

Note technique

Travaux financés par le ministère chargé de l'environnement

ÉVALUATION DE LA FILIÈRE DE PRÉVISION PREV'AIR SUR ANTILLES GUYANE

MELEUX Frederik (Ineris), Blandine RAUX (Ineris),
Olivier FAVEZ (Ineris)

Vérifié par COLETTE AUGUSTIN,

Approbation : Document approuvé le 17/04/2021 par ROUIL LAURENCE

SYNTHÈSE

Cette note présente une évaluation de la composition des particules PM₁₀ prévue par PREV'AIR par comparaison avec les données issues de la campagne du programme CARA sur la Martinique en 2018. Les prévisions PREV'AIR sur la zone Antilles-Guyane sont assez récentes (en production opérationnelle depuis février 2018) et l'enjeu de cette note est d'analyser la capacité des prévisions à identifier les contributions de plusieurs sources d'émission dans l'évolution des teneurs de PM₁₀. Elle montre notamment que les prévisions arrivent à saisir les contributions majeures qui sont d'origine naturelle et en premier lieu celle des poussières désertiques dans l'évolution des concentrations de particules.

ABSTRACT

This report provides an evaluation of the performances of the Prev'air air quality forecasts over French overseas territories of the Atlantic west (Caribbean region). The forecasts for this area were set-up beginning of 2018 with a similar set-up of the one used for France metropolitan and with the objective to anticipate the impact of dust plumes crossing the Atlantic Ocean from the Sahara on the PM₁₀ concentrations. Indeed, dust contributions are responsible of most of the pollution episodes occurring over these territories. The goal of the report was to assess the potential of the Prev'air system to reproduce the evolution of the PM₁₀ concentrations over Martinique Island and to provide relevant composition of the PM₁₀. This work relies on the observations coming from filter analyses collected during the CARA campaign carried out in 2018. The results show that the forecasts manage to capture pretty well the natural contributions of dust and sea salts.

1. CONTEXTE

En Février 2018, PREV’AIR a mis en place une production opérationnelle de prévision de la qualité de l’air sur la zone Antilles-Guyane avec une organisation très similaire à la production des prévisions réalisées pour la métropole. Cette prévision s’appuie notamment sur les prévisions grande échelle du Service de Surveillance Atmosphérique Copernicus (CAMS - <https://atmosphere.copernicus.eu/>) qui permettent de prendre en compte les contributions dues aux transports transatlantiques de poussières désertiques provenant principalement du Sahara.

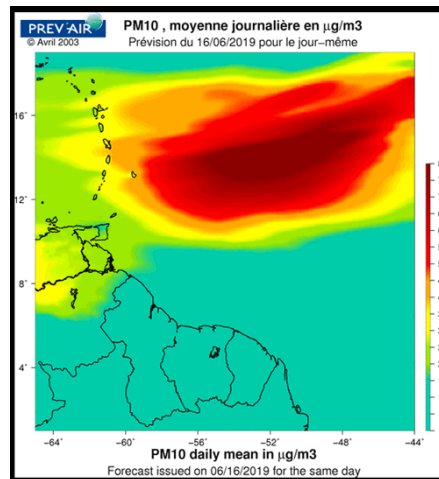


Figure 1 : Prévision PREV’AIR de l’arrivée d’un panache de poussières désertiques sur les Antilles le 16 juin 2019 issue du système mis en place sur l’Atlantique ouest (combinant prévision globale de Copernicus et CHIMERE sur plusieurs domaines)

Cette source de pollution est responsable de nombreux épisodes de pollution aux PM₁₀ survenant en Guadeloupe, Martinique et Guyane. Des premières évaluations ont montré la capacité des prévisions à anticiper les hausses de concentrations de particules sur ces régions. Des travaux complémentaires ont été menés à partir d’analyse de filtre de particules (programme CARA) permettant de déterminer la composition des particules.

2. INTRODUCTION

Cette étude a pour objectif d’analyser la composition des particules prévue par PREV’AIR par comparaison aux résultats issus des analyses sur filtres réalisées dans le cadre du programme CARA, d’après plusieurs relevés fait en 2018 en Martinique.

Les résultats de ces analyses sur filtres ont été publiés dans un rapport LCSQA¹ et confirment l’influence prépondérante des poussières naturelles d’origine désertique dans l’occurrence des épisodes de pollution en Martinique.

¹ Caractérisation chimique et étude de sources des particules en Martinique au cours de l’année 2018 ; Favez et Alleman, LCSQA, 2020

3. DESCRIPTION DE L'ÉTUDE

3.1 Présentation de la modélisation

Les prévisions PREV'AIR sur la Martinique s'appuient sur une configuration à plusieurs domaines imbriqués.

En premier lieu, une prévision globale est récupérée quotidiennement auprès des services Copernicus permettant de prendre en compte les transports de polluants à grande échelle (dont poussières désertiques de provenance saharienne) et leurs contributions sur la composition de l'air sur la zone Antilles-Guyane (Figure 2). A partir de ces données, PREV'AIR calcule sur un premier domaine de prévision couvrant l'ensemble des régions Antilles-Guyane l'évolution des concentrations de polluant pour les jours à venir (jusqu'à 3 jours). Cette prévision est ensuite affinée en passant d'une résolution horizontale de 0,1° à une résolution de 0,02° sur un domaine restreint à l'île de la Martinique (une descente d'échelle similaire est réalisée pour la Guadeloupe alors que la Guyane utilise les prévisions du grand domaine).

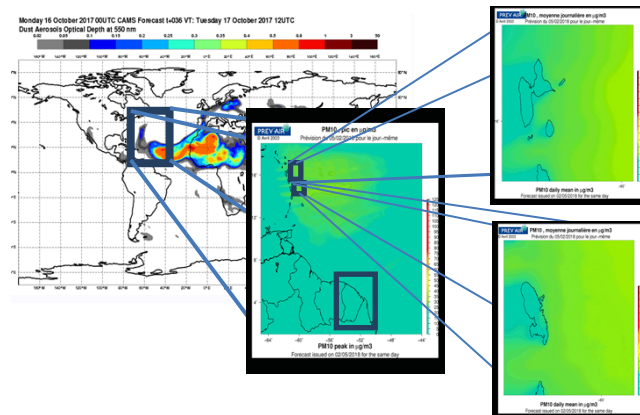


Figure 2 : Système de prévision PREV'AIR mis en place sur l'Atlantique ouest (combinant prévision globale de Copernicus et CHIMERE sur plusieurs domaines)

La définition des domaines et les résolutions horizontales et verticales associées sont décrites dans le Tableau 1.

Le système de prévision mis en place pour cette zone s'appuie sur le modèle de qualité de l'air CHIMERE, dans une configuration très proche de celle qui calcule les prévisions PREV'AIR sur la métropole. Le modèle est alimenté avec les mêmes sources de données (Tableau 2) pour la météorologie et les conditions aux limites, seule diffère l'origine de l'inventaire d'émission (EDGAR² pour la plateforme PREV'AIR DROM et inventaire régional Copernicus pour PREV'AIR métropole).

² <https://edgar.jrc.ec.europa.eu/>

Nom domaine	Longitude min	Longitude max	Latitude min	Latitude max	Résolution	Résolution verticale
DROMATLW	-65°E	-44°E	1°N	19°N	0.1°x0.1°	9 niveaux (Surface à 5000m)
GUYA	-56°E	-48°E	1°N	8°N	0.1°x0.1°	9 niveaux (Surface à 5000m)
MARTI	-61,5°E	-59,5°E	14°N	15,2°N	0.02°x0.02°	9 niveaux (Surface à 5000m)
GUADE	-62,1°E	-59,8°E	15,5°N	16,8°N	0.02°x0.02°	9 niveaux (Surface à 5000m)

Tableau 1 : Définition des domaines de simulations sur Antilles-Guyane et les résolutions associées.

Données météorologiques	Conditions aux limites	Emissions
Données IFS (0,1° x 0,1°) ECMWF	Copernicus 40 km de résolution	EDGAR 0,1°

Tableau 2 : Présentation des sources des données d'entre alimentant les calculs de prévision sur Antilles-Guyane.

3.2 Présentation des mesures CARA

Le programme CARA a réalisé des prélèvements sur filtres à 5 localités de la Martinique avec analyses chimiques différées en laboratoire. La spéciation chimique a été établies sur les sites de « Brume – FR-39019 » (site rural régional de fond, également appelé « Pointe Couchée), « Renéville – FR-39011 » (site urbain sous influence trafic), « Sainte Luce – FR-39014 », « Lycée Bellevue- FR-39017 » et « Lamentin- FR-39009 » (sites urbains de fond).

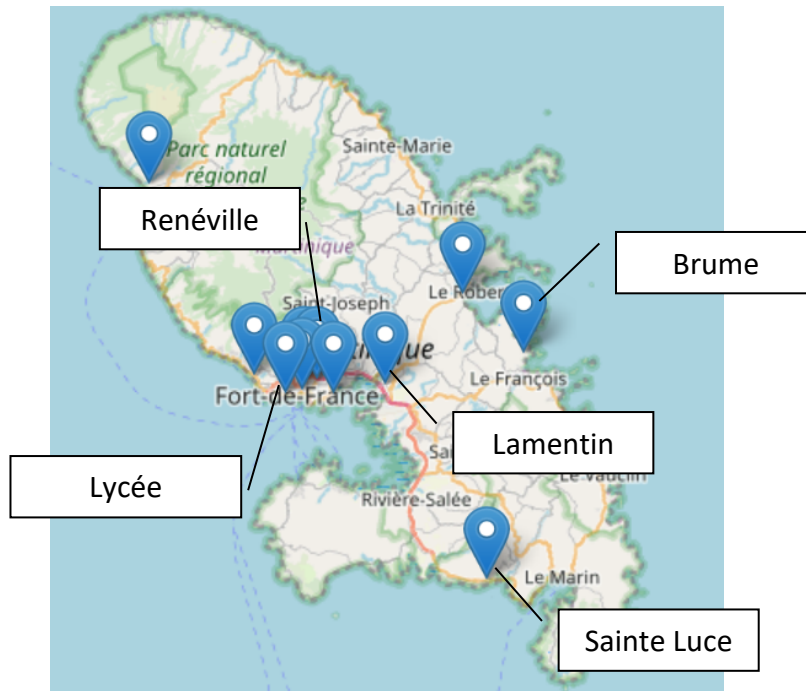


Figure 3 : Carte des stations de mesure de MADININAIR (<https://www.madininair.fr/>)

4. RÉSULTATS DE L'ÉVALUATION

L'évaluation de la moyenne journalière des particules PM_{10} et de leurs compositions porte sur la période 1^{er} mars au 31 décembre 2018. Nous avons fait le choix de conserver l'ensemble des stations sur lesquelles des analyses de spéciations ont été réalisées par CARA.

4.1 Evaluation PM_{10}

Les scores sur les concentrations de PM_{10} (Figure 4) montrent que le modèle a tendance à sous-estimer les valeurs observées. Les corrélations temporelles légèrement supérieures à 0,8 indiquent que la variabilité des concentrations est plutôt bien reproduite par les modèles. Les RMSE autour de $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sont plus importantes que celles de PREV'AIR en métropole (plutôt situées autour de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2018³).

Les RMSE affichées par station sur la Figure 5 montrent que le modèle a plus de difficultés sur la station urbaine sous influence trafic que sur les autres, ce qui est normal car la résolution du modèle n'est pas optimale pour retranscrire la contribution du trafic à la pollution locale, et que l'inventaire d'émission (EDGAR) doit présenter une incertitude importante sur la zone qui pourrait être moins importante en intégrant l'inventaire régionale de Martinique.

A noter que la station urbaine de fond « Lycée » a une faible RMSE (inférieure à $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

³ <https://www.lcsqa.org/fr/rapport/performances-prevair-en-2017-et-2018>

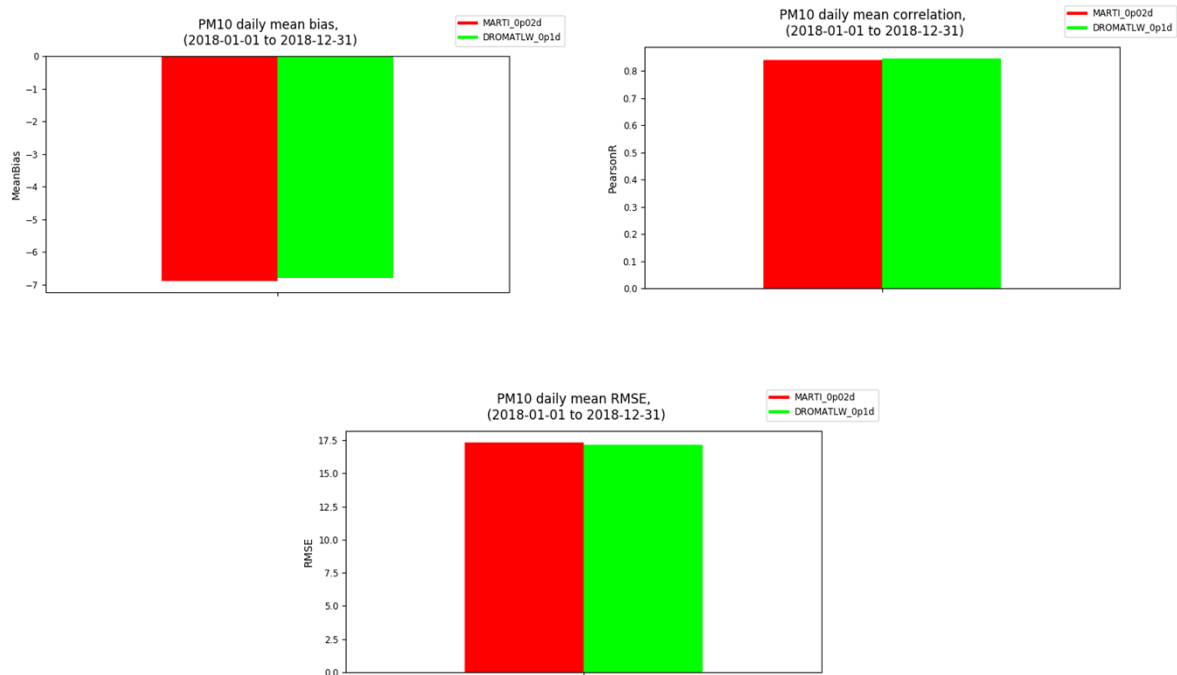


Figure 4 : Scores (biais, corrélation et RMSE) des prévisions PREV'AIR (en rouge à 0,02° de résolution et en vert issues des données du grand domaine à 0,1° de résolution horizontale) calculés sur la Martinique d'après les mesures des 5 stations (Figure 3).

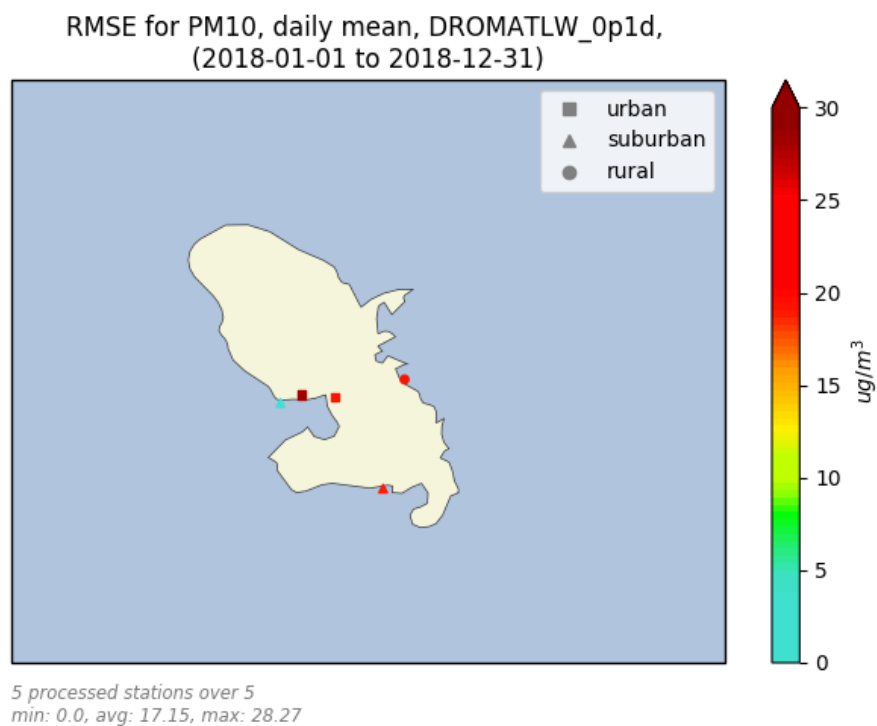


Figure 5 : RMSE calculées sur les 5 stations de Martinique sélectionnées.

4.2 Evaluation de la composition des particules

La Figure 6 présente la concentration moyenne d'après les mesures du programme CARA sur les 5 sites. La concentration moyenne de PM₁₀ atteint quasiment les 40 µg/m³ sur les prélèvements analysés de l'année 2018 avec une contribution pour un peu plus de la moitié des poussières désertiques et un quart provenant des sels de mers.

La part individuelle des espèces anthropiques (matières organiques, carbone élémentaire et espèces secondaires inorganiques) dans les PM₁₀ est inférieure à 3µg/m³ et leur total atteint les 6-7 µg/m³.

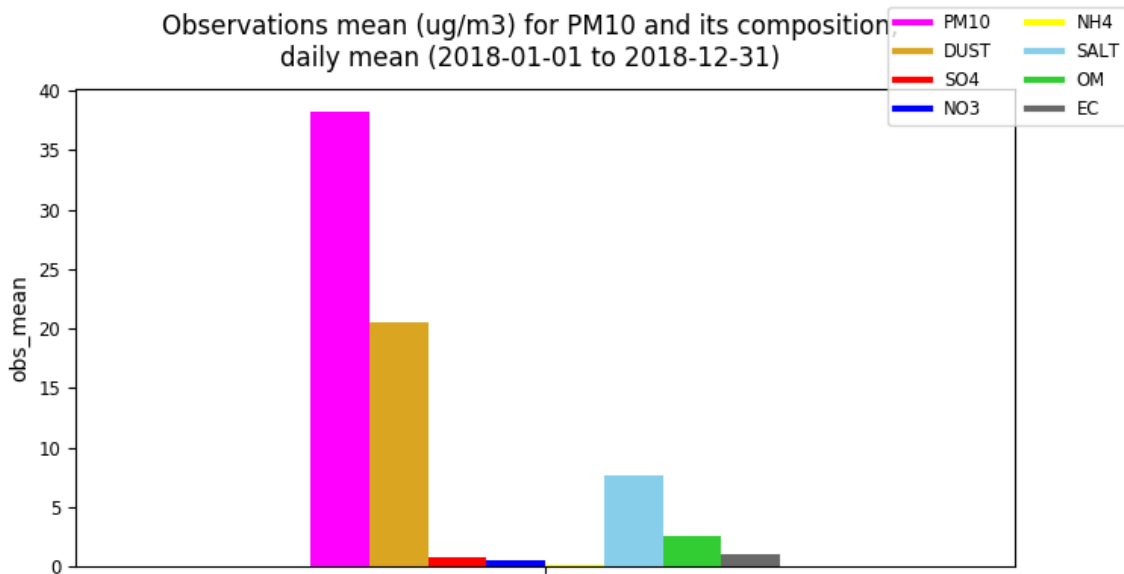


Figure 6 : Concentrations moyennes annuelles issues des mesures de PM₁₀ et de leurs compositions (poussières désertiques (DUST), sulfate (SO₄), nitrate (NO₃), ammonium (NH₄), sels de mer (SALT), matière organique (OM) et carbone élémentaire (EC))

Les prévisions PREV'AIR sous-estiment les concentrations de particules PM₁₀ d'environ 7 µg/m³ (Figure 7), principalement à cause des espèces anthropiques et en premier lieu à une sous-estimation de la matière organique. Les contributions naturelles, assez importantes dans la composition des PM₁₀, ont des biais assez faibles, légèrement inférieur à 2 µg/m³ pour les poussières désertiques qui sont donc un peu surestimé par le modèle alors que les sels de mer sont très légèrement sous-estimés (biais d'environ 0,5µg/m³).

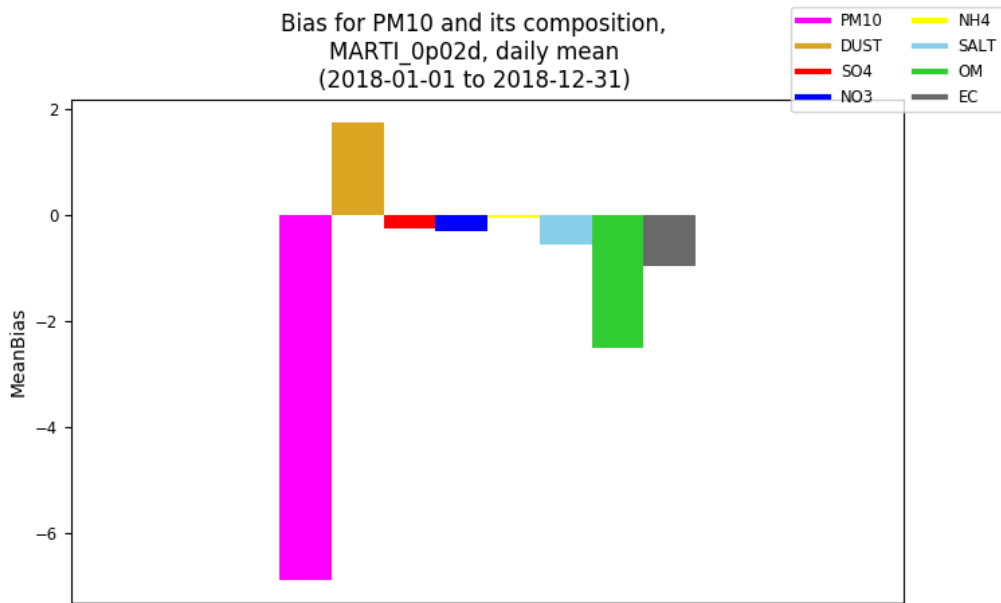


Figure 7 : Biais des prévisions PREV'AIR pour le jour courant (J0) établies sur la Martinique ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) pour les PM_{10} et leurs spéciations (poussières désertiques (DUST), sulfate (SO_4), nitrate (NO_3), ammonium (NH_4), sels de mer (SALT), matière organique (OM) et carbone élémentaire (EC))

La RMSE (Figure 9) a des valeurs assez élevées autour de $17,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM_{10} et les poussières désertiques. Ce qui peut résulter d'apports réels de poussières désertiques peut être mal estimé par le modèle comme le montre la Figure 8 sur laquelle des pics de concentrations de poussières désertiques peuvent être parfois nettement sur-estimés (début juillet et début aout).

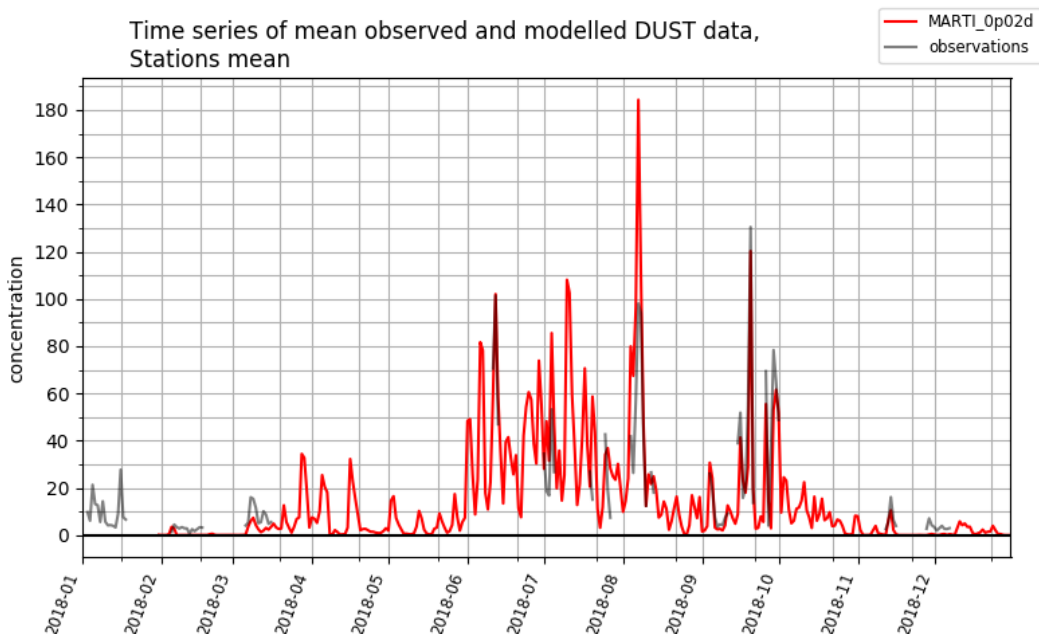


Figure 8 : Série temporelle des concentrations (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) de poussières désertiques mesurées (gris) et prévues par PREV'AIR (rouge).

La RMSE reste inférieure à $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les autres composants.

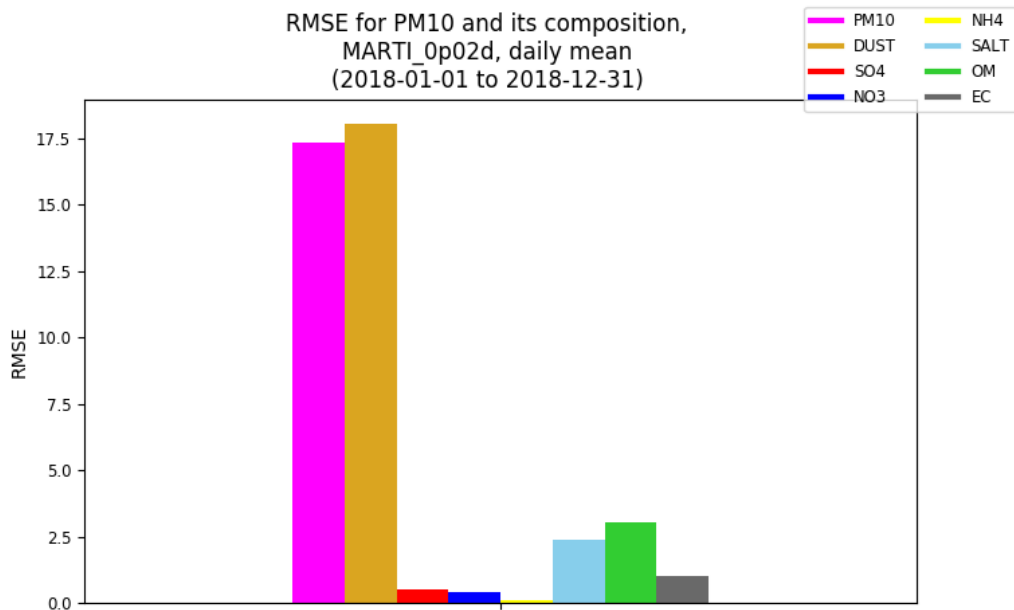


Figure 9 : RMSE des prévisions PREV'AIR pour le jour courant (J0) établies sur la Martinique ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) pour les PM_{10} et leurs spéciations (poussières désertiques (DUST), sulfate (SO_4), nitrate (NO_3), ammonium (NH_4), sels de mer (SALT), matière organique (OM) et carbone élémentaire (EC))

Les corrélations obtenues par les prévisions PREV'AIR pour les PM_{10} , poussières désertiques et sels de mer sont supérieures à 0,8, indiquant une bonne aptitude du modèle à prévoir les variations de concentrations (Figure 10). La corrélation élevée des poussières désertiques confirme la qualité des conditions aux limites Copernicus et de leur prise en compte dans le modèle qui permet de reproduire l'impact sur les concentrations en Martinique des transports transatlantique des brumes sahariennes.

La corrélation des sels de mer et plus largement les scores obtenus par ce composant des PM_{10} met en avant la pertinence de la paramétrisation de CHIMERE pour estimer les émissions de sels de mer sur cette zone.

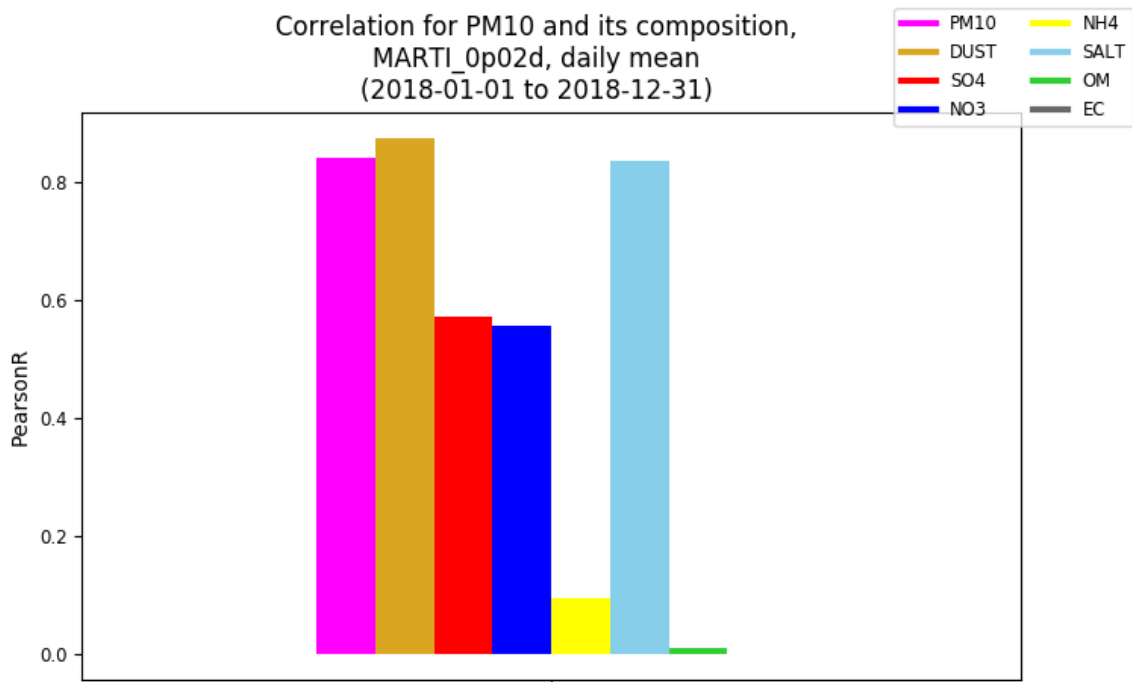


Figure 10 : Corrélation des prévisions PREV’AIR pour le jour courant (J0) établies sur la Martinique ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) pour les PM_{10} et leurs spéciations (poussières désertiques (DUST), sulfate (SO_4), nitrate (NO_3), ammonium (NH_4), sels de mer (SALT), matière organique (OM) et carbone élémentaire (EC))

5. CONCLUSIONS

Une comparaison a été menée entre les données de composition des PM_{10} calculées par le modèle CHIMERE dans le cadre des prévisions PREV’AIR produites pour la zone Antilles-Guyane depuis février 2018 et les données issues de la campagne CARA réalisée en 2018 sur la Martinique. Les résultats montrent que les prévisions (pour le jour courant) estiment bien l’importance des contributions naturelles dans les PM_{10} et en premier lieu les apports de poussières désertiques d’origine saharienne, en accord avec les analyses CARA.

Les corrélations élevées et les biais faibles des poussières désertiques et sels de mer obtenus par CHIMERE montrent que le modèle arrive à prévoir correctement la dynamique des impacts des sources naturelles sur l’évolution des concentrations des PM_{10} en Martinique. Néanmoins, il est arrivé que les apports de poussières désertiques soient surestimés lors de quelques épisodes ce qui se reflète dans une valeur de RMSE plus élevée qu’en métropole. Si les biais et corrélation de PM_{10} sont en ligne avec les objectifs de qualité envisagés par le Groupe de Travail sur la prévision de la qualité de l’air, la RMSE de $17.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ se situe au-dessus de l’objectif de $15\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ce constat légitime le besoin d’amélioration du système du fait de la difficulté spécifique à reproduire les très fortes concentrations constatées lors d’épisodes de brume saharienne.

Les contributions anthropiques (matière organique et inorganique) dans les PM₁₀ sont nettement moins importantes et ont tendance à être sous-estimées par le modèle. Leurs scores assez modestes s'expliquent vraisemblablement par l'inventaire d'émission utilisé qui résulte d'un inventaire global (EDGAR) et une voie d'amélioration consisterait à intégrer l'inventaire régional de la Martinique afin d'améliorer la contribution bien que secondaire des espèces anthropiques dans les PM₁₀.