l'analyse des biais mais de manière moins prononcée, les différences entre AFM et AFMA étant inférieures à $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et parfois presque nulles, pour les sites ruraux et périurbains, et d'environ $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les stations urbaines (fig.17).

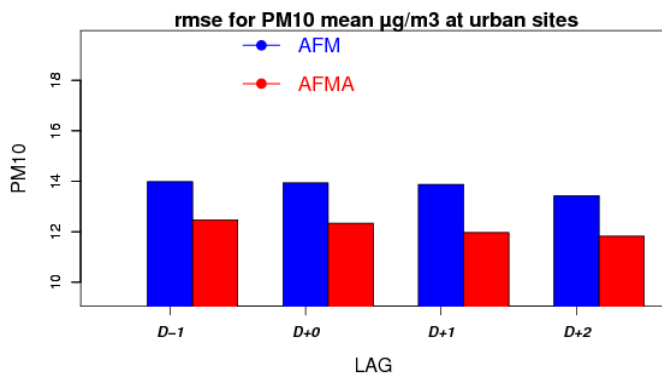
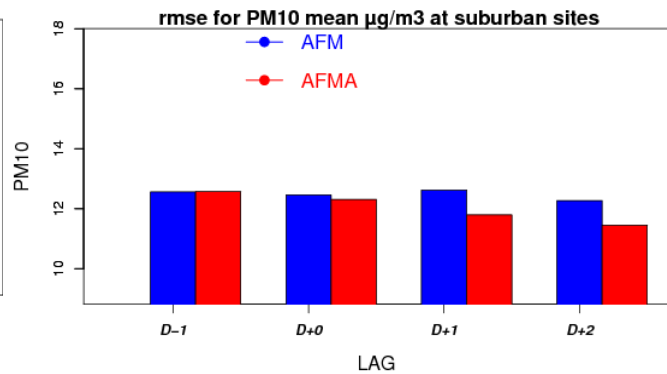
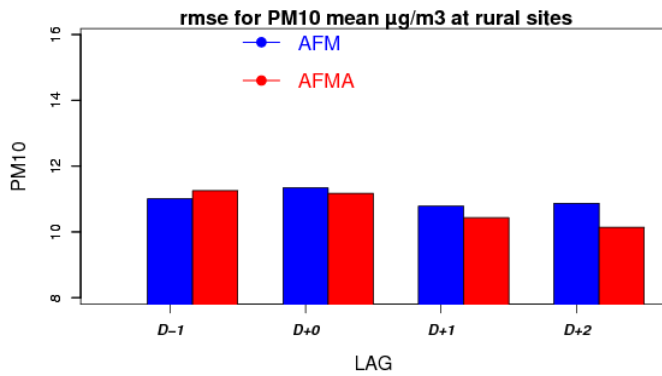


Figure 17 : RMSE en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ des modèles Prev'Air pour les 4 jours de prévision, sur les sites ruraux (à gauche en haut) et périurbains (à droite en haut) et urbains (à gauche en bas)

3.2.3 CORRELATION

Les résultats établis pour la corrélation n'abondent pas dans le sens des scores des biais et RMSE puisque pour l'ensemble des trois typologies, la corrélation du modèle AFM est meilleure que celle d'AFMA.

Les stations rurales et périurbaines affichent des corrélations assez proches entre 0,6 et 0,7 pour AFM, alors que pour AFMA des différences légères existent entre les deux typologies, entre 0,5 et 0,6 pour les rurales et entre 0,4 et 0,5 pour les périurbaines.

Mais pour les deux modèles, les scores pour les stations urbaines sont nettement dégradés avec des corrélations autour de 0,4-0,5.

Enfin, la corrélation ne varie que très peu en fonction des 4 jours de prévision.

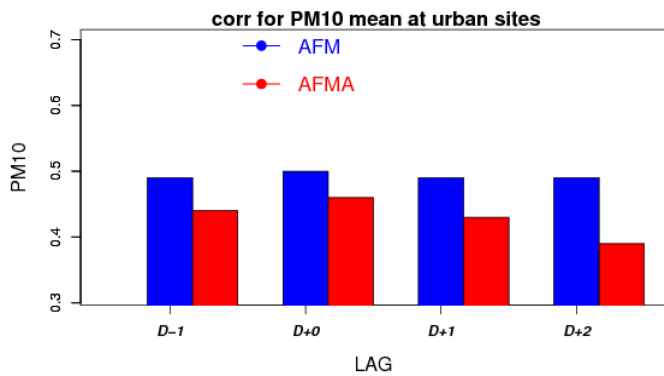
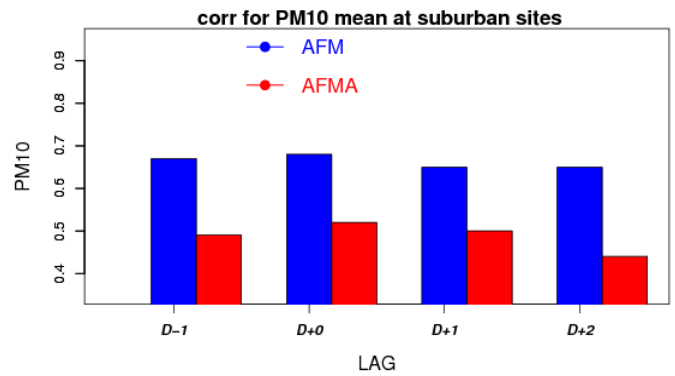
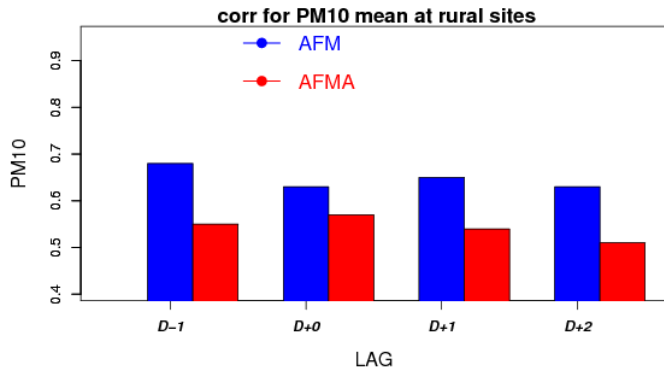


Figure 18: Corrélation des modèles Prev'Air pour les 4 jours de prévision, sur les sites ruraux (à gauche en haut) et périurbains (à droite en haut) et urbains (à gauche en bas)

3.2.4 DEPASSEMENT DE SEUIL

3.2.4.1 SEUIL DE 50 MICROGRAMMES/M³

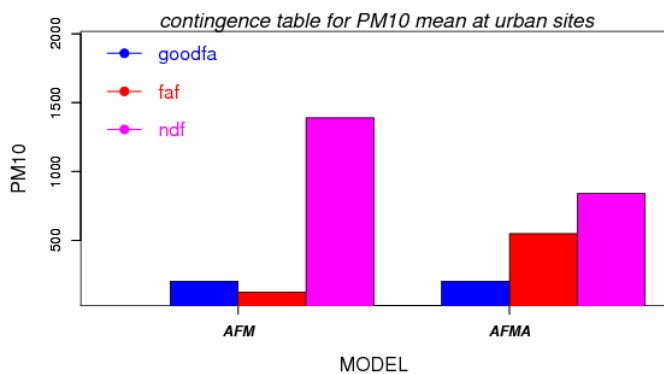
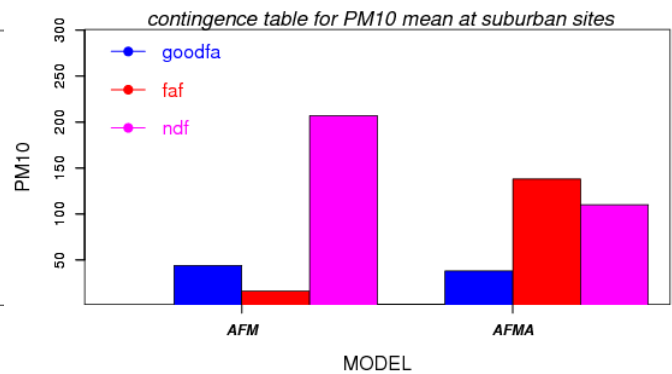
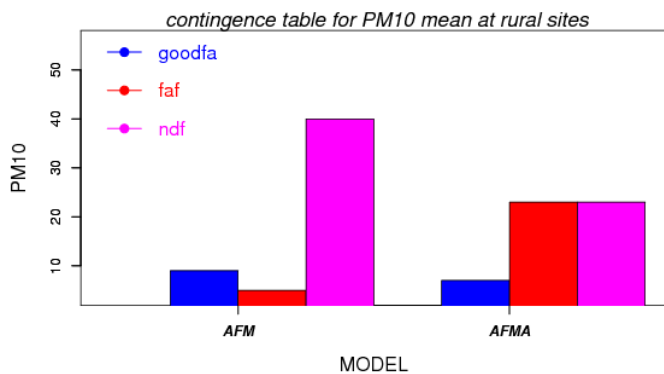


Figure 19 : Dépassements du seuil de 50 µg/m³ prévu à D+0 par les modèles Prev'Air pour les sites ruraux (à gauche en haut), périurbains (à droite en haut) et urbains (à gauche en bas) (goodfa : Bonne prévision, faf : fausse alerte, ndf : évènement non détecté)

Le nombre d'évènements de dépassement de seuil varie légèrement d'un modèle à l'autre car une vingtaine de jours n'est pas calculé par la filière AFMA, à cause de problèmes dans le rapatriement des fichiers ARPEGE.

Les comportements des deux versions sont proches en terme de bonnes prévisions et divergent quelque peu sur les fausses alertes et les non-détections. AFM a beaucoup plus de non-détections que AFMA mais moins de fausses alertes, interprétation valable quelque soit le type de station considéré (fig.19).

13 % (resp. 20 %) des dépassements du seuil de 50 µg/m³ en zone urbaine sont prévus par AFM (resp. AFMA) à D+0, 18 % (resp. 26%) aux stations périurbaines et 19 % (resp. 23%) aux stations rurales.

Ces pourcentages plutôt flatteurs pour AFMA ne doivent pas cacher que ces valeurs sont également associées à un nombre de fausses alertes bien plus important que pour AFM. Ainsi, les dépassements prévus par AFM sont réels dans 60 à 70 % des cas, tandis qu'AFMA prévoit des dépassements qui ne s'avèrent exacts que dans 20 à 30 % des cas.

Ces interprétations sont transposables pour tous les jours de simulations, avec des variations sensibles des valeurs.

3.2.4.2 SEUILS DE 80 MICROGRAMMES/M³ ET DE 125 MICROGRAMMES/M³

Pour le seuil de 80 µg/m³, seules les typologies urbaines et périurbaines seront analysées, car uniquement 2 non-détections apparaissent pour les stations rurales.

Par rapport au seuil de 50 µg/m³, il est intéressant de constater que les prévisions AFMA apparaissent cette fois plus performantes (fig.20).

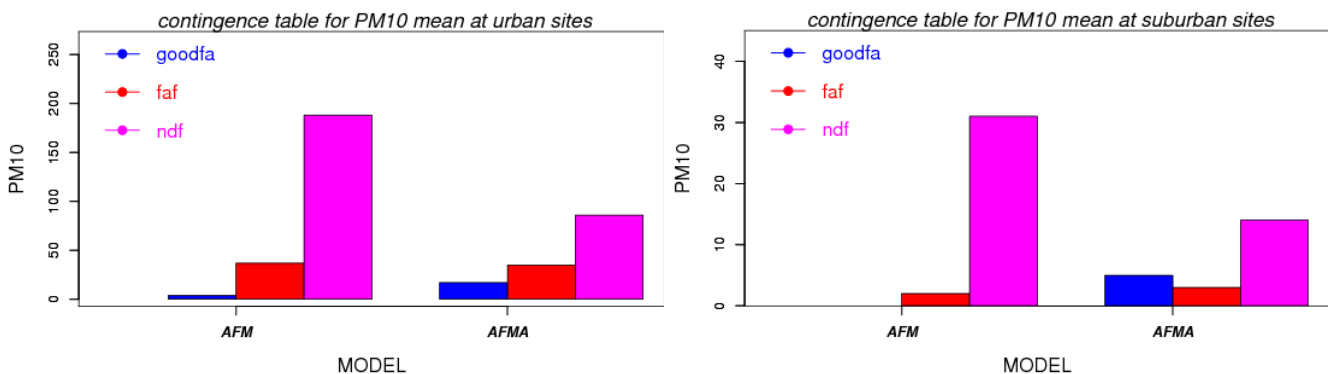


Figure 20 : Dépassements du seuil de 80 et 125 µg/m³ prévu à D+0 par les modèles Prev'Air pour les sites urbains (goodfa : Bonne prévision, faf : fausse alerte, ndf : évènement non détecté)

Cela s'exprime par un nombre de bons dépassements plus important par rapport à celui d'AFM, et un nombre de fausses alertes relativement équivalent. Le nombre de non-détections est plus élevé pour AFM mais il faut garder en mémoire la différence du nombre de jours pris en compte entre les deux modèles dans cette étude.

AFM a identifié 4 dépassements du seuil de 80 µg/m³ sur 192, et AFMA 17 sur 103 en zone urbaine. En zone périurbaine AFM n'a vu aucun dépassement sur les 31 répertoriés alors que AFMA en a détecté 5 sur 19.

Concernant le seuil de $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$, aucun modèle n'a prévu l'un des 9 dépassements répertoriés (dont 7 en zone urbaine).

3.2.4.3 DETECTION TEMPORELLE

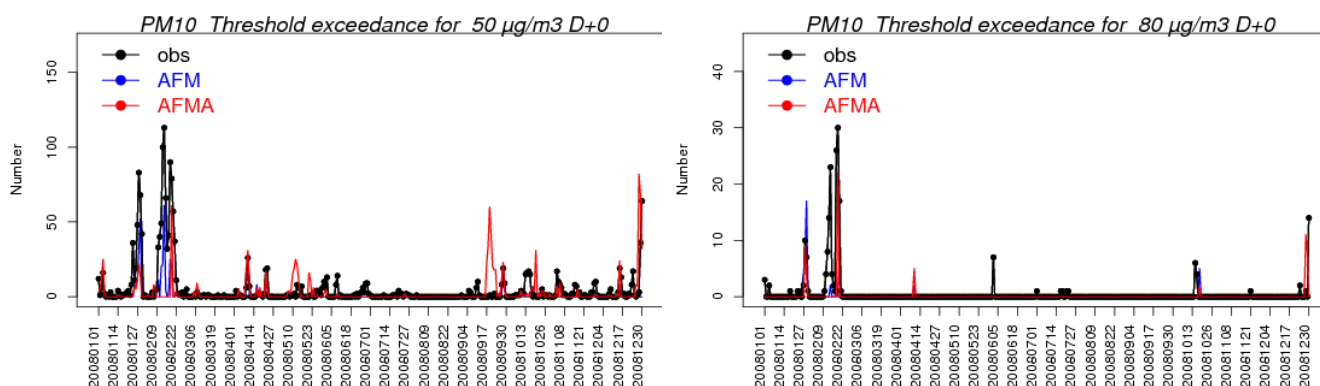


Figure 21 : Evolution des dépassements des seuils de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (gauche) et de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (droite) vus par les modèles AFM et AFMA ainsi que les observations

L'évolution temporelle des dépassements des seuils de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur l'année 2008 prévus par les modèles AFM et AFMA affiche une bonne cohérence avec les observations ayant dépassé les concentrations seuil et l'intensité caractérisée par le nombre de stations est assez bien reproduite. Les mauvaises détections temporelles semblent limitées à 2 dates pour le seuil de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ autour du 20 septembre et du 20 octobre et à 1 date, autour du 10 avril pour le seuil de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Les non-détections sont assez rares et pour des épisodes qui n'apparaissent pas très importants.

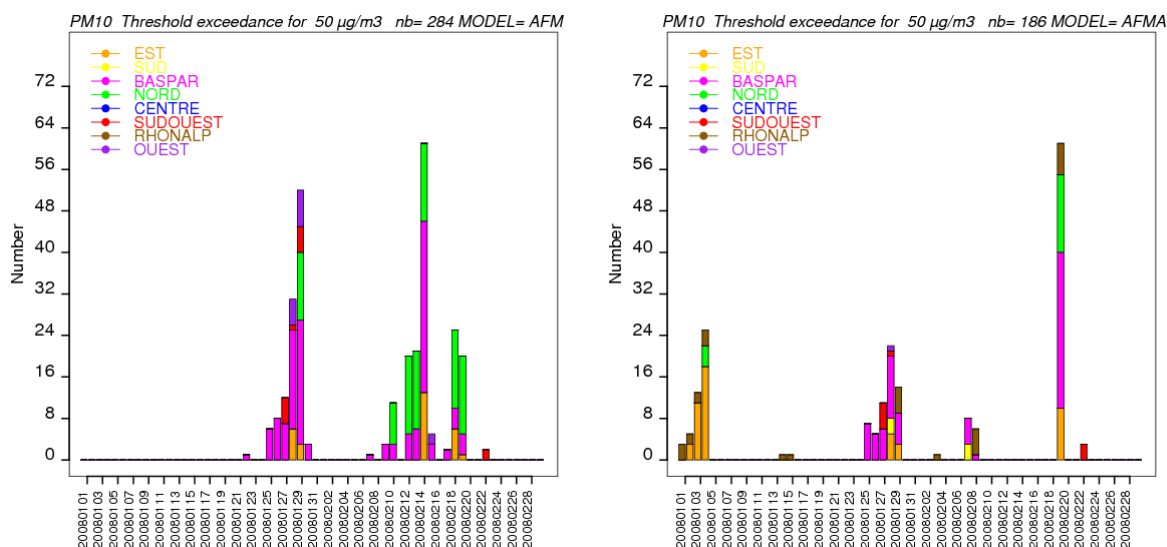


Figure 22 : Représentation régionale des dépassements du seuil de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ prévus pour le jour courant par les modèles AFM (gauche) et AFMA (droite) sur la période du 1^{er} janvier au 1^{er} mars 2008.

Pour autant si les épisodes sont relativement bien vus par les modèles, leur durée et persistance apparaissent sous-estimées. De plus, les modèles n'ont pas le même niveau de performance pour détecter les régions victimes de dépassements de seuils observés. En comparant les résultats de la figure 22 avec la figure 14a) on note des écarts qui affectent l'ensemble des régions, mais réduits pour le Bassin Parisien, Nord et dans une moindre mesure Est pour ce qui concerne le modèle AFM. AFMA quant à lui montre plus d'aptitude dans la région Rhône-Alpes et Sud où quelques épisodes sont capturés.

Le dernier point concerne la variabilité selon le jour de prévision (D+0 à D+2) en terme de régions identifiées comme susceptibles de dépasser les seuils. Le résultat, non présenté ici, montre que des changements peuvent intervenir entre la prévision du jour J vu par D+2 D+1 et D+0, et que dans certains cas localisés ou non, la prévision D+2 et/ou D+1 est meilleure que la prévision D+0. Un tel phénomène illustre l'impact de la météorologie, mais donne surtout une idée de la complexité du processus de prévisions de PM10.

4. BILAN DES UTILISATEURS

4.1 COMPTES UTILISATEURS

Actuellement, soixante comptes existent dans la partie privée du site web Prev'Air (www.prevoir.org).

Cette année a vu trois nouvelles créations pour 3 AASQA, 2 françaises : AtmoPicardie et QualitairCorse et une italienne : l'ARPA Ombrie.

Le compte INVS a également été réactivé pour répondre à leur besoin dans le cadre du plan alerte canicule santé. Cette opération estivale a nécessité la fourniture quotidienne de données Prev'Air pouvant être prises comme facteur aggravant en cas de canicule. Il s'agissait d'établir les prévisions de dépassements sur les départements français, estimées à partir de trois stations départementales pour l'Ozone et les PM10.

Nous avons fourni à la demande d'Airlor des analyses d'ozone sur leur région pour l'année 2007 et 2008.

4.2 DEVELOPPEMENTS POUR LES UTILISATEURS

Depuis juin 2008, nous mettons à disposition des extractions au format netcdf. Cette évolution présente plusieurs intérêts pour les utilisateurs, d'une part un fichier auto-renseigné, comprenant la taille du domaine, les espèces, les unités et la période, et d'autre part il permet de lancer les simulations CHIMERE sans prétraitement, ces fichiers pouvant être directement appelés comme conditions aux limites.

Ces fichiers sont actuellement téléchargés et utilisés par Airparif et l'Oramip. Le compte du Cerc est également alimenté avec ces fichiers. Une des particularités de ces fichiers pour cette année réside dans une fourniture plus tôt que pour les fichiers binaires, c'est-à-dire dès la fin de la simulation.

5. CONCLUSIONS - PERSPECTIVES

Le bilan de l'année 2008 concernant le fonctionnement de Prev'Air a été dans la droite ligne des années précédentes avec un système fiable, qui n'a pas connu d'interruption contraignante au cours de cette année.

En terme de qualité, là encore, les scores sont relativement stables vis-à-vis des années précédentes pour ce qui est de l'ozone et des PM10. La nouveauté concerne principalement la configuration CHIMERE-ARPEGE qui a nettement émergé proposant une alternative aux prévisions CHIMERE-GFS et MOCAGE souvent plus fiable lors des épisodes de pollution (ozone et particules), mais un peu plus risquée car moins sûre en cas d'absence de pollution importante.

Afin de prendre en compte les aptitudes de chacune des configurations de modèles, une technique de prévision d'ensemble a été développée cette année et sera mise en test opérationnel en 2009. Cet ensemble se base sur une combinaison linéaire des différentes configurations établies à partir d'une période d'apprentissage.

Nous travaillerons également en 2009 à mettre au point une version haute résolution de CHIMERE et MOCAGE pouvant être alimentée soit avec les sorties météorologiques du modèle méso-échelle WRF (forcé par ARPEGE et GFS) soit par les prévisions du nouveau modèle météorologique de Météo France Arome.

Enfin, la dernière cible d'amélioration s'intéressera à l'inventaire d'émission utilisé dans Prev'Air, dont nous souhaitons augmenter la résolution par l'intégration dans le système soit de l'Inventaire National Spatialisé soit de l'inventaire Emep optimisé par un algorithme de raffinement préparé par le TNO (Pays-Bas) et déjà mis en œuvre dans des projets de recherche.

ANNEXE

FICHE ETUDE :

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

FRÉDÉRIK MELEUX – FRÉDÉRIK.MELEUX@INERIS.FR

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. 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, de particules (PM10 et PM2.5) et d'oxydes d'azote, les données numériques de concentrations issues de PREV'AIR sont téléchargeables par les organismes qui en font la demande. A ce jour environ une trentaine d'Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) – ou regroupements d'AASQA - dispose d'un compte sur PREV'AIR et accède chaque jour aux prévisions et analyses calculées à l'INERIS. De plus, depuis l'été 2005, les prévisions de PREV'AIR sont diffusées en cas d'épisode de pollution photochimique lors des bulletins météorologiques de France Télévision.

Cette large diffusion au public de l'information issue du système PREV'AIR impose un niveau de qualité très élevé sur les sorties du système. Ainsi, des développements sont en permanence à l'œuvre, afin d'améliorer la description des processus physico-chimiques pris en compte ou les évaluations statistiques des sorties du système.

Objectifs

L'objet des travaux relatifs à la plate-forme nationale de modélisation PREV'AIR est de la faire évoluer et de l'améliorer en cohérence avec les besoins locaux des AASQA : il s'agit d'une part de leur fournir les éléments nécessaires à l'exploitation des données PREV'AIR ; d'autre part, de répondre à leurs attentes en terme de précision des résultats fournis.

Ces objectifs sont poursuivis à travers les actions suivantes :

- action d'assistance aux utilisateurs ;
- réalisation d'un bilan des performances du système ;
- développement des produits de sorties avec la réalisation de nouvelles prévisions
- travaux d'amélioration de la représentation cartographique des prévisions ;

- étude de la sensibilité des prévisions aux inventaires d'émission.

Principales opérations

Action d'assistance aux utilisateurs. L'assistance aux utilisateurs consiste en un appui technique pour l'utilisation et l'interprétation des données issues de PREV'AIR, qu'il s'agisse des données brutes de modélisation ou des sorties analysées ou encore adaptées statistiquement.

Bilan des performances du système. Après chaque période estivale, un bilan des performances des modèles CHIMERE et MOCAGE - dont les résultats sont disponibles via PREV'AIR à ce jour - est établi à l'échelle nationale, région par région et sur chacune des stations de mesure. Le bilan est établi par comparaison aux observations de la BDQA selon des critères statistiques classiques, et des critères de dépassement des seuils réglementaires.

Nouveaux produits: De nouvelles filières sont mises en place sur la plate-forme et testées. Durant l'été 2008, le couplage Arpege-Chimere a ainsi été testé en opérationnel, avec des résultats encourageants.

Amélioration de la représentation cartographique des prévisions. Elle est rendue nécessaire car des désaccords ont été observés dans le passé entre les prévisions PREV'AIR et les prévisions locales des AASQA. Ces désaccords sont d'autant plus gênants que les cartes PREV'AIR sont susceptibles d'être diffusées par France Télévisions (en cas d'épisode pollution photochimique de grande échelle et persistant est prévu).

Issu des travaux de deux programmes de recherche, la comparaison des épaisseurs optiques d'aérosols calculées via les sorties chimere avec des données satellites (Modis et Parasol) et du réseau de photomètre Aeronet devient une réalité.

En collaboration avec le CEREAS, l'Ineris a développé une méthode d'ensemble permettant de calculer quotidiennement en opérationnel une prévision résultant d'une combinaison de toutes les prévisions de la plateforme Prev'Air.

Résultats

Action d'assistance aux utilisateurs. Comme les années passées, l'Institut a mis à disposition l'ensemble des outils de post-traitement qu'il développe. Par exemple, la plate-forme de modélisation AIREAS mise en place à ATMO PACA au cours de l'été 2005 fonctionne en mode prévision et en mode surveillance. Ce second mode repose sur l'adaptation statistique des sorties de CHIMERE par la méthode du krigeage des innovations. L'INERIS a également répondu à des demandes ponctuelles d'extraction de données, d'organismes nationaux et Européens. Grâce à la nouvelle version de chimère mise en place avant l'été 2007, nous avons mis à disposition des fichiers d'extraction comprenant les espèces gazeuses et particulaires calculées par le modèle France à 10km de résolution (AFM). Les AASQA ont été consultées pour répertorier leurs besoins et leur fournir si elles en expriment le souhait des données extraites des champs Mocage ou de nos post traitements (Analyse et adaptation statistique). Il est également possible de fournir certaines extractions au format netcdf à la demande de l'utilisateur.

Bilan des performances du système. Le bilan préliminaire établi à ce jour fait état des mêmes grandes tendances que les années précédentes.

En concertation avec les AASQA membres du Comité de Suivi PREV'AIR, une procédure a été mise en place pendant la période d'astreinte du système PREV'AIR : du 01 juin au 15 septembre 2008, un mail d'avertissement est diffusé le matin à l'ensemble des AASQA en cas de diffusion prévue des cartes PREV'AIR par France Télévisions. En l'occurrence, pour l'été 2008, aucun message d'alerte n'a été transmis car aucune période répondant aux critères de diffusion n'a été détectée par Prev'Air.

COLLABORATIONS

AASQA, ADEME, Météo France

RAPPORTS ET PRODUITS

Travaux relatifs au système Prev'Air, Evaluations et améliorations, 2008. F Meleux. Rapport LCSQA 2008 ref : DRC-08-94312-15144A