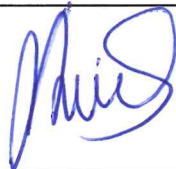




Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l’Air

PERFORMANCES PREV’AIR EN 2016 ET LORS DU PREMIER TRIMESTRE DE 2017

Novembre 2018

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Anthony UNG / Frédéric MELEUX	Augustin COLETTE	Laurence Rouïl
Qualité	Ingénieur de l’Unité (MOCA) Direction (DRC)	Responsable de l’Unité (MOCA) Direction (DRC)	Responsable du Pôle (DECI) Direction (DRC)
Visa			



LE LABORATOIRE CENTRAL DE SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DE L'AIR

Le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air est constitué des laboratoires de l'IMT Lille Douai, de l'INERIS et du LNE. Il mène depuis 1991 des études et des recherches 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 sont financés par la Direction Générale de l'Énergie et du Climat (bureau de la qualité de l'air) du Ministère chargé de l'Environnement. 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 ministère 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.

TABLE DES MATIERES

RESUME.....	7
REMERCIEMENTS ET COLLABORATIONS	8
1. INTRODUCTION.....	9
2. PERFORMANCES DES RESULTATS BRUTS POURCHIMERE ET MOCAGE SUR 2016-2017	10
2.1 Ozone - surestimation du maximum journalier.....	10
2.2 PM ₁₀ – sous-estimation de la moyenne journalière	15
3. EVALUATION DE L'ADAPTATION STATISTIQUE	21
3.1 Evaluation sur l'Ozone, rectification du biais positif	21
3.2 Evaluation des PM ₁₀ , rectification du biais négatif.....	24
4. EVOLUTIONS OPEREES EN AVRIL 2017 SUR LA PLATEFORME PREV'AIR.....	29
5. ELABORATION DE CARTOGRAPHIES D'INDICATEURS.....	31
6. CONCLUSIONS.....	32

Ce rapport synthétise l'ensemble des actions menées dans le cadre de la plateforme PREV'AIR (www.prevair.org) pour répondre aux besoins des utilisateurs. Cela concerne les développements visant aussi bien à étendre les capacités du système de prévision qu'à rendre ses performances plus élevées. La première partie du rapport fournit une estimation du comportement général des outils via des indicateurs statistiques classiques permettant de comparer les résultats de modélisation aux observations validées de la base de données nationale GEOD'air alimentée par les AASQA (associations de surveillance de la qualité de l'air) et développée par le LCSQA.

Une attention particulière est portée à l'évaluation des performances de PREV'AIR concernant la détection des épisodes de pollution. 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. Ce rapport traite de l'ozone pour l'été 2016 et des particules pour l'ensemble de l'année 2016 et pour le début de l'hiver 2017 en France métropolitaine.

Pour l'ozone, l'année 2016 a connu un unique épisode de pollution en ozone d'ampleur nationale de courte durée, entre le 24 et le 27 août 2016. Pour les particules, le mois de décembre 2016 a été marqué par un épisode extrême par son intensité et sa durée. Les concentrations ont commencé à augmenter à la fin du mois de novembre. Les conditions météorologiques stagnantes sur l'Île de France, le Nord Est de la France et Auvergne Rhône Alpes expliquent en grande partie l'intensité des concentrations observées. Les concentrations sont restées élevées jusqu'aux environs du 22 décembre 2016, avec des variations spatiales et journalières des zones affectées par des concentrations journalières au-dessus des seuils réglementaires. Cette situation fut suivie au début de l'année 2017 d'un fort épisode hivernal couvrant tout le pays.

L'évaluation de ces épisodes est effectuée dans un premier temps sur les prévisions brutes de PREV'AIR et montre une continuité avec les années passées en relation notamment à la stabilité des versions des modèles. Ensuite, elle est réalisée sur les calculs de l'adaptation statistique qui vise à corriger les biais systématiques du modèle brut par un processus d'apprentissage historique. Ainsi, les gains résident dans la capacité du modèle statistique à corriger la surestimation des concentrations lors des épisodes d'ozone et la sous-estimation des concentrations lors des épisodes de particules.

Dans l'ensemble, le comportement de PREV'AIR est satisfaisant et les prévisions statistiques ont permis la plupart du temps d'anticiper l'occurrence de ces épisodes de pollution et d'identifier les zones touchées. Les performances indiquent une stabilité par rapport aux années précédentes de façon assez généralisée. A noter que cette évaluation porte sur des calculs d'ancienne génération par rapport à ceux en place sur PREV'AIR depuis avril 2017. Plusieurs évolutions du système ont été portées en 2017 pour doter PREV'AIR de nouvelles prévisions sur la France incluant haute résolution et nouveaux modèles d'adaptation statistique.

REMERCIEMENTS ET COLLABORATIONS

PREV'AIR remercie l'ensemble des personnes qui chaque jour nous permettent d'améliorer le système, que ce soient les développeurs des modèles CHIMERE et MOCAGE, les utilisateurs membres des AASQA, membres du LCSQA, et de tous les organismes qui utilisent régulièrement ou occasionnellement les produits PREV'AIR dans leurs travaux.

PREV'AIR remercie Atmo Nouvelle-Aquitaine, Airparif, l'université de Nantes et l'IMT pour les échanges sur les méthodes statistiques de prévision.

PREV'AIR remercie également ECMWF et les services COPERNICUS pour la fourniture de données alimentant le système.

1. INTRODUCTION

Quotidiennement PREV'AIR publie des prévisions des concentrations en polluants atmosphériques (ozone, PM, dioxyde d'azote) issues d'un modèle de Chimie Transport (CHIMERE) pour les 4 jours à suivre (D0, D1, D2 et D3), et l'analyse de la veille (D-1). La récupération des observations en temps quasi réel, et des calculs additionnels dit « d'Adaptation Statistique » viennent améliorer la qualité des sorties brutes de modèle pour établir les produits de référence de PREV'AIR. Ces produits sont utilisés comme meilleure représentation de la distribution spatio-temporelle de la pollution en surface et sont dédiés à la prévision des dépassements des valeurs limites et objectifs de qualité de l'air. Ils servent à l'équipe PREV'AIR pour réaliser ses missions parmi lesquelles l'expertise des niveaux de concentrations des polluants afin d'assister le ministère en charge de l'environnement en cas de survenue d'un épisode de pollution. L'évaluation des performances du système PREV'AIR a pour objectif de répondre à notre souci de transparence sur l'aptitude des modèles à estimer et prévoir la qualité de l'air. Elle est menée chaque année sur les produits fournis en temps réel par le système. Ce rapport traite de l'ozone pour l'été 2016 et des particules pour l'ensemble de l'année 2016 en France métropolitaine. L'évaluation est étendue aux premiers mois d'hiver 2017 avant la bascule vers un système de calcul haute performance de nouvelle génération hébergé par Météo France qui a eu lieu en Avril 2017.

Les données de prévision publiées sur le site PREV'air sont donc celles issues du processus d'adaptation statistique (qui est décrit de manière plus détaillée en annexe du présent document), mais l'évaluation porte non seulement sur ces résultats, mais aussi sur les simulations brutes des modèles de chimie transport CHIMERE et MOCAGE. Ces résultats bruts sont essentiels lors de l'expertise des épisodes de pollution et constituent le socle scientifique du système.

La définition retenue de la performance d'un modèle dans ce rapport est basée sur des comparaisons mesures-modèles. Elle est estimée à partir d'indicateurs classiques de scores statistiques (biais, erreur quadratique moyenne, corrélation par rapport aux mesures aux stations), de cartes de pollution, et de tableaux de contingence. Ces informations sont déclinées au niveau régional et par typologie de station.

Le chapitre 2 est ainsi dédié à l'analyse d'un ensemble d'indicateurs clefs des modèles bruts CHIMERE et également du modèle de qualité de l'air de Météo France MOCAGE. Il est volontairement ciblé sur les difficultés d'un modèle à représenter fidèlement la mesure aux stations - difficultés déjà connues par les développeurs et les modélisateurs en général et qui justifient que dans un cadre opérationnel tel que PREV'air, ce ne sont pas ces résultats qui sont directement publiés. La mise en comparaison de ces indicateurs avec ceux du modèle d'adaptation statique utilisé dans PREV'air est effectuée dans le chapitre 3. Elle permet d'illustrer les performances et gains apportés par la méthodologie d'adaptation statistique.

Le Chapitre 4 introduit les nouvelles configurations en production depuis avril 2017 et les évaluations des prévisions opérées en doublon sur l'ancien centre de production et le nouveau centre pendant quelques mois pour qualifier le gain apporté par la nouvelle configuration.

2. PERFORMANCES DES RESULTATS BRUTS POUR CHIMERE ET MOCAGE SUR 2016-2017

Une revue des scores obtenus par les modèles bruts CHIMERE (Ineris) et MOCAGE (Météo France) sur la France pour la période étudiée est proposée ci-dessous. Elle met en évidence des biais systématiques des modèles régionaux de qualité de l'air qui sont corrigés par les procédures d'adaptation statistique.

2.1 Ozone - surestimation du maximum journalier

Après une année 2015 où les épisodes de pollution à l'ozone furent concentrés sur deux périodes - début juillet et début août - l'année 2016 a connu un unique court épisode de pollution en ozone d'ampleur nationale, entre le 24 et 27 août. Les températures élevées (souvent au-dessus de 30°C) sur une partie du pays, ainsi que les vents faibles, favorisent la formation d'ozone à partir des émissions d'oxydes d'azote et de composés organiques volatils. Les régions touchées par l'épisode sont les Hauts-de-France, l'Île-de-France, le Grand-Est et la région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

L'évaluation est volontairement focalisée sur la période estivale de mai à septembre 2016 et autour de cet épisode. La période hivernale est exclue de l'évaluation car l'accumulation de faibles concentrations en hiver peut fausser les scores relativement à la période d'intérêt lors de laquelle les concentrations sont nettement plus élevées. Le calcul des scores est réalisé avec les données de mesure de la base de données nationale GEOD'AIR, sur un panel de 305 stations de fond disponibles réparties en 56 stations rurales, 94 stations périurbaines et 155 stations urbaines.

Pour l'ozone, l'indicateur réglementaire qui nous intéresse est le seuil d'information et de recommandation de 180 µg/mg³ en moyenne horaire¹. Les scores de la Figure 1 et Figure 2 illustrent les performances de CHIMERE et de MOCAGE en analysant le maximum journalier sur toute la période estivale.

Les principaux résultats relevés sont :

- Un biais positif de l'ordre de 10 µg/m³ pour CHIMERE et 5 µg/m³ de MOCAGE sur le maximum journalier
- Une erreur moyenne quadratique (RMSE) de l'ordre de 18 µg/m³ pour CHIMERE et 20 µg/m³ pour MOCAGE sur le maximum journalier
- Une corrélation de 0.8 sur la période estivale pour CHIMERE et 0.7 pour MOCAGE
- Des scores meilleurs en zone rurale mais très fortement variables d'une région à l'autre

Les représentations cartographiques de ces différents scores (Figure 3 pour CHIMERE et Figure 4 pour MOCAGE) montrent que la surestimation du maximum journalier est globale sur toute la France, mais légèrement plus prononcée sur les régions Provence-Alpes-Côte-D'azur, Nouvelle Aquitaine (pour CHIMERE) et Corse. Sur ces deux zones, la surestimation est plus marquée avec une corrélation temporelle avec les données de mesure plus faible.

¹ Le seuil d'alerte est de 240 µg/mg³ en moyenne horaire, mais n'a pas été atteint durant la période

La Figure 5 représente le cumul journalier du nombre de dépassements observés du seuil d'information et modélisés aux stations pour respectivement CHIMERE et MOCAGE. L'unique épisode d'ozone est surestimé en nombre de dépassements de seuil. D'autres dépassements de seuil sur la période estivale assez rares, localisés et sans persistance importante sont également surestimés. Le graphique montre globalement une surestimation de la part des deux modèles des dépassements en nombre et un décalage d'une journée, parfois deux.

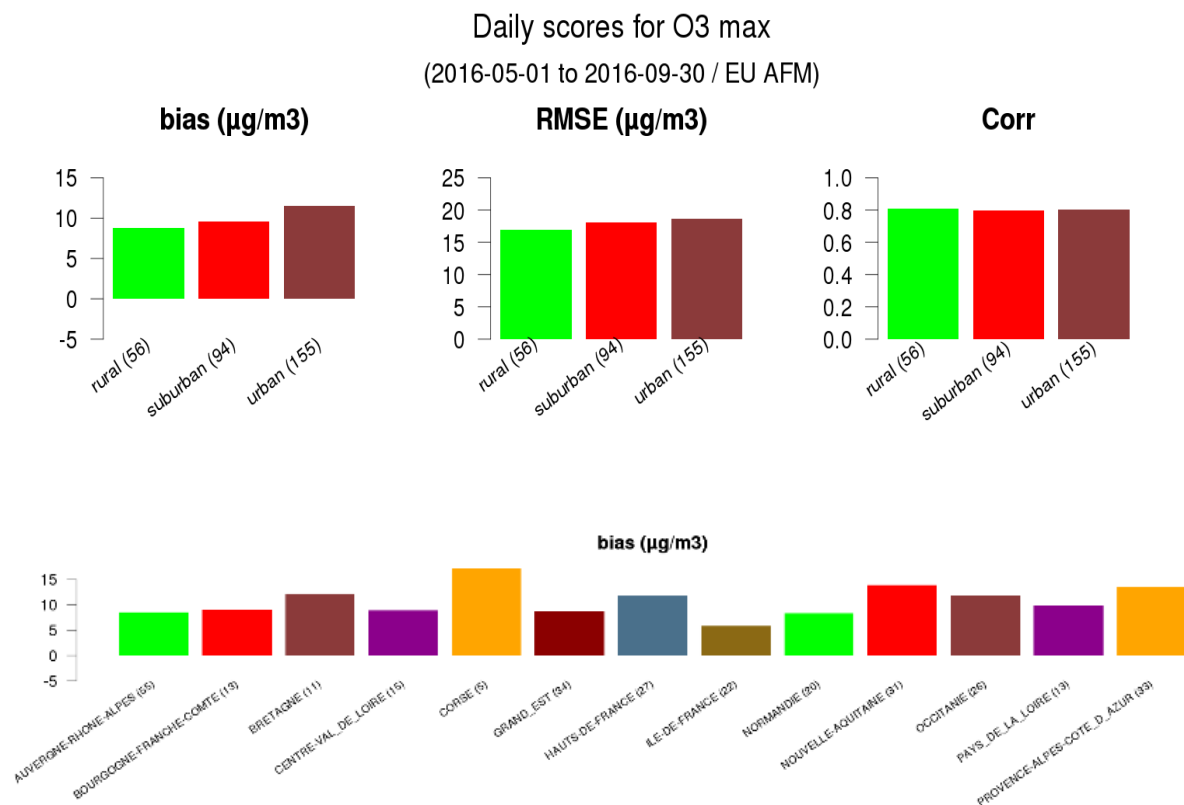


Figure 1 : Ozone - scores (biais, RMSE et corrélation) sur les prévisions CHIMERE de mai 2016 à septembre 2016, par typologie de station et par région

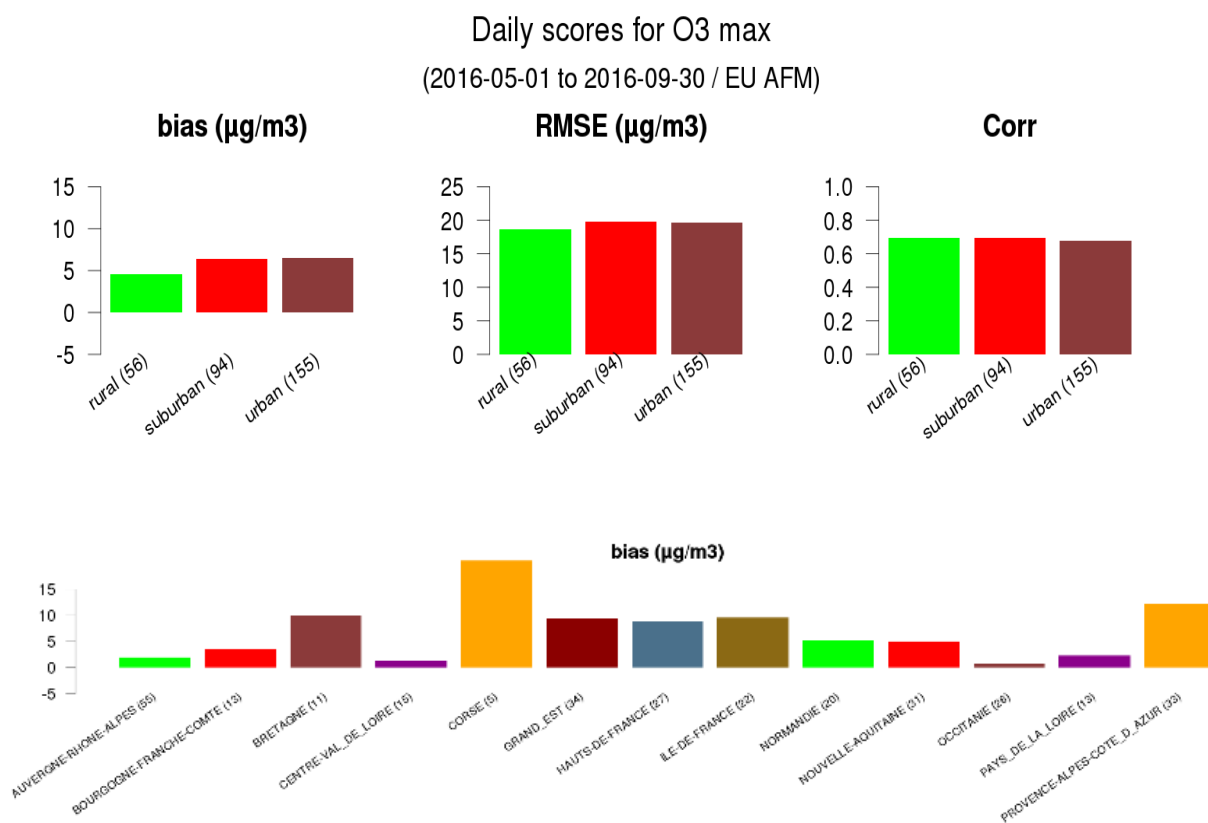


Figure 2 : Ozone - scores (biais, RMSE et corrélation) sur les prévisions MOCAGE de mai 2016 à septembre 2016, par typologie de station et par région

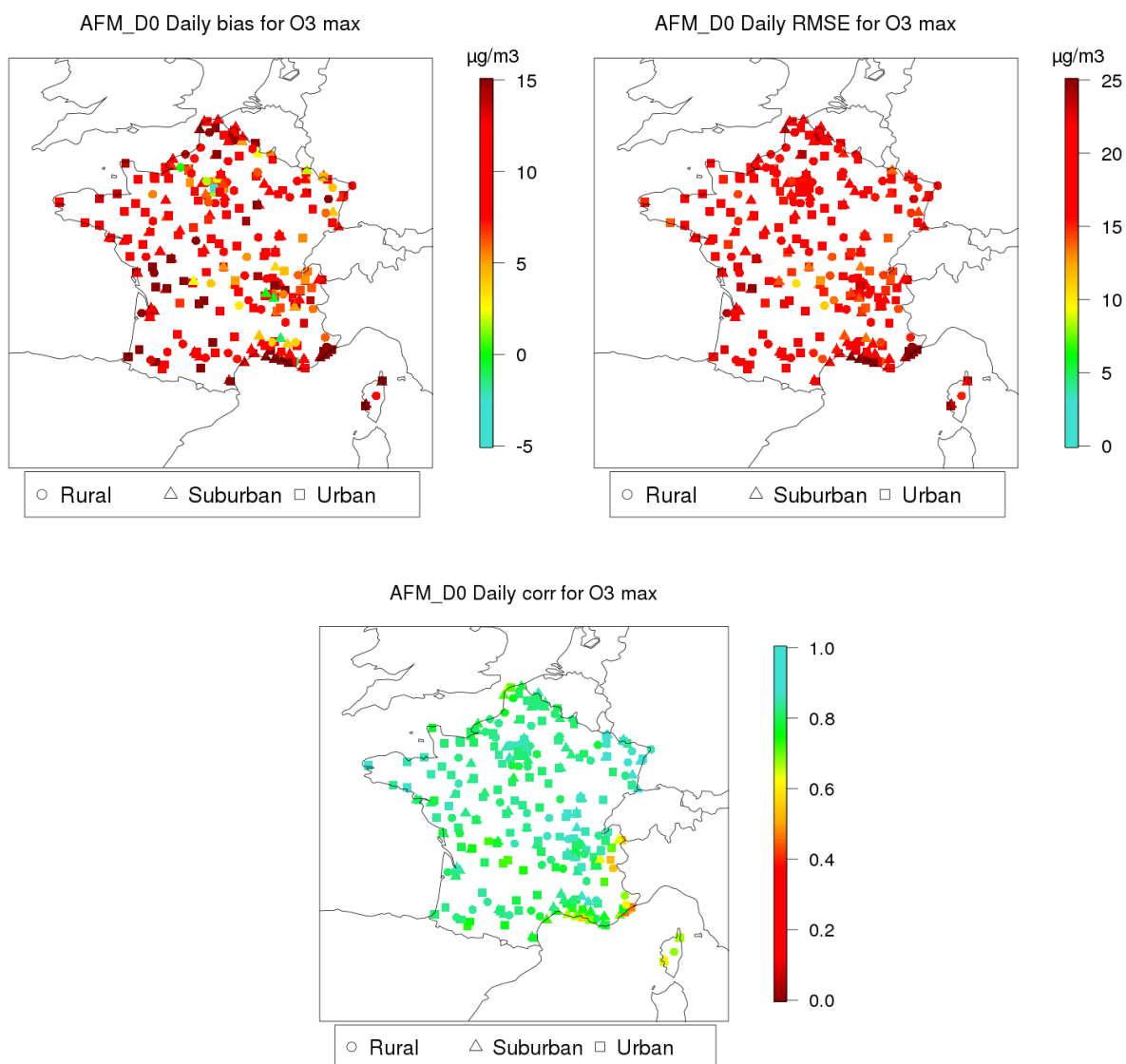


Figure 3 : Ozone - cartographie des scores (biais, RMSE et corrélation) sur les prévisions CHIMERE sur l'échéance D0 sur la période mai à septembre 2016

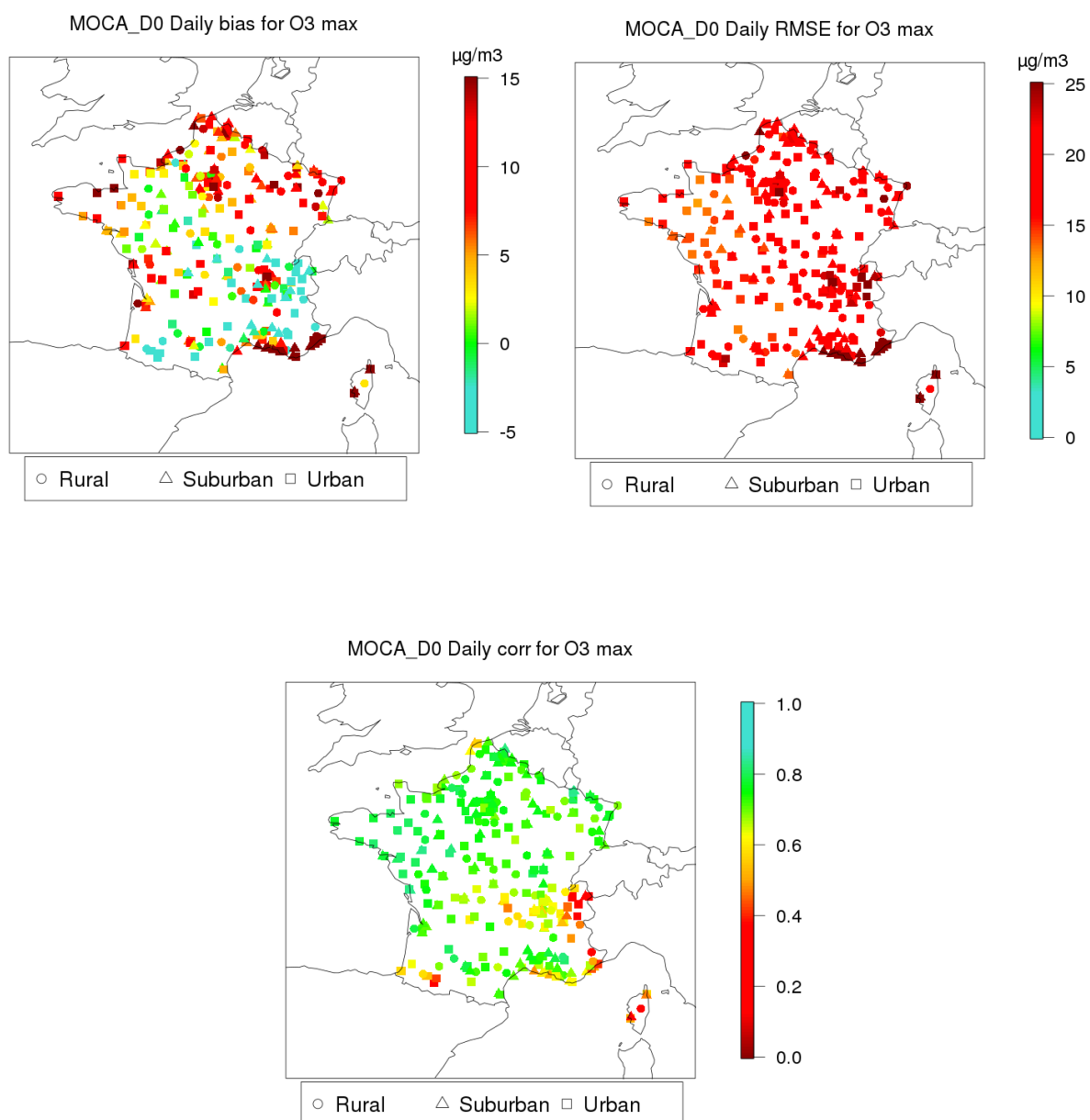


Figure 4 : Ozone - cartographie des scores (biais, RMS et corrélation) sur les prévisions MOCAGE sur l'échéance D0 sur la période mai à septembre 2016

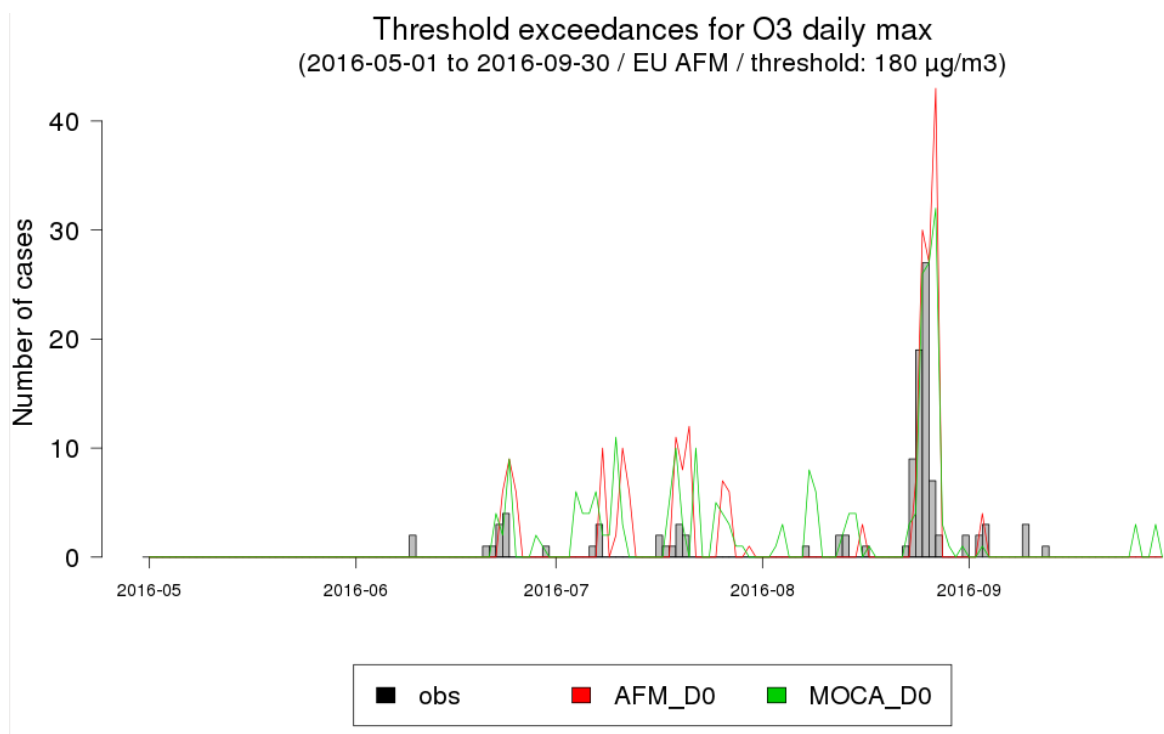


Figure 5 : Ozone - Cumul du nombre de dépassements journaliers du seuil d'information sur l'ozone (180 µg/m³ en maximum journalier) pour CHIMERE (AFM_D0) et MOCAGE (MOCA_D0) sur l'échéance D0

2.2 PM₁₀ - sous-estimation de la moyenne journalière

Sur l'année 2016, le mois de décembre a été marqué par un épisode de pollution particulaire extrême par son intensité et sa durée. Les concentrations ont commencé à croître à la fin du mois de novembre. Les conditions météorologiques stagnantes sur l'Île de France, le Nord Est de la France et Auvergne Rhône Alpes expliquent en grande partie cette évolution, avec des températures basses et une situation anticyclonique stable avec des vents faibles. Cette situation est propice à l'augmentation des émissions locales induites par le chauffage résidentiel et limite les processus de dispersion atmosphérique des polluants primaires et secondaires issus des sources urbaines (chauffage, trafic routier), industrielles ou agricoles.

Les concentrations sont restées élevées jusqu'aux environs du 22 décembre 2016, avec des variations spatiales et journalières des zones affectées par des concentrations journalières au-dessus des seuils réglementaires. Il est suivi sur l'année 2017 d'un fort épisode hivernal impactant tout le pays. L'épisode débute le 18 janvier et s'achève le 31 janvier avec un radoucissement des conditions météorologiques et un flux de Sud-Ouest généralisé sur la France.

L'évaluation des PM₁₀ est réalisée sur la période s'étalant de janvier 2016 à avril 2017. La période est étendue à avril 2017 afin de prendre en compte les dernières simulations avant le passage à la nouvelle génération de calcul PREV'AIR opéré au cours de ce mois d'avril. Elle est effectuée à l'aide de 232 stations de fond, dont 27 stations rurales, 48 stations périurbaines, et 157 urbaines.

L'indicateur réglementaire est ici le seuil d'information de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière. Les scores de la Figure 6 et de la Figure 7 et leurs représentations cartographiques sur la Figure 8 illustrent les performances de CHIMERE et MOCAGE sur l'indicateur de la moyenne journalière:

- Un biais positif en zone parisienne qui traduit une surestimation du niveau de concentration en particules en île de France.
- Un biais globalement négatif ailleurs qui traduit une sous-estimation du niveau concentration en particules, surtout marqué en Auvergne-Rhône-Alpes et Provence-Alpes-Côte-d'Azur.
- Une RMSE de l'ordre de $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les deux modèles.
- Une faible corrélation moyenne de 0.4 sur toute la France pour CHIMERE et 0.6 pour MOCAGE

Les cartes des scores présentent une forte variabilité spatiale des scores et une faible corrélation temporelle. Ces performances rendent l'interprétation d'une carte de pollution provenant du modèle en PM_{10} compliquée.

Cependant la Figure 10 du cumul journalier du nombre de dépassements observés et modélisés aux stations montre que les modèles CHIMERE et MOCAGE sont capables de détecter les épisodes de pollution même si leur nombre ou leur étendue spatiale sont sous-estimés. Les modèles bruts sont notamment mis en défaut avec une importante sous-estimation sur les deux épisodes de grande ampleur de décembre 2016 et surtout janvier 2017.

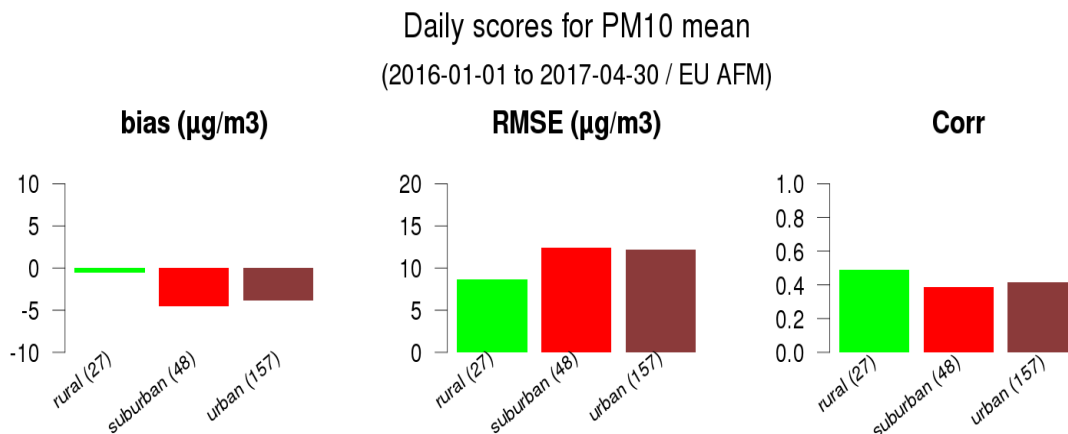


Figure 6 : PM10 - scores (biais, RMS et corrélation) par typologie sur les prévisions CHIMERE de janvier 2016 à avril 2017 sur l'échéance D0

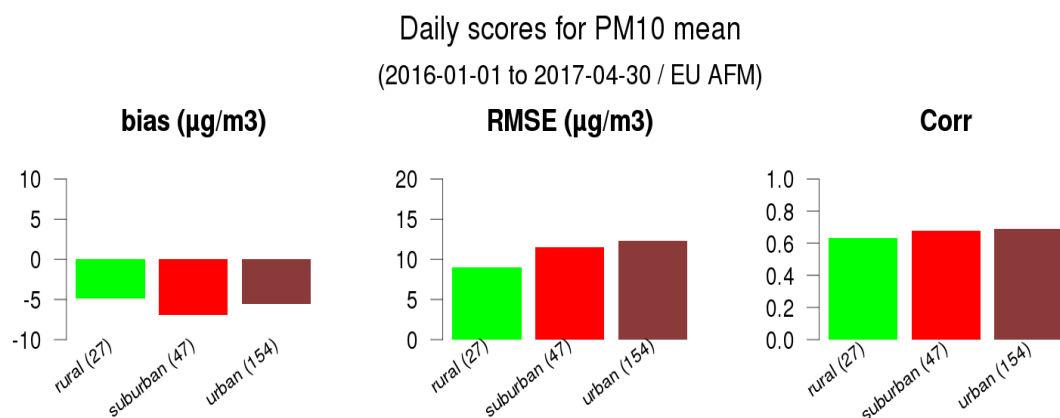


Figure 7 : PM10 - scores (biais, RMS et corrélation) par typologie sur les prévisions MOCAGE de janvier 2016 à avril 2017 sur l'échéance D0

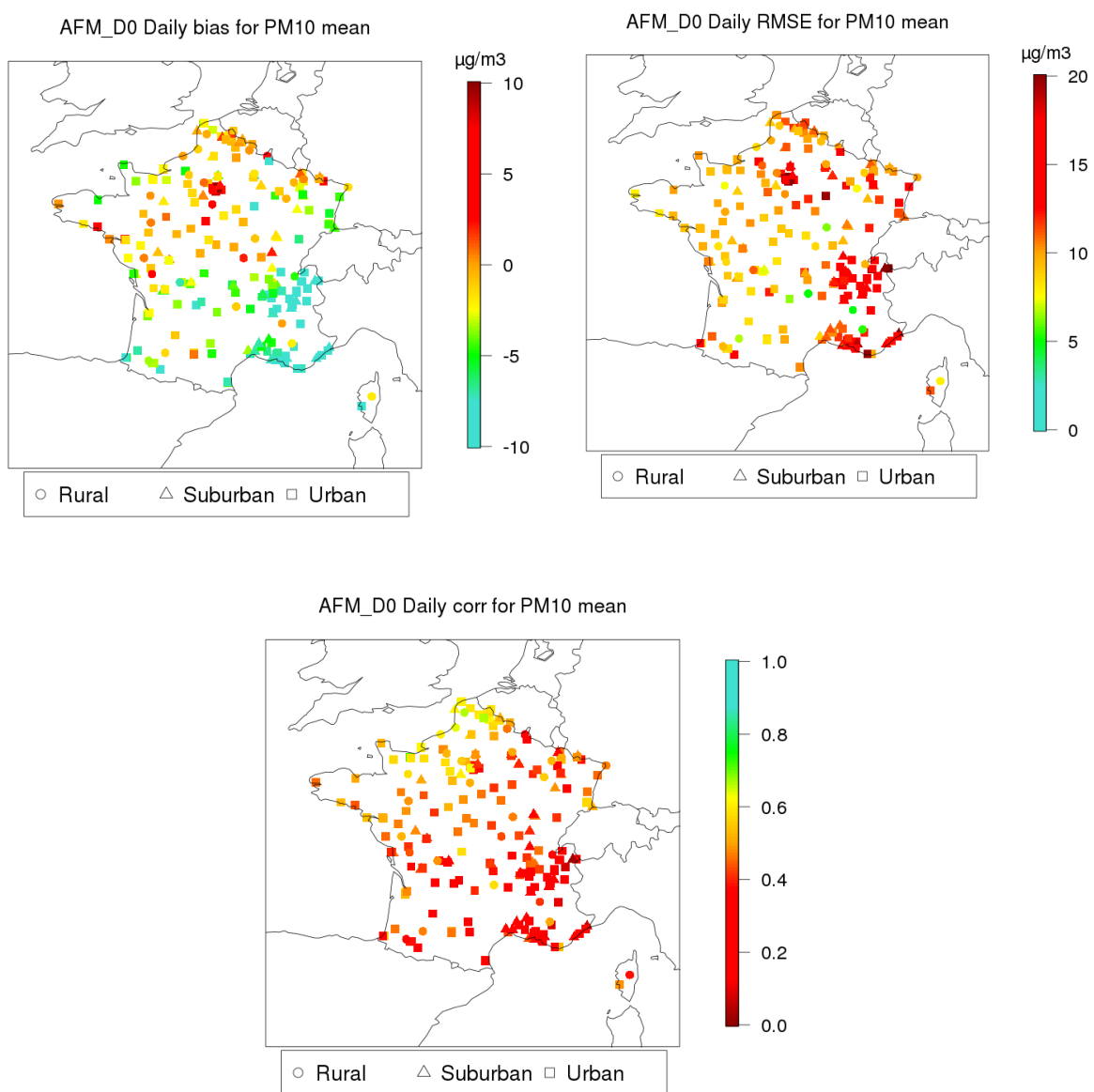


Figure 8 : PM10 - cartographie des scores (biais, RMS et corrélation) sur les prévisions CHIMERE de mai 2016 à avril 2017 sur l'échéance D0

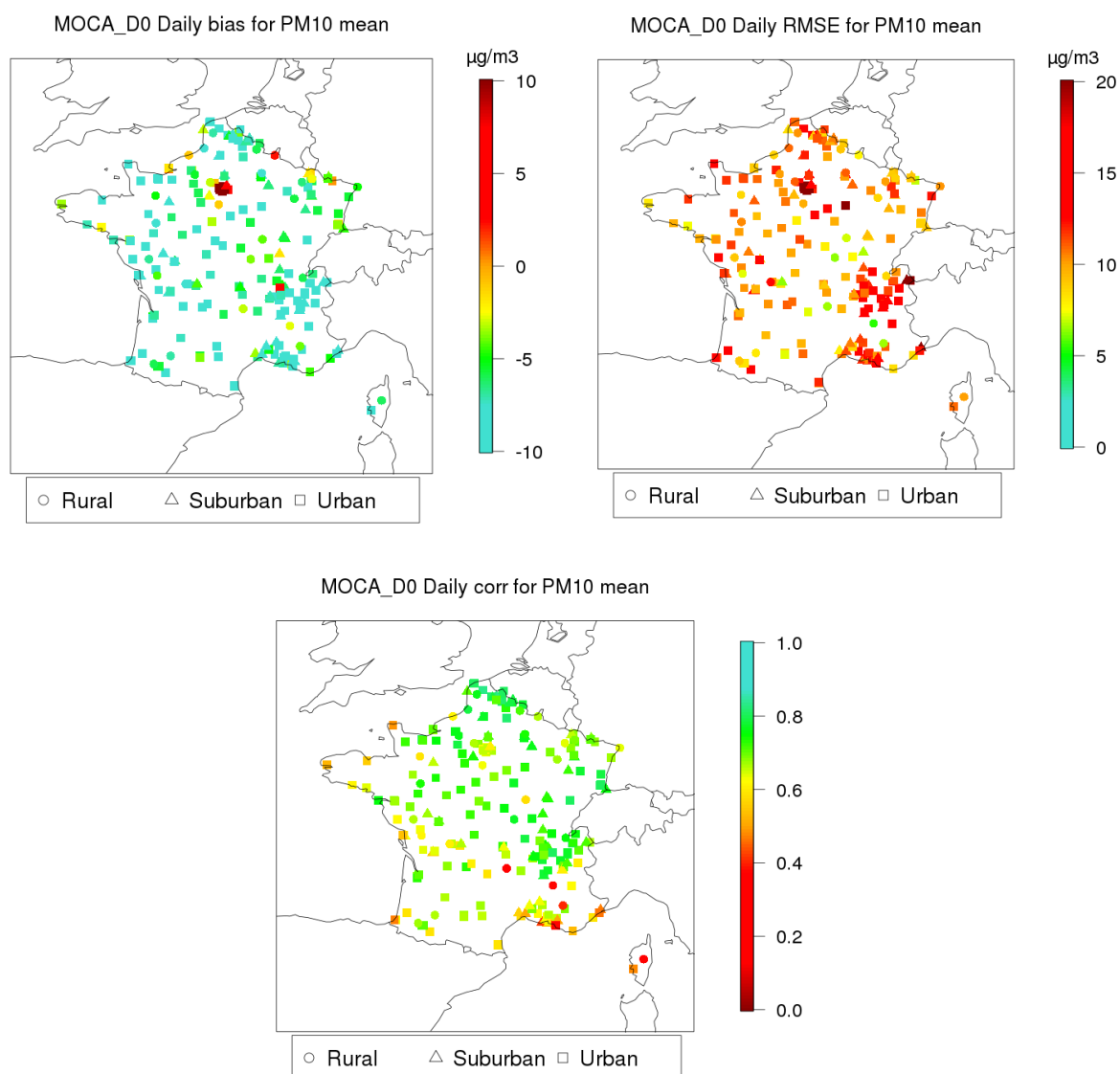


Figure 9 : PM10 - cartographie des scores (biais, RMS et corrélation) sur les prévisions MOCAGE de mai 2016 à avril 2017 sur l'échéance D0

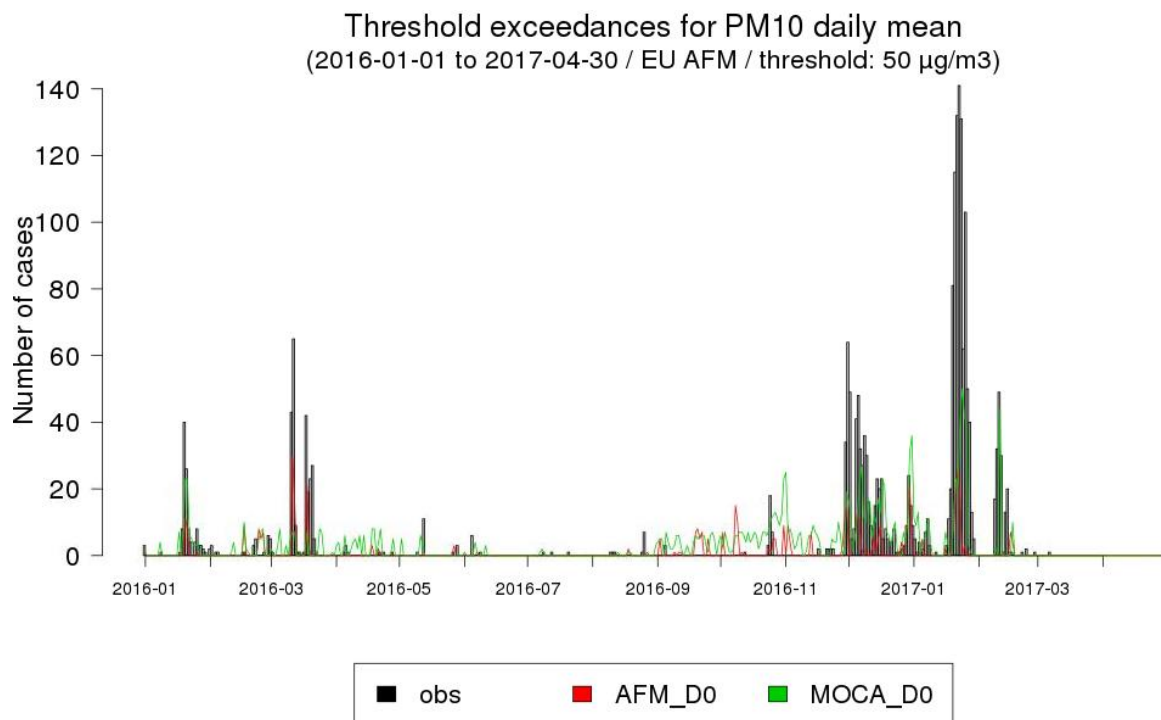


Figure 10 : PM10 - cumul du nombre de dépassements du seuil d'information sur les PM10 (50 µg/m3 en moyenne journalière) mesuré aux stations (noir) et modélisés à l'échéance D0 pour CHIMERE (AFM_D0) et MOCAGE (MOVA_D0)

3. EVALUATION DE L'ADAPTATION STATISTIQUE

Les résultats présentés ci-dessous sont relatifs à l'évaluation de la prévision pour le jour même de l'adaptation statistique (noté ASAFM_D0) en comparaison des modèles bruts CHIMERE (noté AFM_D0) et MOCAGE (noté MOCA_D0). Un calcul pour la prévision pour le jour d'après (ASAFM_D1) et deux jours après (ASAFM_D2) est également effectué et présenté en fin de chapitre.

3.1 Evaluation sur l'Ozone, rectification du biais positif

En reprenant des graphiques similaires à ceux présentés dans le chapitre 2.1, nous cherchons à comparer les performances de l'adaptation statistique (noté ASAFM_D0) par rapport à celles de CHIMERE brut (AFM_D0) pour le jour même de prévision, échéance D+0. Le graphique Figure 11 montre ainsi que l'adaptation permet de diminuer d'au moins 50 % le biais ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sur le maximum journalier, tout en améliorant aussi l'écart quadratique moyen de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et en conservant une bonne corrélation. Une déclinaison de ces scores par région Figure 12 montrent que la correction est effective pour toutes les régions. Les scores de l'adaptation statistique sont considérés très bons par rapport à l'état de l'art pour une prévision du maximum journalier de l'ozone et démontrent la capacité de l'adaptation statistique à rectifier une surestimation du modèle brut.

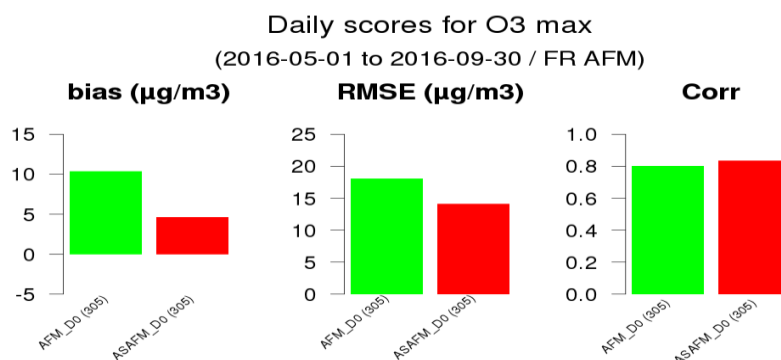


Figure 11 : Ozone - scores (biais, RMSE et corrélation) sur les prévisions CHIMERE (AFM_D0) vs Adaptation Statistique (ASAFM_D0)

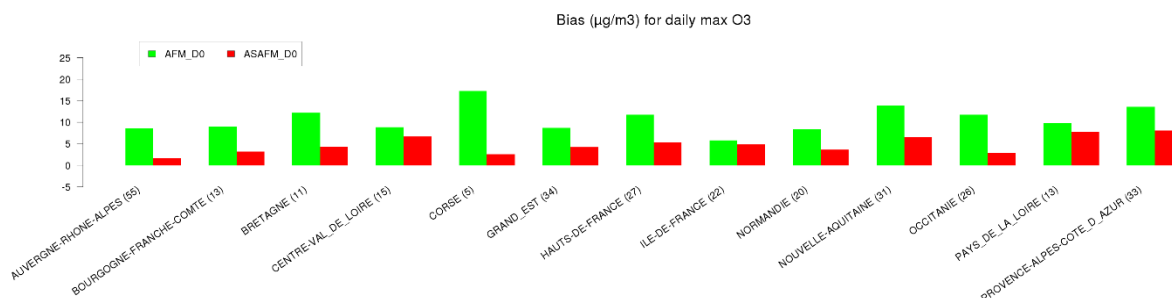


Figure 12 : Ozone - scores (biais) sur les prévisions CHIMERE (AFM_D0 en vert) vs Adaptation Statistique D+0 (ASAFM_D0 en rouge) pour les 13 régions métropolitaines pour toute typologie de station et l'échéance D0

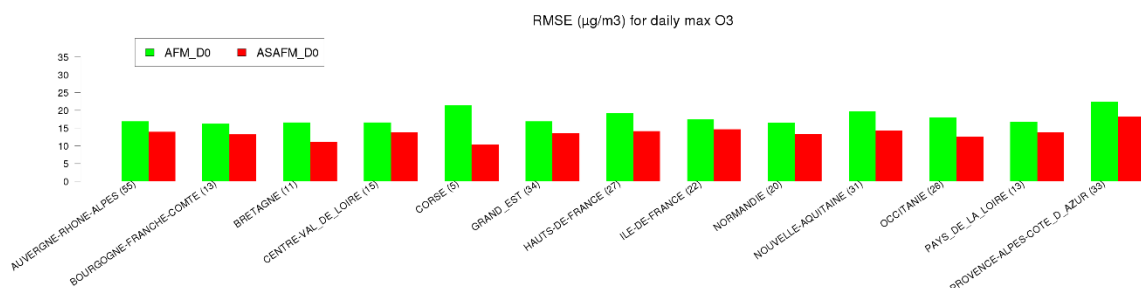


Figure 13 : Ozone - scores (RMSE) sur les prévisions CHIMERE (AFM_D0 en vert) vs Adaptation Statistique D+0 (ASAFM_D0 en rouge) pour les 13 régions métropolitaines pour toute typologie de station et l'échéance D0

La Figure 14 sur le nombre de dépassements du seuil d'information illustre dans le temps l'effet de « débiaisage ». Sur les épisodes de faible intensité, l'adaptation statistique garde sa tendance à la surestimation du le nombre de dépassements du seuil d'information et de recommandation. En revanche sur l'épisode de forte intensité (fin août), le nombre de dépassements est raisonnablement abaissé en sortie d'épisode qui est une phase complexe à prévoir. Ainsi, comme l'illustre le tableau de contingence (Figure 15) ciblé sur les régions les Hauts-de-France, l'Île-de-France, le Grand-Est et la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, l'adaptation statistique a permis de limiter les fausses détections de dépassement du seuil d'information sans trop altérer les bonnes détections, ni les non détectés.

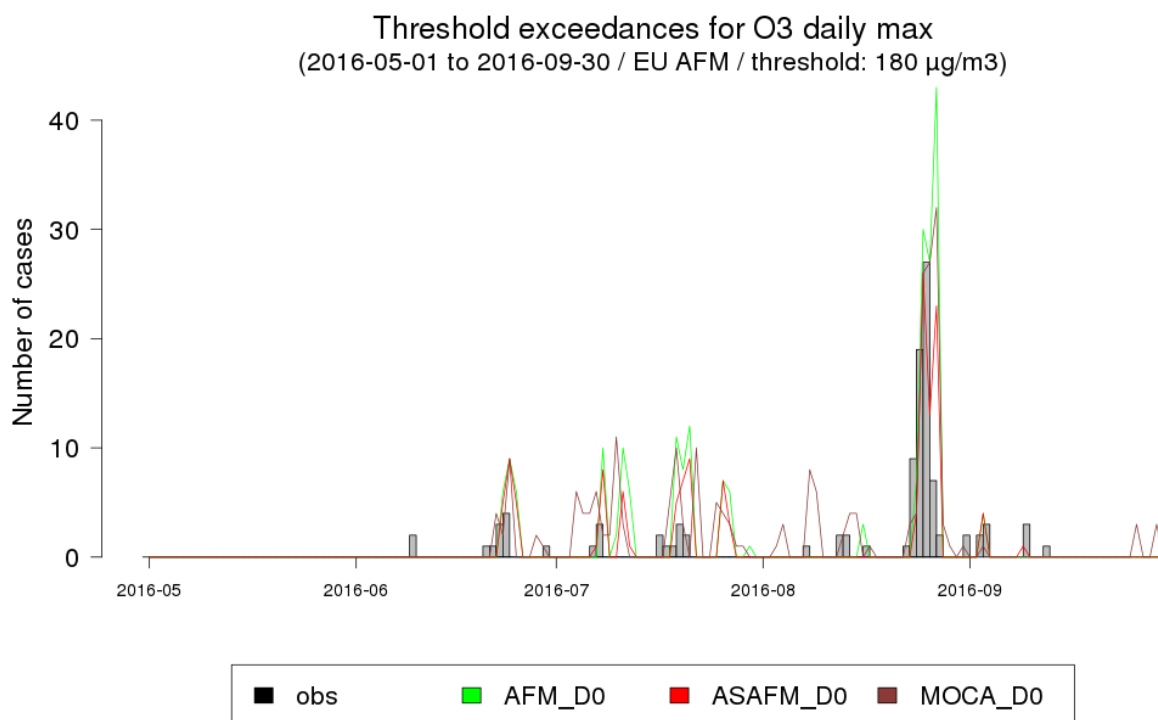


Figure 14 : Ozone - Cumul du nombre de dépassements journaliers du seuil d'information sur l'ozone (180 µg/m3 en maximum journalier) pour CHIMERE brut (AFM_D0), MOCAGE brut (MOCA_D0) et l'adaptation statique (ASAFM_D0) pour l'échéance D0

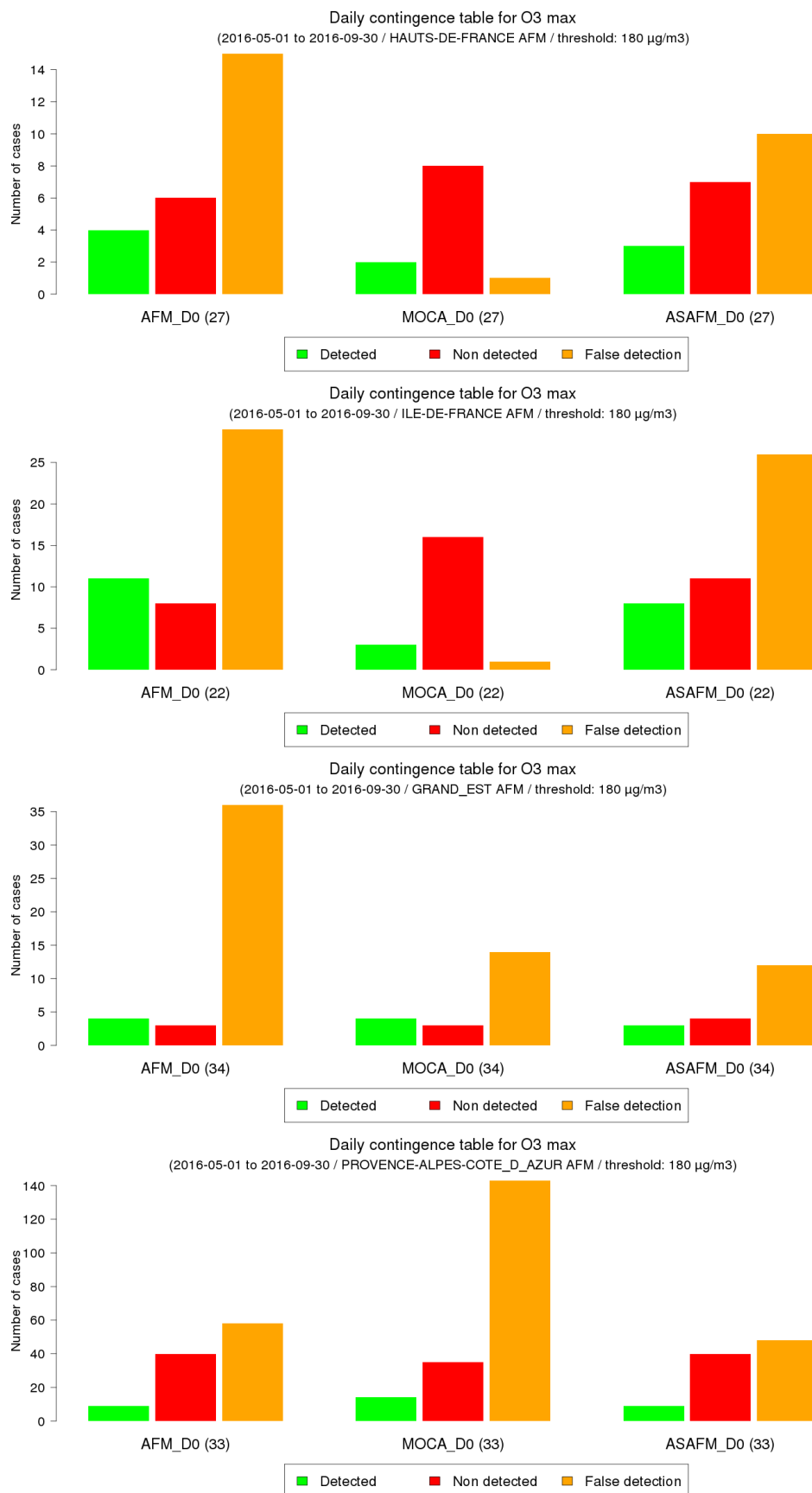


Figure 15 : Ozone – Table de contingence (en nombre de dépassement) des prévisions du dépassement du seuil d'information et recommandation pour les 4 régions en dépassement : les Hauts-de-France, l'Île-de-France, le Grand-Est et la région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

La même étude comparative est faite pour les différentes échéances D+0, D+1 et D+2 de l'adaptation statistique. La Figure 16 montre que les biais pour les échéances D+1 et D+2 restent bons mais se dégradent, logiquement, au fur et à mesure que l'échéance de prévision avance dans le temps. Si la prévision à D+1 reste très correcte, celle à D+2, même adaptée statistiquement présente des incertitudes plus importantes. .

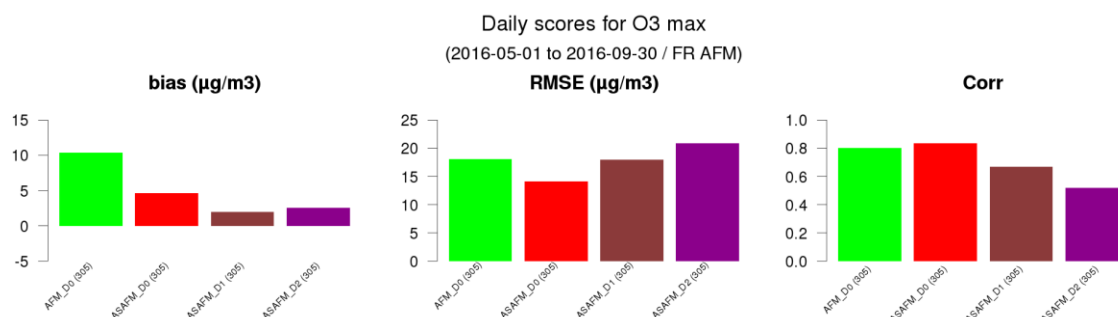


Figure 16 : Ozone - scores (biais, RMS et corrélation) sur les prévisions CHIMERE vs Adaptation Statistique D+0, D+1 et D+2

3.2 Evaluation des PM₁₀, rectification du biais négatif

Alors que les modèles bruts sous-estiment globalement les épisodes de PM₁₀, les résultats de l'adaptation statistique (Figure 17) montrent une nette amélioration des prévisions de concentration en PM₁₀ avec un biais global légèrement positif, une RMSE plus faible et une corrélation nettement meilleure que les prévisions brutes. . La Figure 18 en comparaison aux Figure 8 Figure 9 montrent que cet effet est bénéfique sur toute la France. La surestimation du modèle brut en PM₁₀ en Ile de France est compensée par l'adaptation statique. La sous-estimation du modèle brut en Auvergne Rhône Alpes et en Provence Alpes Côte d'Azur est également compensée (Figure 19). Les scores déclinés sur les régions Ile de France, Auvergne-Rhône-Alpes et Provence-Alpes-Côte-d'Azur (Figure 19) pour l'adaptation statistique illustrent la stabilité du processus d'une région à l'autre. Le relevé du nombre de dépassement comptabilisé dans le tableau de contingence (Figure 20) montre que l'adaptation statistique permet d'augmenter le nombre de détections du seuil de dépassement du seuil d'information, tout en diminuant le nombre de non-détections et cela sans ajouter de fausse détection.

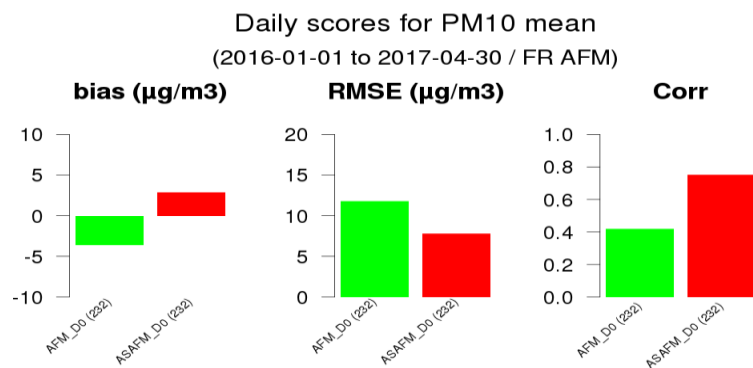


Figure 17 : PM₁₀ - scores (biais, RMSE et corrélation) sur les prévisions CHIMERE (AFM_D0) vs Adaptation Statistique (ASAFM_D0)

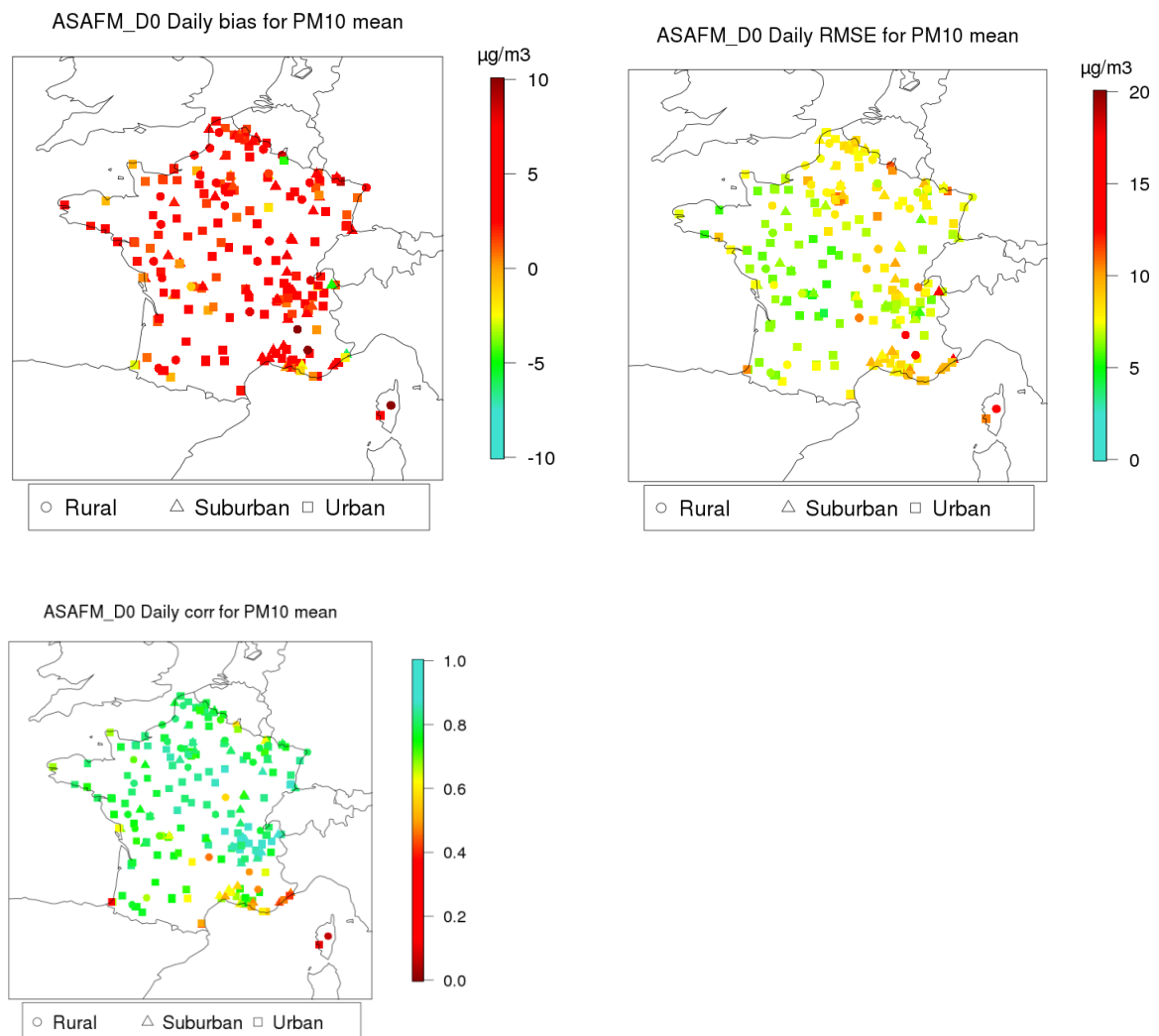


Figure 18 : PM₁₀ - cartographie des scores biais, RMSE et corrélation de l'Adaptation statistique de janvier 2016 à avril 2017

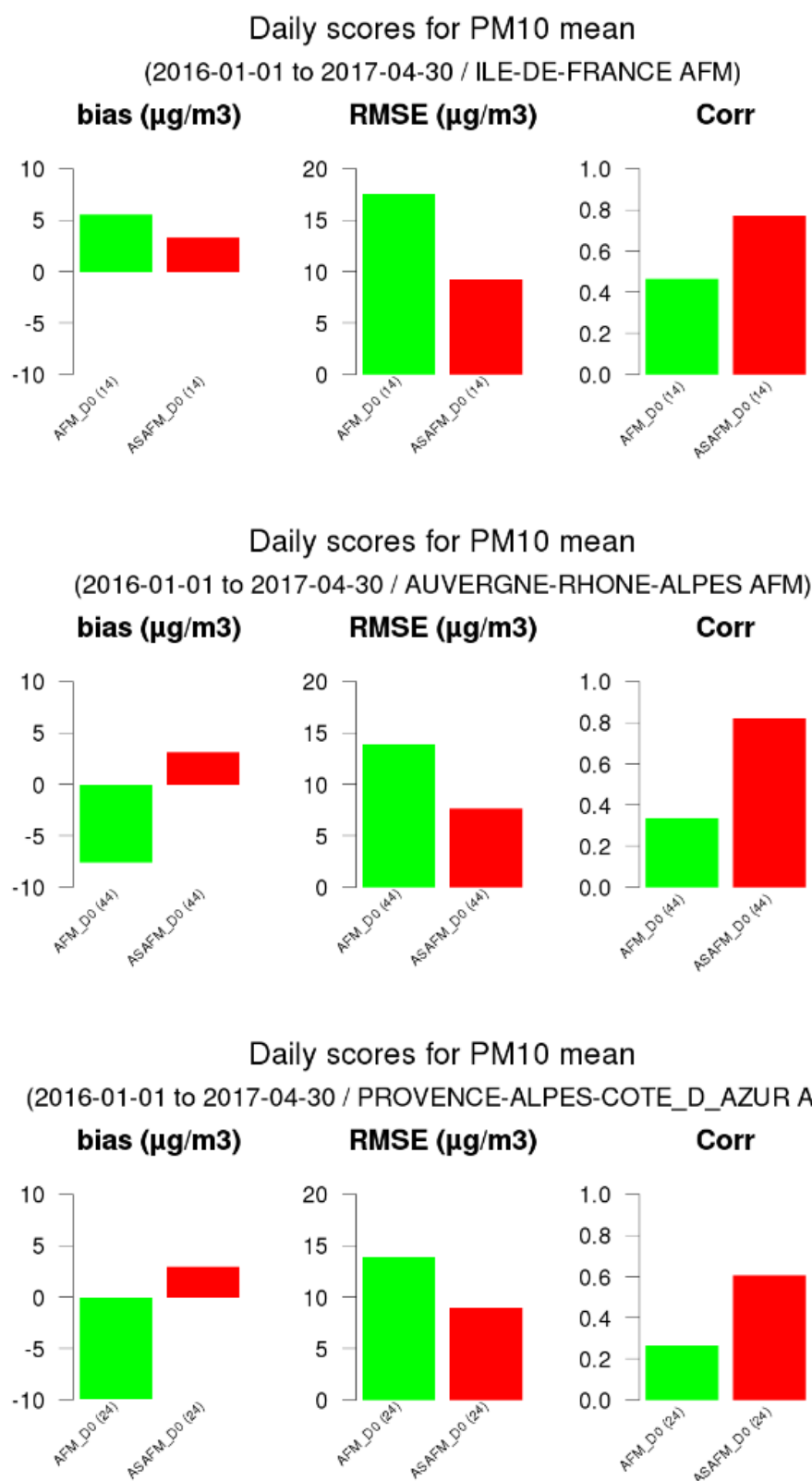


Figure 19 : PM₁₀ - scores (biais, RMSE et corrélation) sur les prévisions CHIMERE (AFM_D0) vs Adaptation Statistique (ASAFM_D0) sur les régions Ile de France, Auvergne-Rhône-Alpes et Provence Alpes Côte d'azur.

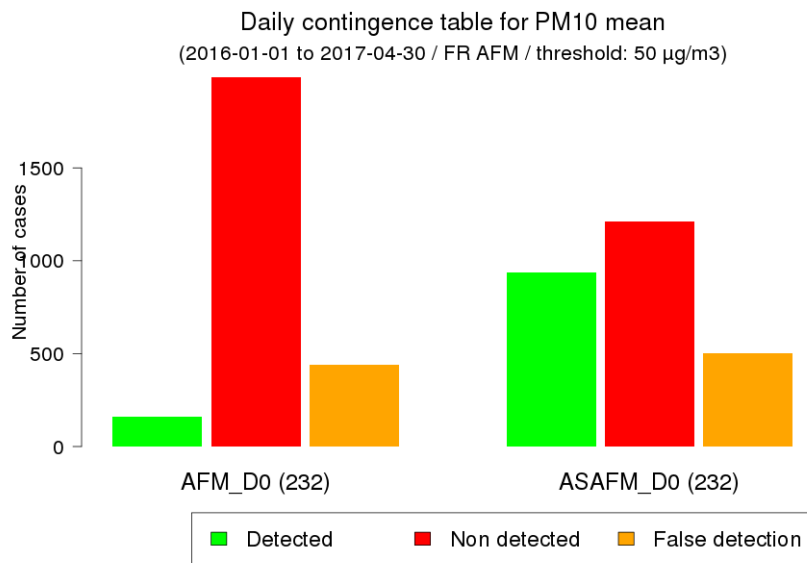


Figure 20 : PM₁₀ - Table de contingence (en nombre de dépassement) des prévisions du dépassement du seuil d'information et recommandation pour CHIMERE (AFM_D0) et l'adaptation statique (ASAFM_D0).

La Figure 21 compare le nombre de dépassements du seuil de 50 µg/m³ en PM₁₀ observés et simulés par le modèle brut et l'adaptation statique. L'adaptation statique (courbe ASAFM_D0) pour J0 (jour courant) représente globalement mieux le nombre de dépassements mesurés par les stations. Cela est nettement marqué sur les deux principaux épisodes de décembre 2016 et fin janvier 2017. Le nombre de dépassements vus en entrée et en sortie d'épisode se rapproche à ce qui est reporté par les stations.

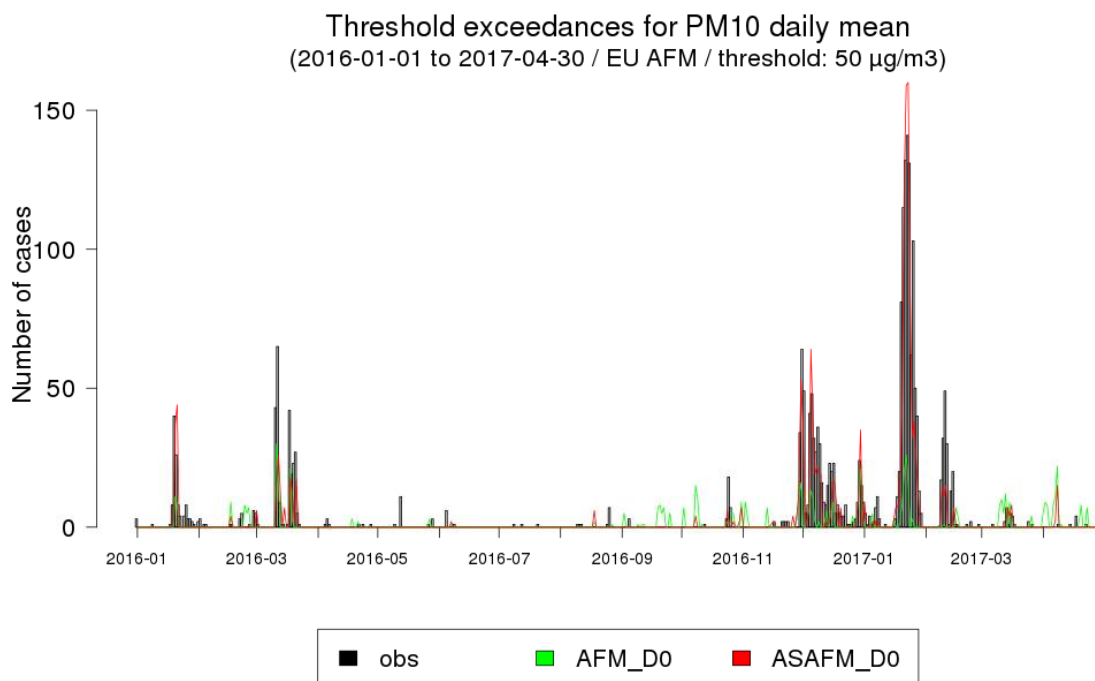


Figure 21 : PM₁₀ - Cumul des dépassements du seuil d'information sur les PM10 (50 µg/m³ en moyenne journalière) pour le modèle CHIMERE (AFM_D0) et l'Adaptation statique (ASAFM_D0)

De même que pour l'ozone, la stabilité des scores dans le temps est étudiée pour les échéances D+1 et D+2 de l'adaptation statistique. La Figure 22 montre que l'adaptation statistique conserve son effet de « débiaisage » mais avec une RMSE qui augmente légèrement et une corrélation qui décroît.

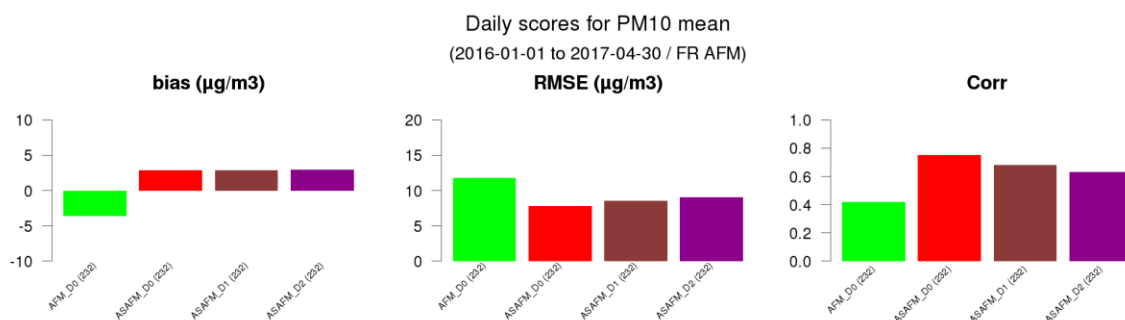


Figure 22 : PM₁₀ - scores (biais, RMS et corrélation) sur les prévisions CHIMERE (AFM_D0) vs Adaptation Statistique (ASAFM_D0, ASAFM_D1, ASAFM_D2)

4. EVOLUTIONS OPERÉES EN AVRIL 2017 SUR LA PLATEFORME PREV'AIR

La migration de la plateforme PREV'AIR (à l'exception de la partie web et FTP) a été l'occasion de réviser les versions de PREV'AIR utilisées pour homogénéiser l'ensemble des productions avec CHIMERE 2016, forcées par les conditions météorologiques d'ECMWF (IFS), les émissions fournies par COPERNICUS et adaptées pour le domaine France à l'aide de l'INS et les conditions aux limites globales par COPERNICUS également.

Les résolutions horizontales ont été accrues sur l'Europe à 0,1° et sur la France à environ 4 km. Les post-traitements « adaptation statistique » et « analyse » ont aussi fait l'objet d'une refonte pour établir sur la France des cartographies à environ 2 km de résolution.

L'ensemble de cette nouvelle structure sera plus longuement discuté dans le prochain rapport. Nous proposons ici de présenter les premières étapes d'évaluation réalisées pour qualifier ces nouvelles chaînes de production.

Les productions des 2 plateformes (ancienne et nouvelle) se sont chevauchées pendant plusieurs mois, de février à avril 2017 pour la prévision Europe, ce qui a permis la comparaison de résultats présentée ci-dessous.

Pour l'ozone, l'évaluation révèle un point de vigilance car la nouvelle chaîne semble présenter des performances légèrement en deçà de l'ancienne (Figure 23).

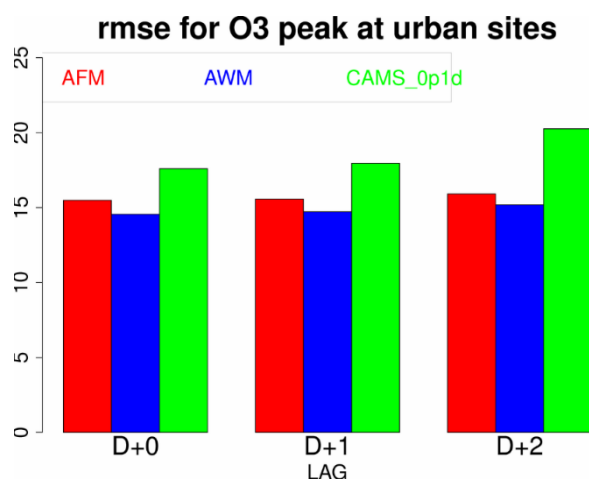


Figure 23 : RMSE calculées entre février et avril 2017 pour les prévisions O3 (en maximum journalier sur les stations urbaines) France (AFM) et Europe (AWM) de l'ancienne plateforme PREV'AIR et les prévisions Europe (CAMS_0p1d) de la nouvelle plateforme.

En revanche en complétant cette évaluation avec l'évaluation de l'ensemble des chaînes de calcul implantées sur la nouvelle plateforme, les valeurs obtenues durant **l'été 2017** montrent une stabilité par rapport aux performances décrites dans ce rapport pour l'été 2016 (Figure 24). Il est donc difficile de tirer une conclusion définitive sur la prévision des niveaux d'ozone qui semble au final relativement peu impactée par le changement de plate-forme de calcul et de résolution.

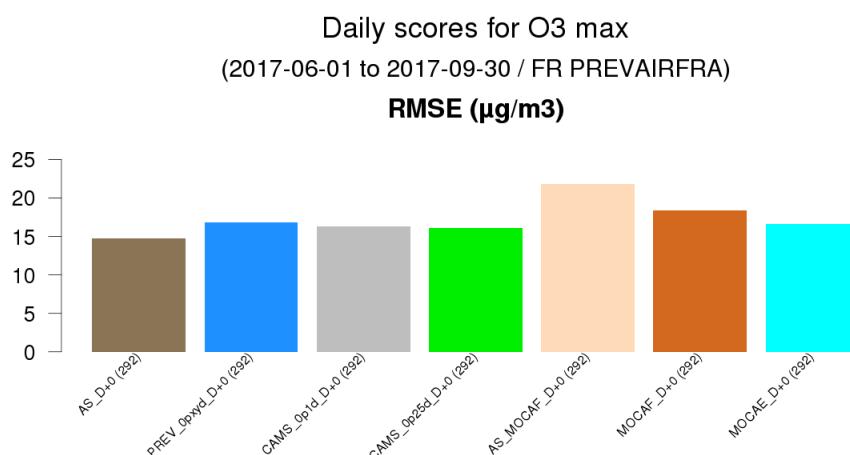


Figure 24 : RMSE calculées de juin à septembre 2017 pour les prévisions O₃ (en maximum journalier sur les stations urbaines) par les différentes chaînes de calcul PREv'air implantées que le nouveau supercalculateur. Les simulations notées avec un préfixe « MOCA » se réfèrent à MOCAGE et les autres à CHIMERE.

Les scores pour les PM₁₀ pour la moyenne journalière sur la période de chevauchement ont montré une nette amélioration de plusieurs $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur la RMSE (Figure 25) qui a été confirmée par des évaluations complémentaires sur l'année 2017 (entre avril-décembre, non présenté).

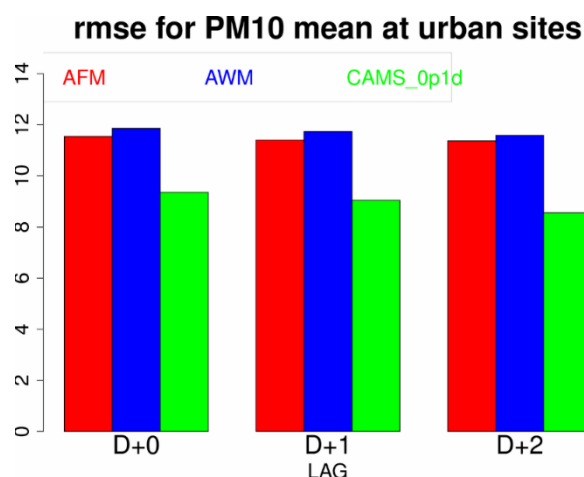


Figure 25 : RMSE calculées entre février et avril 2017 pour les prévisions PM₁₀ (en moyenne journalière sur les stations urbaines) France (AFM) et Europe (AWM) de l'ancienne plateforme PREv'AIR et les prévisions Europe (CAMS_0p1d) de la nouvelle plateforme.

Ces évaluations ont conforté le choix de la mise en production opérationnelle des prévisions avec ces nouvelles configurations.

5. ELABORATION DE CARTOGRAPHIES D'INDICATEURS

Dans le cadre du bilan qualité de l'air édité chaque année par le ministère en charge de l'environnement, les sorties de PREV'AIR avec la base de données d'observations validées servent à produire des réanalyses qui sont utilisées pour établir des cartographies d'indicateurs annuels dont les résultats permettent d'évaluer quantitativement l'exposition des populations et des écosystèmes.

A ce jour les indicateurs calculés concernent les dépassements de tous les seuils réglementaires (information et alerte) pour l'ozone ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $360 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et les PM_{10} ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$), les valeurs cibles et objectifs qualité pour l'ozone ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 8h, AOT40) et les valeurs limites et objectifs de qualité pour les PM_{10} .

Ces informations peuvent faire l'objet d'un croisement avec les bases de données de population ou d'occupation du sol pour évaluer le nombre d'habitants exposés à des valeurs excédant les normes ou la surface de végétation touchée par un dépassement.

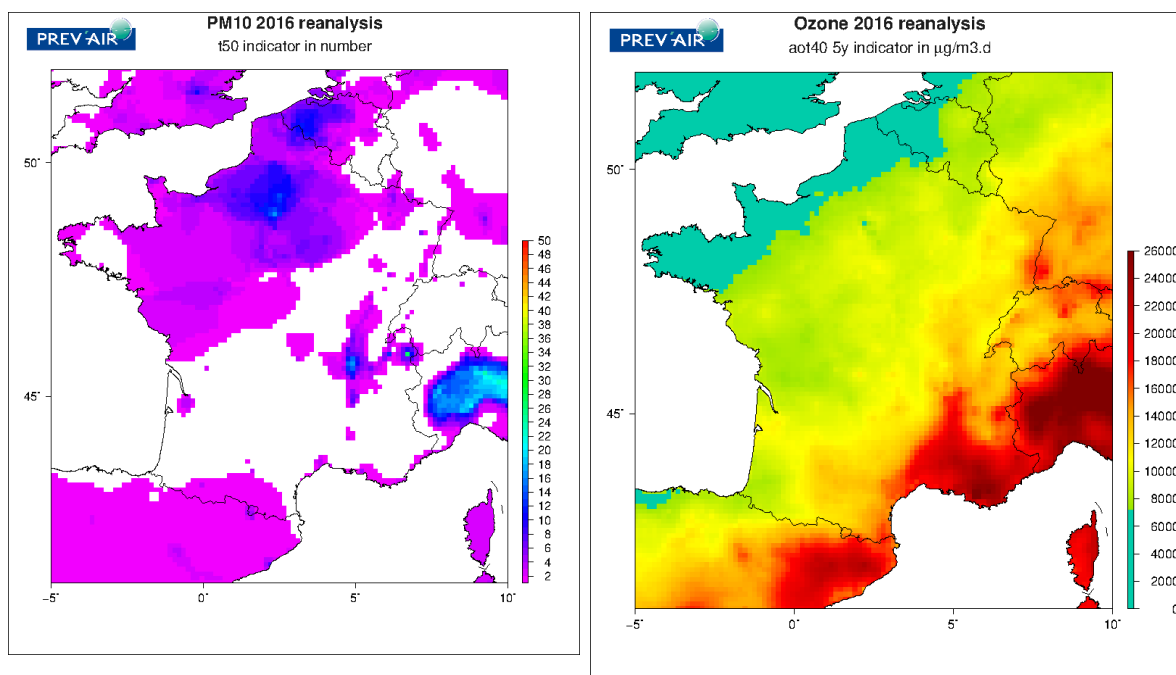


Figure 26 : Exemples d'indicateurs produit avec les réanalyses* PREV'AIR 2016 (nombre de jours de dépassement du seuil de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM_{10} à gauche et indicateur ozone AOT40 en moyenne sur 5 ans). * analyses produites en croisant les données d'observation validées et les simulations CHIMERE.

6. CONCLUSIONS

Le premier constat de ce rapport concernant l'évaluation des performances des chaînes de prévision du système PREV'AIR est que l'adaptation statistique améliore les performances par rapport à celles des modèles bruts pour l'ozone et les PM₁₀. Ces résultats déjà observés par le passé à la fois en évaluation annuelle et en situation d'épisodes sont confirmés ici à travers les multiples évaluations réalisées par typologie de station et sur les nouvelles régions françaises métropolitaines. Pour l'ozone, l'adaptation statistique a permis de corriger la surestimation de l'ozone de l'été 2016 sur toutes les régions, améliorant ainsi les performances sur les dépassements du seuil d'information lors des événements pollués locaux mais également sur les dépassements d'ampleurs nationaux. Pour les particules PM₁₀, les performances de l'adaptation statistique sont également nettement meilleures que les prévisions brutes et démontrent la capacité du processus statistique à corriger la surestimation du modèle brut sur la région Ile de France, et la sous-estimation du modèle dans les autres régions. Ces performances sont très satisfaisantes en regard de l'état de l'art scientifique et des autres modèles européens de prévision de la qualité de l'air mis en œuvre opérationnellement et évalués quotidiennement dans le cadre des services Copernicus Atmosphere. A noter que les deux modèles impliqués dans PREV'air, CHIMERE et MOCAGE sont également des membres des prévisions Copernicus (ce qui permet la comparaison avec les autres modèles).

A partir d'avril 2017, de nouvelles configurations ont été mises en place lors du portage de la plateforme sur le centre de calcul de Météo-France motivée par le besoin de ressources de calcul renforcées et d'une supervision 24/7. La dernière version de CHIMERE (2016) a été installée et un accroissement de résolution a été opéré pour produire des prévisions brutes sur la France à environ 4 km de résolution et des analyses et adaptation statistique à 2 km de résolution. Des premières évaluations présentées dans ce rapport ont été réalisées pour s'assurer que ces transformations ne nuisaient pas à la qualité des prévisions PREV'AIR.

Ce déploiement a également intégré le résultat des efforts portés sur le développement de l'adaptation statistique nouvelle génération. Cela comprend la mise à disposition d'une période d'apprentissage la plus conséquente possible pour les sorties brutes, l'adaptation des calculs à une nouvelle grille, à de nouvelles espèces (NO₂ et PM_{2.5}). La méthodologie a également été enrichie avec l'utilisation d'autres méthodes d'apprentissage, notamment le modèle GAM (Generalized Additive Model) qui lève en partie la contrainte de linéarité entre la variable à prédire et les variables explicatives, l'intégration d'autres variables explicatives tel que l'observation des polluants en moyenne nocturne (entre 0h et 6h par exemple), en plus de l'observation de la veille, pour améliorer la prévision du jour courant et enfin l'optimisation des ressources de calcul et limitation du nombre de fichiers d'entrée/sortie.

ANNEXE : ADAPTATION STATISTIQUE DANS PREV'AIR

L'adaptation statistique est un post-traitement qui permet de corriger les erreurs de prédiction d'un modèle déterministe en prenant en compte les mesures de terrain. Elle consiste à prédire une concentration aux stations de mesure à partir des observations, des variables météorologiques et des prévisions déterministes, et de spatialiser ces informations. Ce croisement de l'information spatiale contenue dans un champ de concentration surfacique CHIMERE avec des données statistiques issues de la mesure permet de tirer le meilleur de la modélisation et de la mesure. L'objectif final étant pour l'opérateur en qualité de l'air de produire des cartes de pollution les plus fiables et les plus abouties afin de répondre aux critères des arrêtés ministériels.

L'adaptation statistique est une méthodologie en deux étapes. La première étape de l'adaptation statistique utilise les connaissances des épisodes passés de pollution (mesure et modèle) et des champs de météorologie afin d'établir une estimation statistique aux N stations du niveau de pollution à l'échéance D0. Elle est étendue par la suite à l'échéance D1, puis D2. Afin de limiter le nombre de calcul, seuls les indicateurs du maximum journalier et de la moyenne journalière sont considérés. Dans la version déployée jusqu'à avril 2017, la méthodologie utilise la régression multilinéaire afin d'estimer une concentration à l'aide de facteurs appelés « variables explicatives ». Les variables explicatives identifiées lors du projet CITEAIR2 et à travers des travaux menés avec d'autres partenaires (AIRAQ, Univ. Nantes, IMT) sont :

- la température modélisée à 2m en Kelvin
- la hauteur modélisée de la couche limite en m
- l'humidité relative modélisée
- la vitesse de vent horizontal en m/s modélisée
- les concentrations modélisées et observées de la veille des différents polluants (O_3 , NO_2 , PM_{10} , $PM_{2.5}$)
- la concentration moyenne de la veille mesurée à la station
- la moyenne des concentrations mesurées sur les six premières heures de la journée
- le jour de la semaine (lundi à dimanche)

Dans la deuxième étape, à partir de ces N estimations aux stations, une spatialisation est opérée par krigeage avec le modèle CHIMERE. La grille d'entrée de krigeage est celle du modèle CHIMERE : la grille AFM avec une résolution de 0.15°x0.1 degrés sur la France. La grille de sortie est à 0.075°x0.05°, une grille de résolution intermédiaire afin d'atteindre la résolution de 1km nécessaire pour PREV'AIR Urgence. Le krigeage est tributaire du nombre de stations. La méthodologie de spatialisation en œuvre en 2016 et début 2017 est donc inadaptée à la cartographie des PM_{2.5} du fait d'un réseau peu dense mais des travaux s'attèlent à développer cette méthodologie dans le but de la rendre efficace également pour les PM_{2.5}.



direction et secrétariat du LCSQA

INERIS - parc technologique Alata - BP 2 - F60550 Verneuil-en-Halatte
tél. 03 44 55 64 04 - www.lcsqa.org