

# Evaluation des performances de Prev'Est pour la prévision de la qualité de l'air sur la région Bourgogne-Franche-Comté

Année 2022



*Atmo Bourgogne-Franche-Comté est l'association agréée par le Ministère en charge de l'Environnement pour la surveillance de la qualité de l'air en région Bourgogne-Franche-Comté. Elle a pour principales missions :*

*Décliner et mettre en œuvre la stratégie de surveillance de la qualité de l'air de l'État français. Cela consiste en grande partie à produire des données (mesures, données d'émissions et de modélisation) qui répondent aux attentes qualitatives et quantitatives de l'Union Européenne ;*

*Prévoir les pics de pollution et diffuser l'information et les recommandations sanitaires ;*

*Sensibiliser la population et les décideurs aux enjeux sanitaires liés à la qualité de l'air ;*

*Réaliser des études prospectives dans le domaine de l'air (nouveaux polluants, nouvelles sources, nouvelles expositions...);*

*Réaliser des diagnostics et des prospectives pour aider à la décision à court, moyen et long terme ;*

*Accompagner les acteurs locaux pour atteindre le respect des normes en vigueur.*

## **Conditions d'utilisation du rapport**

*La diffusion ou la réutilisation des données est libre dans les conditions suivantes :*

*Les données contenues dans ce document restent la propriété d'Atmo Bourgogne-Franche-Comté. Toute utilisation partielle ou totale doit faire référence à Atmo Bourgogne-Franche-Comté et au numéro du présent rapport ;*

*Le rapport ne sera pas forcément rediffusé en cas de modification ultérieure. En cas de remarques ou questions, prenez contact avec Atmo Bourgogne-Franche-Comté ;*

*Sur demande, Atmo Bourgogne-Franche-Comté met à disposition les caractéristiques techniques des mesures et les méthodes d'exploitation des données.*

*Rédaction du rapport : Mathieu Boilleaut*

*Validation du document : Francis Schweitzer*

*Crédit visuels : © Antoine Bardelli – Atmo BFC*

# **Sommaire**

<b>1. Synthèse .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Présentation de la plateforme Prev'Est.....</b>	<b>5</b>
<b>3. Evaluation de la plateforme Prev'Est .....</b>	<b>7</b>
3.1 Prévisions ozone .....	7
3.1.1 Scores classiques (Biais, RMSE et corrélation) .....	7
3.1.1.1 Par rapport aux objectifs de qualité .....	7
3.1.1.2 Par typologie .....	9
3.1.1.3 Par échéance de prévision .....	10
3.1.1.4 Par gamme de concentration .....	10
3.1.1.5 Sur plusieurs années.....	11
3.1.2 Performances sur les seuils réglementaires.....	12
3.1.2.1 Scores aux stations .....	12
3.1.2.2 Scores en lien avec les critères AMU.....	14
3.2 Prévisions PM10 .....	16
3.2.1 Scores classiques (Biais, RMSE et corrélation) .....	16
3.2.1.1 Par rapport aux objectifs de qualité .....	16
3.2.1.2 Par typologie .....	18
3.2.1.3 Par échéance de prévision .....	19
3.2.1.4 Par gamme de concentration .....	19
3.2.1.5 Sur plusieurs années.....	20
3.2.2 Performances sur les seuils réglementaires.....	21
3.2.2.1 Scores aux stations .....	21
3.2.2.2 Scores en lien avec les critères AMU.....	23
3.2.2.3 Analyse des performances sur le seuil réglementaire PM10 .....	24
<b>Annexe 1 : méthode de calcul des scores.....</b>	<b>25</b>
<b>Annexe 2 : éléments table de contingence .....</b>	<b>26</b>

# 1. Synthèse

Ce rapport s'attache à réaliser une analyse complète et détaillée des performances de prévision de la plateforme Prev'Est sur la Bourgogne-Franche-Comté, utilisée quotidiennement pour réaliser les cartes de prévision de la qualité de l'air et prévoir le risque d'épisode de pollution atmosphérique sur les huit départements que compte la région. L'analyse de ces performances est réalisée pour les polluants ozone (O<sub>3</sub>) et particules PM10.

Dans un premier temps, les analyses sont effectuées sur des indicateurs classiques d'évaluation des chaînes de modélisation, comparés à des objectifs de qualité issus du référentiel technique national édité par le LCSQA. Ces analyses montrent que l'ensemble des recommandations sont respectées sur les prévisions corrigées de la plateforme Prev'Est. Ceci démontre les bonnes performances de prévision de la plateforme lorsque l'on évalue son comportement sur l'ensemble de l'année 2022 avec des indicateurs globaux. Cela permet également de dégager certaines tendances et certains mécanismes de correction qui permettent de mieux appréhender son utilisation pour réaliser les prévisions quotidiennes. Nous pouvons noter par exemple la tendance à la sous-estimation de la prévision sur les concentrations d'ozone avec des biais largement négatifs, la tendance au lissage des concentrations d'ozone du modèle ou encore l'amélioration notable des performances de prévisions grâce à la correction sur les PM10.

Dans un second temps, les travaux d'évaluation sont axés spécifiquement sur la capacité de la plateforme à prévoir les dépassements de seuils réglementaires, à savoir 180 µg/m<sup>3</sup> en ozone en maximum horaire et 50 µg/m<sup>3</sup> en PM10 en moyenne journalière. En ce qui concerne l'ozone, cette évaluation est complexe sur l'année 2022 car un seul dépassement a été constaté sur le réseau de mesure par stations et la plateforme Prev'Est ne l'a pas prévu. Pour les PM10, nous avons constaté quatre jours avec au moins un dépassement du seuil de 50 µg/m<sup>3</sup> sur une station de mesure de fond. L'analyse des performances de prévision de dépassement montre quelques bonnes détections en J0 sur le modèle corrigé, en amélioration par rapport au modèle brut. Mais ces performances se dégradent en J1, avec aucun dépassement détecté par le modèle corrigé.

Globalement, les performances de prévision des dépassements restent difficiles à évaluer de manière pertinente sur les PM10 et l'ozone de par le faible nombre d'épisodes sur l'année 2022, qui limite fortement les possibilités de réaliser des statistiques et des indicateurs pertinents et robustes.

Cette évaluation sera reconduite chaque année afin de suivre le système de prévision, évaluer la progression des performances de prévision et maintenir l'analyse de ces résultats.

## 2. Présentation de la plateforme Prev'Est

La plate-forme de prévision Prev'Est est pilotée par ATMO Grand Est, en partenariat avec Atmo Bourgogne-Franche-Comté. Les prévisions de l'année 2022 sont issues d'un enchainement de traitements faisant intervenir les éléments suivants :

- Modèles :
  - Météo : WRF 4.0.3
  - Chimie : CHIMERE V2017r4 avec conditions aux limites PREVAIR par défaut

- Post-traitements

Les sorties de chimie brutes sont ensuite traitées par une adaptation statistique (AS) au niveau des stations de mesures. L'adaptation statistique est réalisée par un modèle de prévision d'ensemble (PE). Il s'agit d'une régression linéaire pénalisée Lasso à coefficients positifs, de plusieurs modèles (modèles Prev'Est et modèles européens).

Les résultats de l'AS, ponctuels, sont ensuite restitués cartographiquement par un krigeage des innovations.

Les corrections par l'AS sont réalisées 3 fois par jour (8h, 10h et 16h). Les sorties de 10h sont évaluées dans ce document car il s'agit des prévisions mises à la disposition des prévisionnistes pour leur prise de décision avant midi.

- Disponibilité

Les données brutes sont disponibles avant 6h. Les données corrigées sont généralement disponibles une demi-heure après le début de la correction (dès 8h30, 10h30, 16h30).

Sur l'année 2022, le taux de mise à disposition des prévisions corrigées de 10h30 est de 99.1%.

- Observations de fond utilisées dans l'évaluation :

Pour la région Bourgogne-Franche-Comté, le réseau de mesure compte 17 stations fixes en ozone et 16 stations fixes en PM10.

- Par typologie :

Typologie	Ozone	PM10
Rurale	2	2
Périurbaine	6	3
Urbaine	9	11

- Par département :

Département	Ozone	PM10
21-Côte d'Or	2	2
25-Doubs	5	3
39-Jura	2	2
58-Nièvre	2	2
70-Haute-Saône	1	1
71-Saône-et-Loire	3	3
89-Yonne	2	2
90-Territoire de Belfort	0	1

Soit, pour la région Bourgogne-Franche-Comté : 17 en ozone, 16 en PM10.

## 3. Evaluation de la plateforme Prev'Est

Les méthodes de calcul sont définies dans l'annexe 1.

### 3.1 Prévisions ozone

Les scores en O<sub>3</sub> sont établis (en max journalier) sur une période d'avril à septembre 2022.

#### 3.1.1 Scores classiques (Biais, RMSE et corrélation)

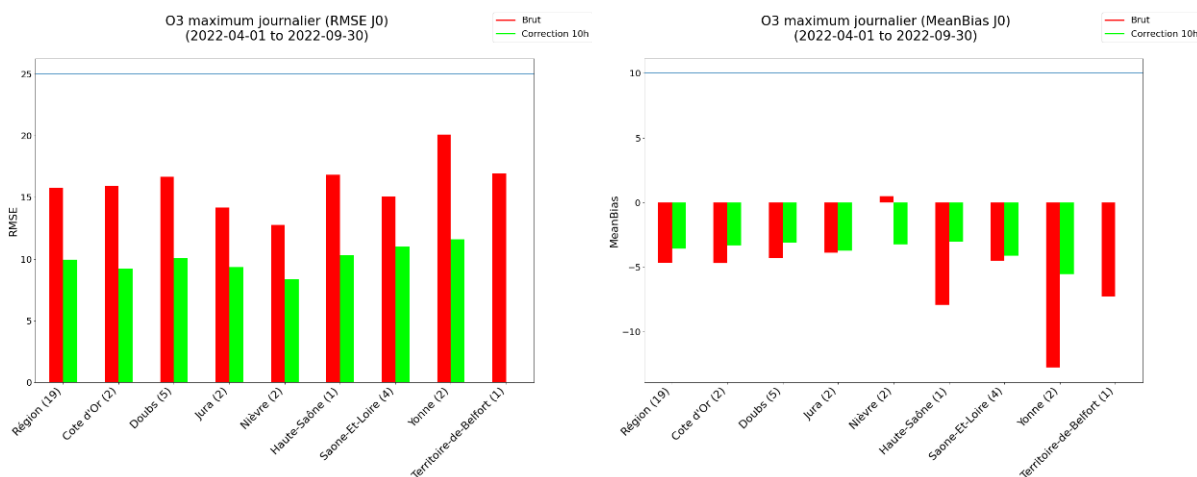
##### 3.1.1.1 Par rapport aux objectifs de qualité

Le tableau suivant récapitule les objectifs de qualité pour les différents indicateurs de performance de la prévision, issus du référentiel technique national édité par le LCSQA :

Polluant	Bias (µg/m3)	RMSE (µg/m3)	Corrélation
O3	-10/+10	25	0,7
PM10	-7,5/+7,5	15	0,6

Figure 1 : Objectifs de qualité définis pour O<sub>3</sub> et PM<sub>10</sub> pour le biais, la RMSE et la corrélation qui s'appliquent aux performances des prévisions en régions et sur les zones disposant d'un arrêté mesure d'urgence et aux échéances J0 et J1.

Les scores pour ces différents indicateurs de performances sont donnés dans les graphes suivants par départements. Ces valeurs départementales sont une moyenne des scores temporels de chaque station de fond. Les graphes sont édités pour l'échéance J0 (aujourd'hui) puis pour l'échéance J1 (demain).



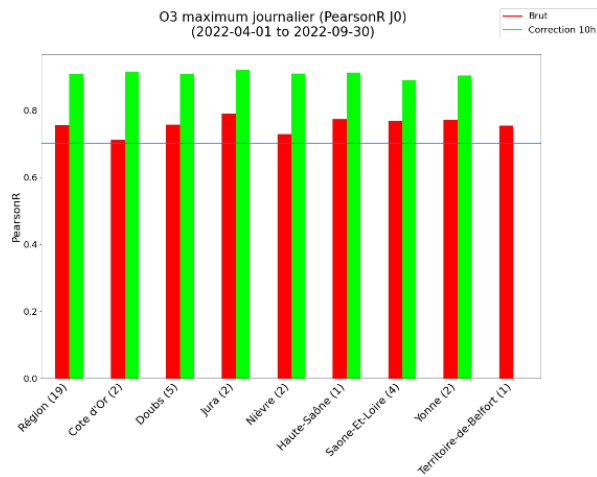


Figure 2 : Ozone - Scores de RMSE (gauche), biais (droite) et corrélation (bas) en Bourgogne-Franche-Comté et par département des prévisions PREVEST brut (rouge) et de l'adaptation statistique 10h (vert) d'avril à septembre 2022 sur l'échéance J0. Accolés entre parenthèses aux zones géographiques se trouvent le nombre de stations prises en compte pour le calcul. La ligne noire indique l'objectif de qualité.

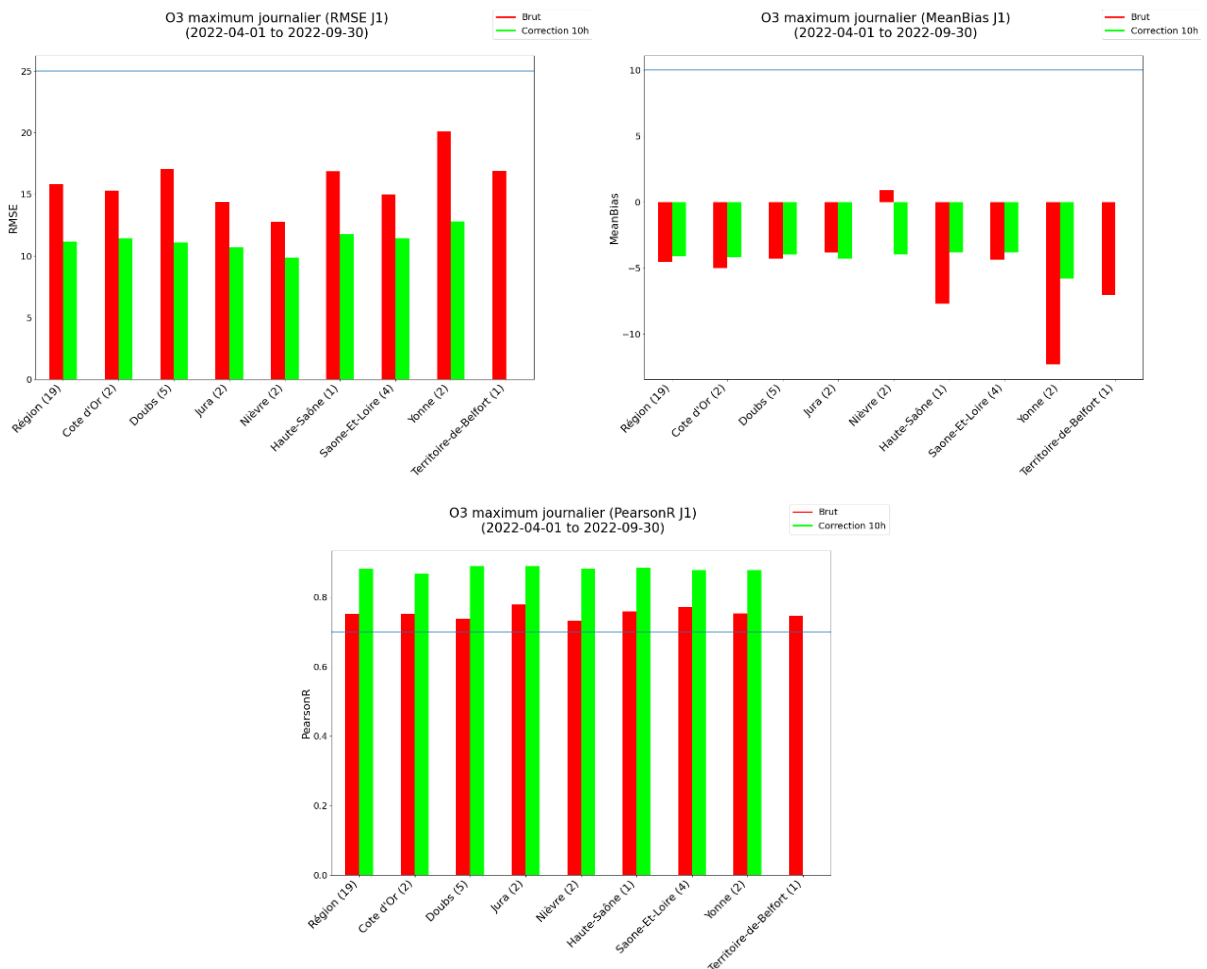


Figure 3 : Ozone - Scores de RMSE (gauche), biais (droite) et corrélation (bas) en Bourgogne-Franche-Comté et par département des prévisions PREVEST brut (rouge) et de l'adaptation statistique 10h (vert) d'avril à septembre 2022 sur l'échéance J+1. Accolés entre parenthèses aux zones géographiques se trouvent le nombre de stations prises en compte pour le calcul. La ligne noire indique l'objectif de qualité.



Ces scores sont une moyenne des scores temporels de chaque station de fond. Les scores par département sont obtenus avec un filtre spatial au moment de calculer la moyenne. L'absence d'adaptation statistique de 10h pour le Territoire-de-Belfort tient au fait qu'aucun analyseur d'ozone n'est disponible pour ce territoire. Aucun apprentissage utile à la correction statistique n'est donc possible.

Pour le biais, le RMSE et le coefficient de corrélation, l'ensemble des résultats pour J0 respecte les objectifs de qualité fixés dans le référentiel technique national. C'est également le cas pour les indicateurs sur le J1.

Le RMSE varie entre 8 et 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , avec une amélioration importante de cet indicateur sur les résultats corrigés à 10h. On note logiquement une légère dégradation de cet indicateur de J0 à J1. Les biais varient entre -12  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  et +1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , avec une tendance assez nette à la sous-estimation. Les corrélations présentent des coefficients supérieurs à 0,7 et proche de 0.9 pour les prévisions corrigées.

### 3.1.1.2 Par typologie

Les scores pour ces différents indicateurs de performances sont donnés dans les graphes suivants par typologie de stations. Les graphes sont édités pour l'échéance J0.

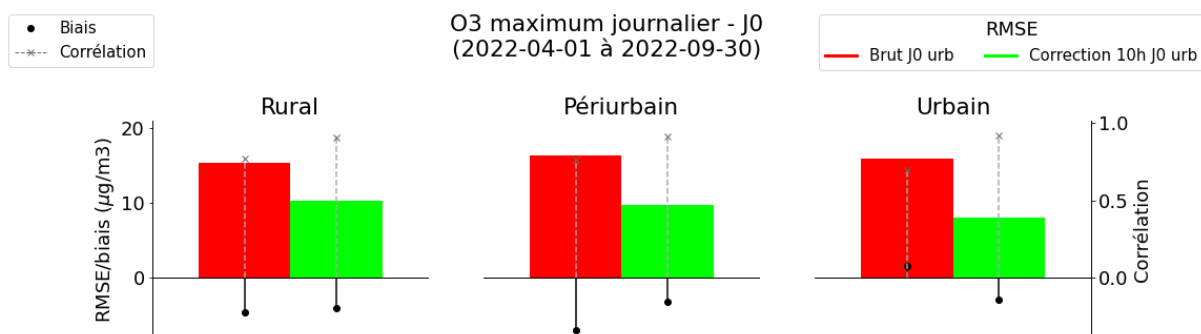


Figure 4 : Ozone - Synthèse des scores de RMSE, biais et corrélation en fonction de la typologie de station (urbaines, périurbaines, rurales) des prévisions PREVEST brut (rouge) et de l'adaptation statistique 10h (vert) d'avril à septembre 2022 sur l'échéance J0

Les indicateurs montrent une nette amélioration sur les prévisions corrigées à 10h. On remarque que cette amélioration sur le RMSE s'amplifie selon la typologie, elle est plus marquée sur les stations urbaines, puis périurbaines, et moins marquée sur les stations rurales. Le biais se montre plutôt variable, mais contenu dans les recommandations. Les corrélations s'améliorent, avec des coefficients aux alentours de 0,9 sur la correction.

### 3.1.1.3 Par échéance de prévision

Les scores pour ces différents indicateurs de performances sont donnés dans les graphes suivants pour les différentes échéances de prévision (de J0 à J+2).

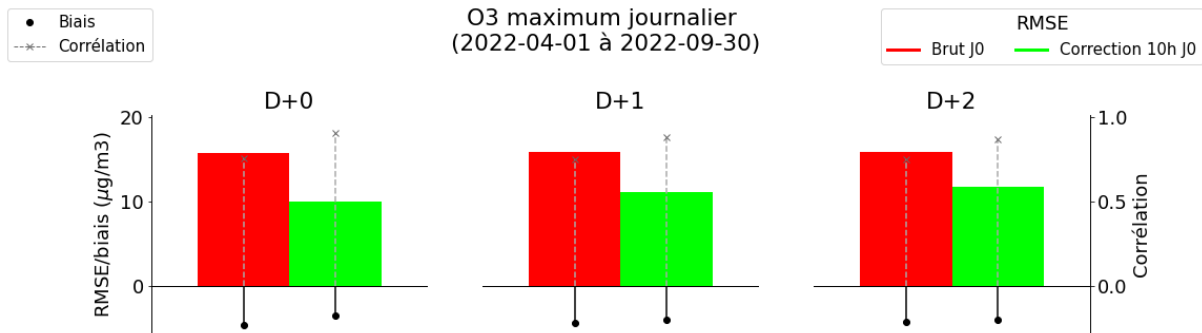


Figure 5 : Ozone - Synthèse des scores de RMSE, biais et corrélation en fonction du jour de prévision pour PREVEST brut (rouge) et de l'adaptation statistique 10h (vert) d'avril à septembre 2022

L'évolution du biais entre le brut et le corrigé confirme la tendance à la sous-estimation de la correction à 10h. Sur cet indicateur, l'amélioration brut/corrigé diminue plus l'échéance augmente. En revanche, le RMSE montre une amélioration nette sur le J0, J1 et le J2. La corrélation reste très bonne et mais se dégrade légèrement avec les échéances de prévision.

### 3.1.1.4 Par gamme de concentration

Les scores RMSE et biais sont donnés dans les graphes suivants en les regroupant par classes de concentrations pour l'échéance J0.

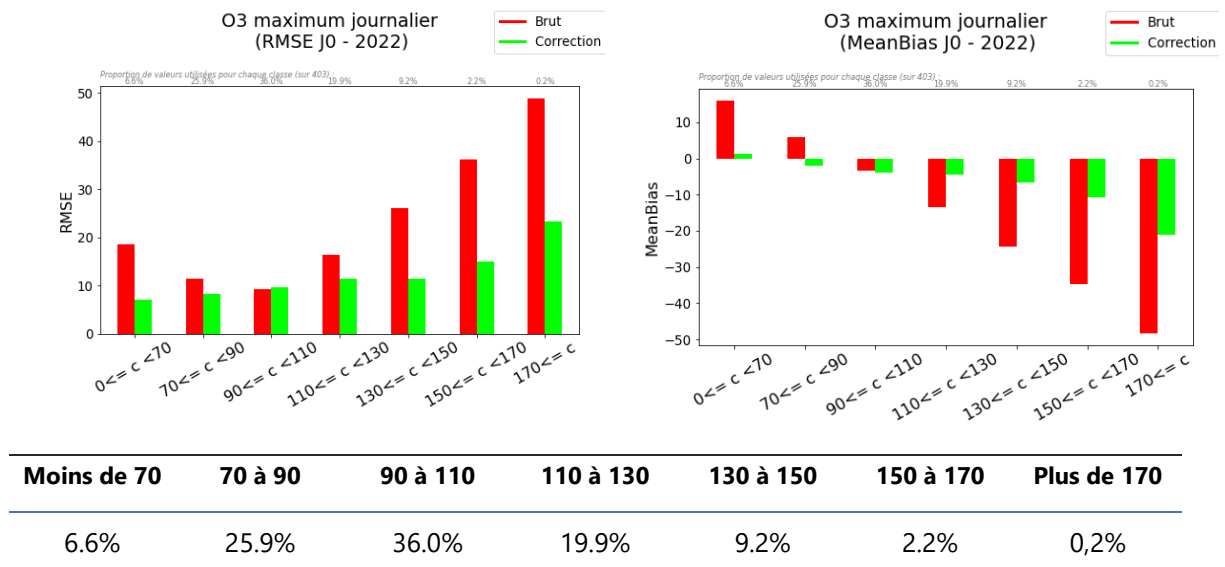


Figure 5 : Ozone - Scores de RMSE et biais par classe de concentration des prévisions PREVEST brut (rouge) et de l'adaptation statistique à 10h (vert) d'avril à septembre 2022 sur l'échéance J+0. Sous les figures, les taux d'observations pour chaque classe de concentrations.

L'analyse du biais montre nettement l'évolution des tendances des résultats bruts et corrigés, à savoir une légère surestimation sur les gammes de concentrations basses, qui passe à 0 entre 70 et 90  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , puis une sous-estimation sur les gammes de concentrations à partir de 90  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Les modélisations montrent leur tendance à lisser les niveaux d'ozone par rapport aux mesures et minimiser les écarts entre les min et les max. A noter que les biais sont bien meilleurs sur la correction, avec des valeurs plus proches de 0.

Le RMSE confirme ces observations avec les meilleures performances sur la classe de concentrations entre 70 et 90  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , et des performances moindres sur les niveaux inférieurs et supérieurs. Là encore, les résultats corrigés sont bien meilleurs, avec un RMSE plus faibles, sur l'ensemble de la gamme.

### 3.1.1.5 Sur plusieurs années

La figure suivante récapitule les moyennes des différents scores pour les années 2020, 2021 et 2022.

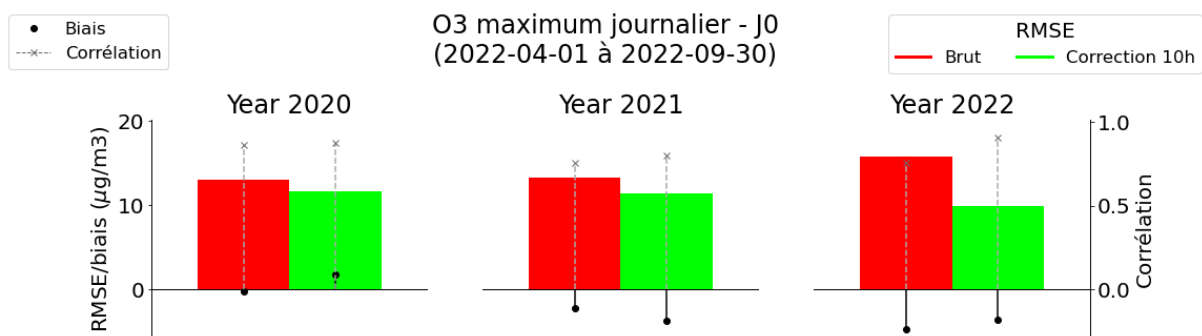


Figure 6 : Ozone - Synthèse des scores de RMSE (barres colorées), biais moyen (points noirs) et corrélation (pointillés gris) entre avril et septembre depuis 2020 pour PREVEST brut (rouge) et pour son adaptation statistique de 10h (vert)

L'évolution sur trois années permet de constater une évolution des performances du modèle sur 2022. En effet, le RMSE et le coefficient de corrélation montrent une amélioration significative sur l'année 2022. Cela s'explique très certainement par la mise en place d'une nouvelle technique de correction, la prévision d'ensemble. Cette technique s'appuie sur une vingtaine de modèle de prévision européens et un système d'apprentissage pour corriger les sorties brutes de modèle.

Les résultats montrent également que la correction affiche systématiquement des performances de prévision meilleures que le brut pour le RMSE et le coefficient de corrélation sur les 3 années considérées.

### 3.1.2 Performances sur les seuils réglementaires

Pour les analyses suivantes, l'année 2022 n'ayant subi qu'un seul dépassement de seuils réglementaires sur l'ozone en mesure et ce dépassement n'ayant pas été prévu par la plateforme Prev'Est, l'analyse des données dans les graphes suivants est peu pertinente.

#### 3.1.2.1 Scores aux stations

##### 3.1.2.1.1 Séries temporelles

Les figures suivantes représentent le nombre de dépassements observés (en pointillés gris) et prévus (en couleur) cumulés sur toutes les stations de fond pour chaque journée de la période considérée.

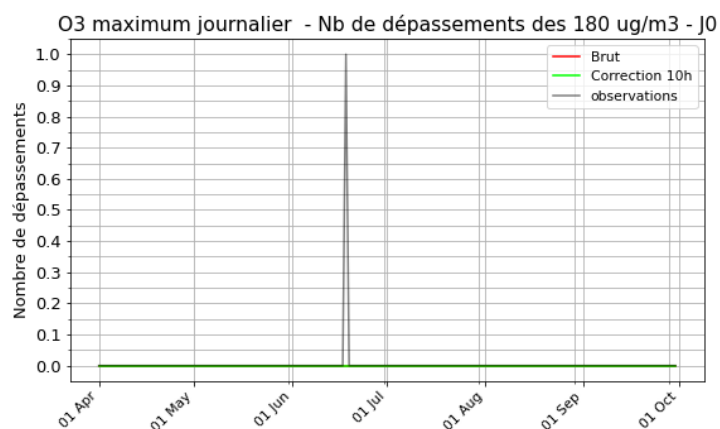


Figure 7 : superposition des dépassements enregistrés et prévus à J0 par les différentes prévisions

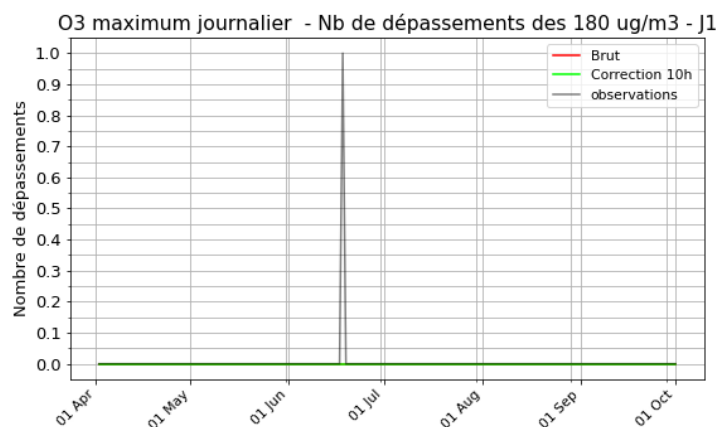


Figure 8 : superposition des dépassements enregistrés et prévus à J1 par les différentes prévisions

### 3.1.2.1.2 Eléments de la table de contingence

Les figures suivantes représentent les valeurs des tables de contingence (Bonne détection, Détection manquée, Fausse détection) cumulées sur les stations de fond pour la région à gauche et déclinées par département. Les éléments pris en compte pour produire ces figures sont définis en Annexe 2.

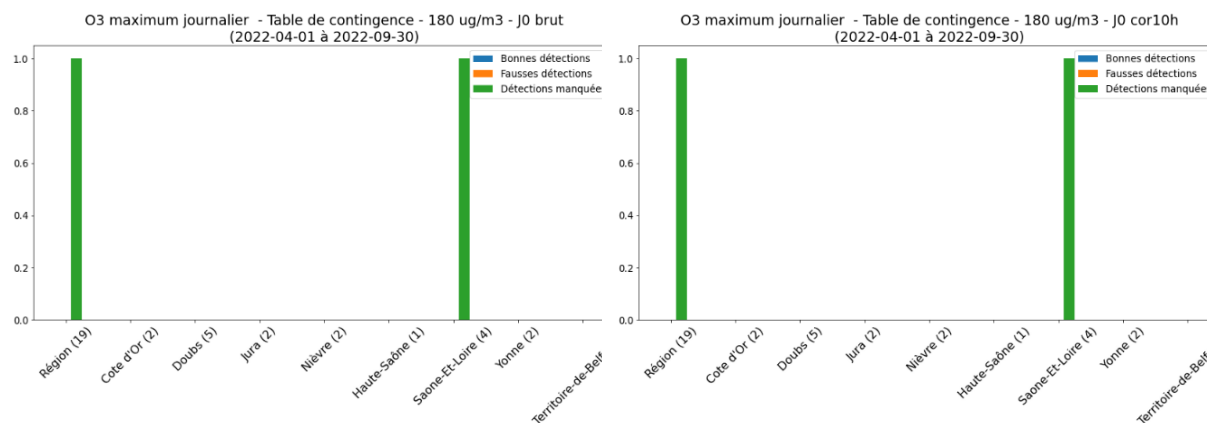


Figure 9 : Ozone - Tables de contingence sur la période d'avril à septembre 2022 à l'échéance J0 pour le seuil de 180 µg/m³. Les bonnes détections sont en bleu, les fausses détections en orange, et les détections manquées en vert. Gauche : Tables de contingence de PREVEST brut pour les départements de la Bourgogne-Franche-Comté. Droite : équivalent pour l'adaptation statistique de 10h.

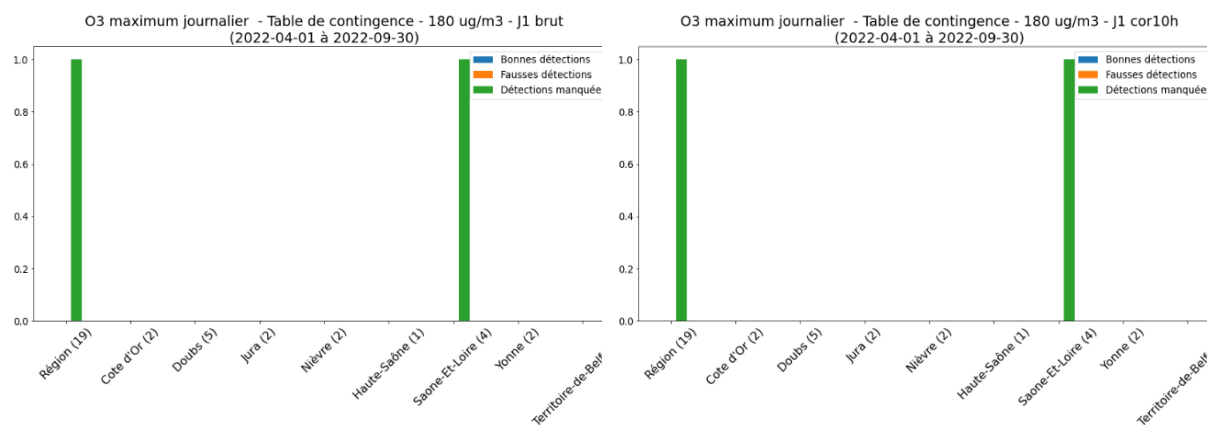


Figure 10 : Ozone - Tables de contingence sur la période d'avril à septembre 2022 à l'échéance J+1 pour le seuil de 180 µg/m³. Les bonnes détections sont en bleu, les fausses détections en orange, et les détections manquées en vert. Gauche : Tables de contingence de PREVEST brut pour les départements de la Bourgogne-Franche-Comté. Droite : équivalent pour l'adaptation statistique de 10h.

Cette figure représente une vue complète des performances des prévisions par rapport à la détection des seuils réglementaires (l'objectif est de se situer au plus proche du coin supérieur droit) :

- Axe horizontal : capacité du modèle à faire de bonnes prévisions parmi les détections

- Axe vertical : capacité du modèle à prévoir des dépassements
- Axe transverse : proportion de fausses alertes par rapport aux alertes manquées
- Axe couleur : capacité du modèle à faire de bonnes prévisions sans évènements parasites (fausses alertes, alertes manquées)

L'absence de point symbolise l'absence de franchissement du seuil par le jeu de données concerné (même si des dépassements de ce seuil ont pu être constatés par la mesure) ou si la mesure n'a jamais présenté de dépassement du seuil.

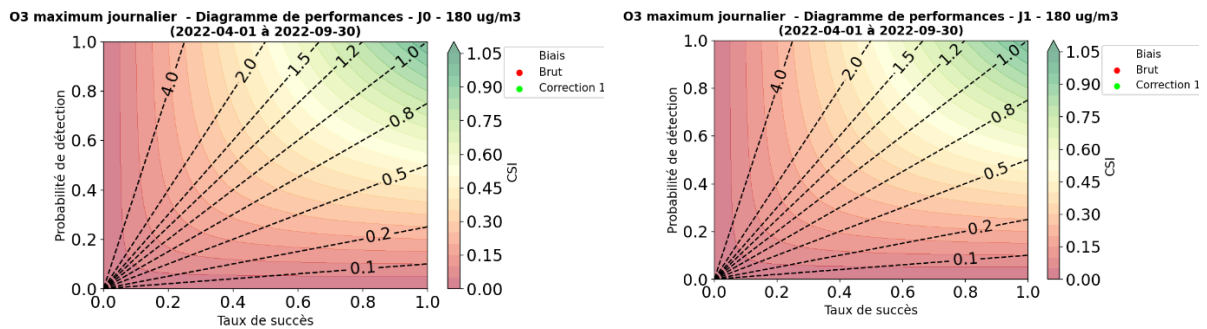


Figure 11 : Ozone - Diagrammes de performance pour PREVEST brut (rouge) et l'adaptation statistique 10h (vert) d'avril à septembre 2022 pour l'échéance J0 (gauche) et J1 (droite).

### 3.1.2.2 Scores en lien avec les critères AMU

Les figures suivantes représentent les éléments de la table de contingence concernant les critères des arrêtés mesure d'urgence en place dans les départements / régions.

Ces éléments des tables de contingence sont établis d'après la cohérence de la validité des critères surfaciques et d'exposition de la population prévue par les prévisions J0 et J1 par rapport à l'évaluation de ces mêmes critères par l'analyse (issue d'une procédure d'assimilation de données pour les journées considérées).

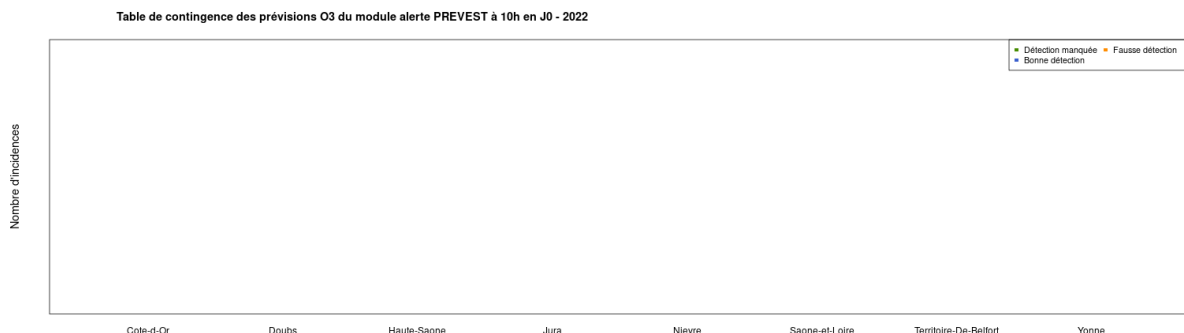


Figure 12 : Ozone - Table de contingence des critères AMU (critères surfaciques et de population confondus) sur la période d'avril à septembre 2022 à l'échéance J0 Les bonnes détections sont en bleu, les fausses alertes en orange, et les alertes manquées en vert.

Table de contingence des prévisions O3 du module alerte PREVEST à 10h en JP1 - 2022

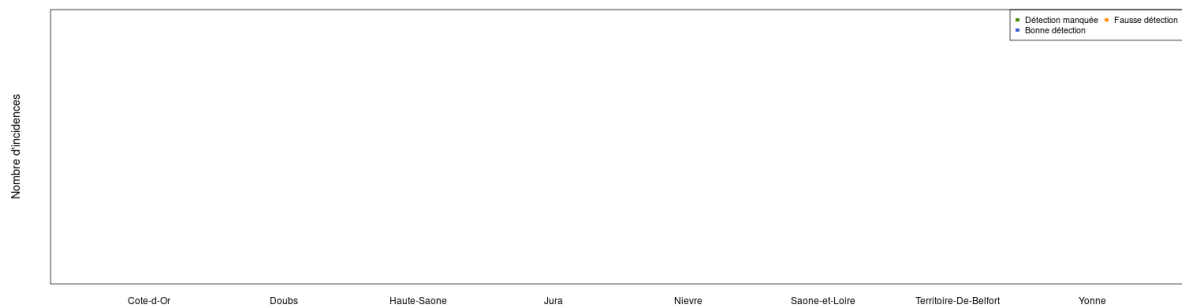


Figure 13 : Ozone - Table de contingence des critères AMU (critères surfaciques et de population confondus) sur la période d'avril à septembre 2022 à l'échéance J0 Les bonnes détections sont en bleu, les fausses alertes en orange, et les alertes manquées en vert.

## 3.2 Prévisions PM10

Les scores PM<sub>10</sub> sont établis (en moyenne journalière) sur l'année.

### 3.2.1 Scores classiques (Biais, RMSE et corrélation)

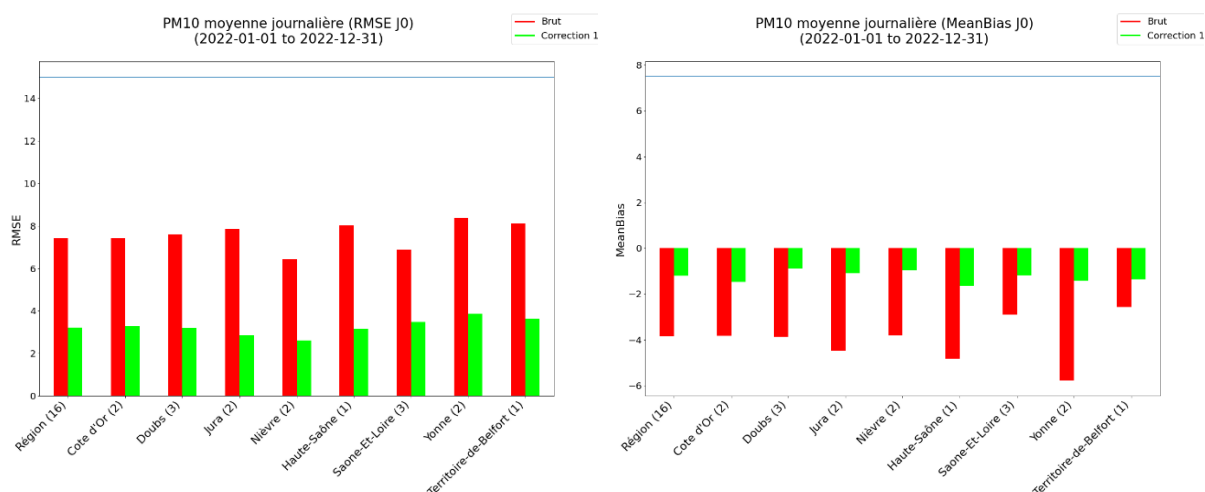
#### 3.2.1.1 Par rapport aux objectifs de qualité

Le tableau suivant récapitule les objectifs de qualité pour les différents indicateurs de performance de la prévision, issus du référentiel technique national édité par le LCSQA :

Polluant	Bias (µg/m3)	RMSE (µg/m3)	Corrélation
O3	-10/+10	25	0,7
PM10	-7,5/+7,5	15	0,6

Figure 14 : Objectifs de qualité définis pour O<sub>3</sub> et PM<sub>10</sub> pour le biais, la RMSE et la corrélation qui s'appliquent aux performances des prévisions en régions et sur les zones disposant d'un arrêté mesure d'urgence et aux échéances J0 et J1.

Les scores pour ces différents indicateurs de performances sont donnés dans les graphes suivants par départements. Ces valeurs départementales sont une moyenne des scores temporels de chaque station de fond. Les graphes sont édités pour l'échéance J0 (aujourd'hui) puis pour l'échéance J1 (demain).





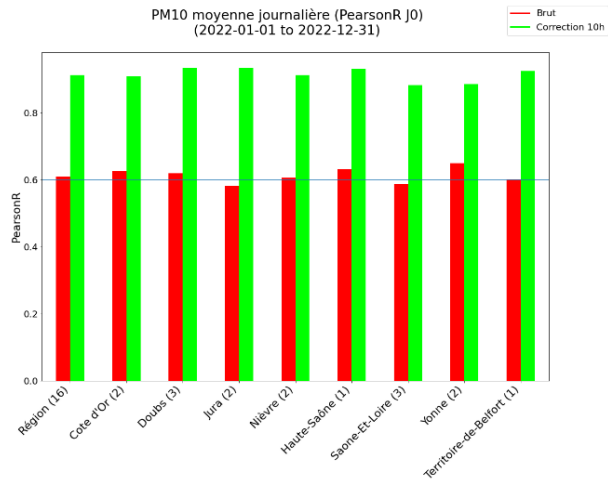


Figure 15 : PM10 - Scores de RMSE (gauche), biais (droite) et corrélation (bas) en Bourgogne-Franche-Comté et par département des prévisions PREVEST brut (rouge) et de l'adaptation statistique 10h (vert) pour 2022 sur l'échéance J0. Accolés entre parenthèses aux zones géographiques se trouvent le nombre de stations prises en compte pour le calcul. La ligne noire indique l'objectif de qualité.

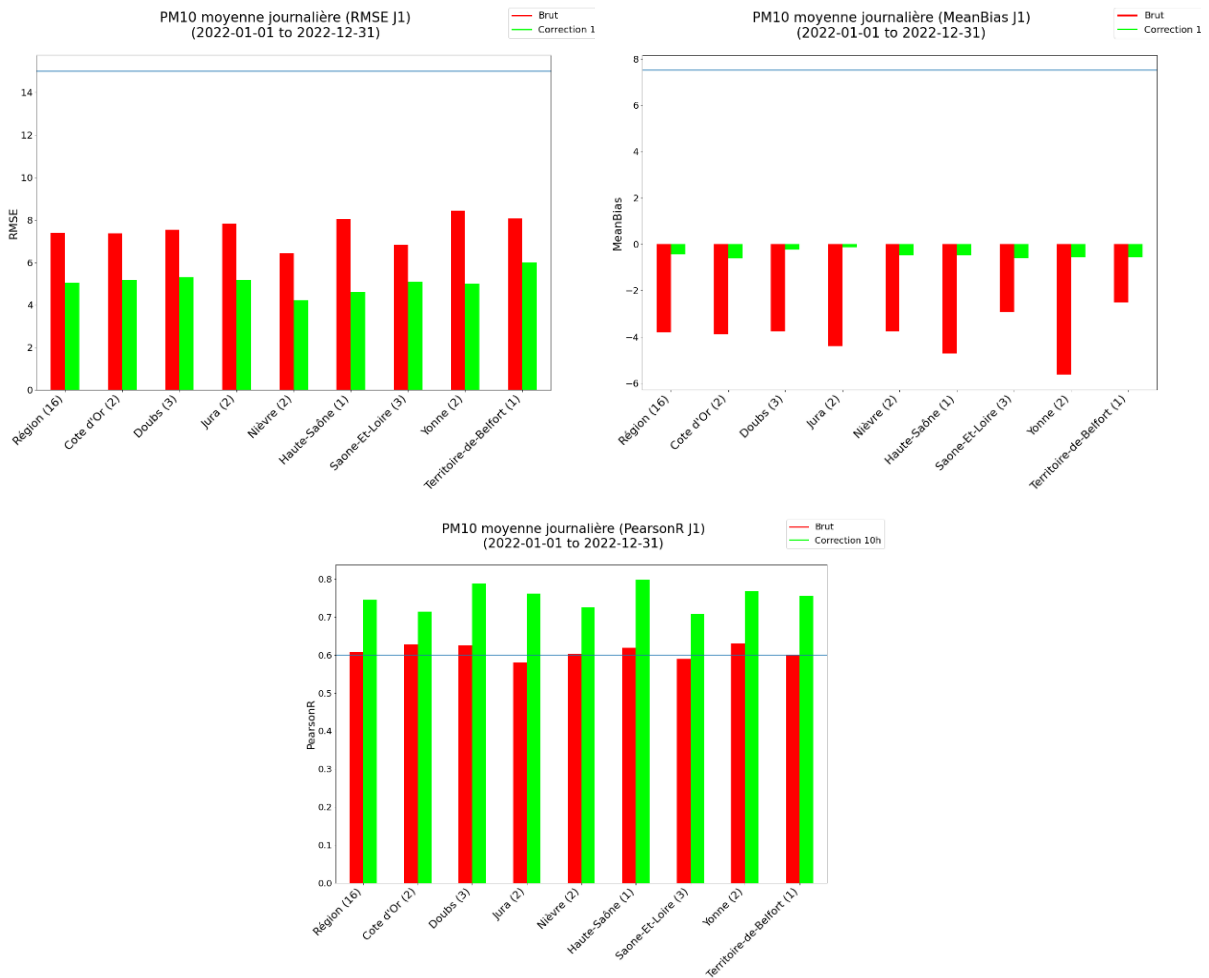


Figure 16 : PM10 - Scores de RMSE (gauche), biais (droite) et corrélation (bas) en Bourgogne-Franche-Comté et par département des prévisions PREVEST brut (rouge) et de l'adaptation statistique 10h (vert) pour 2022 sur l'échéance J+1. Accolés entre parenthèses aux zones géographiques se trouvent le nombre de stations prises en compte pour le calcul. La ligne noire indique l'objectif de qualité.

Pour le biais et le RMSE, l'ensemble des résultats pour J0 et J1 respecte largement les objectifs de qualité fixés dans le référentiel technique national. En revanche, les coefficients de corrélation sur les résultats bruts sont proches et parfois en dessous de la recommandation fixée à 0,6. Ils respectent en revanche largement la recommandation pour les prévisions corrigées.

Le RMSE varie entre 9 et 3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Pour le J0, l'amélioration entre les résultats bruts et corrigés est importante. La correction reste efficace sur le J1 mais avec des gains un peu moins importants sur le RMSE. Les biais varient entre -6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  et 0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , avec, pour les prévisions brutes, une tendance assez nette à la sous-estimation, qui est bien améliorée sur les résultats corrigés, avec un biais très proche de 0 et globalement négatif. Les corrélations confirment ces constats, avec une correction qui permet un gain considérable sur le J0 et le J1 et des coefficients aux alentours de 0,9.

### 3.2.1.2 Par typologie

Les scores pour ces différents indicateurs de performances sont donnés dans les graphes suivants par typologie de stations. Les graphes sont édités pour l'échéance J0.

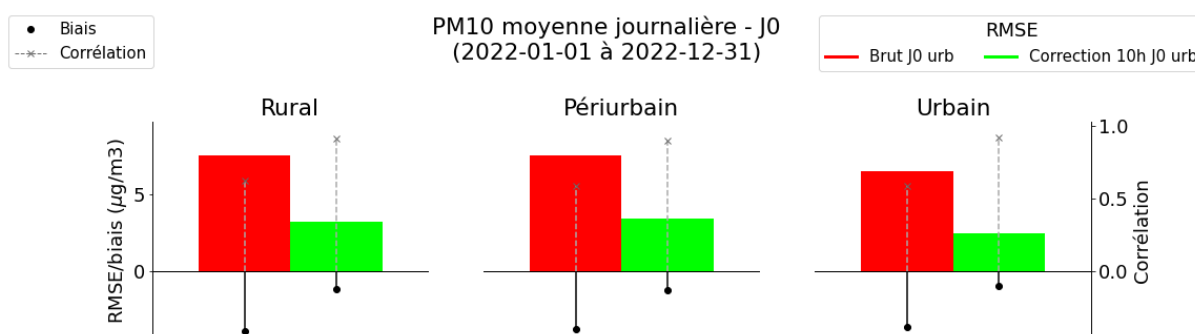


Figure 17 : PM10 - Synthèse des scores de RMSE, biais et corrélation en fonction de la typologie de station (urbaines, périurbaines, rurales) des prévisions PREVEST brut (rouge) et de l'adaptation statistique 10h (vert) pour 2022 sur l'échéance D0

Les indicateurs montrent une amélioration notable sur les prévisions corrigées à 10h. On remarque que cette amélioration sur le RMSE est marquée sur les trois typologies. Le biais s'améliore également nettement, il est proche de 1 sur toutes les typologies. Les corrélations suivent cette tendance, de manière plutôt homogène.

Ce graphe montre que la correction du modèle reste efficace sur les trois typologies et permet un gain net sur les performances de prévision.

### 3.2.1.3 Par échéance de prévision

Les scores pour ces différents indicateurs de performances sont donnés dans les graphes suivants pour les différentes échéances de prévision (de J0 à J+2).

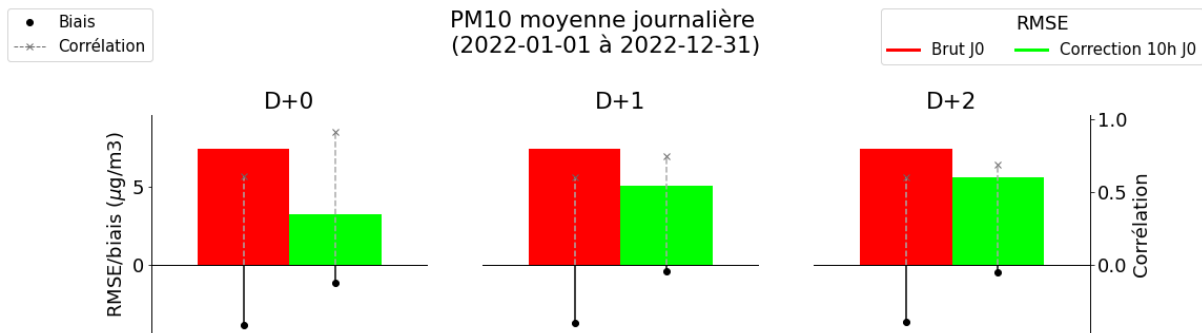
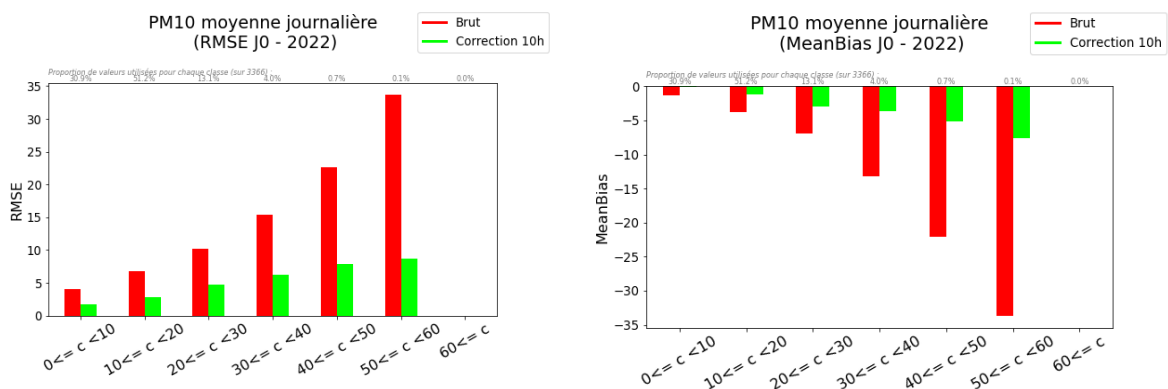


Figure 18 : PM10 - Synthèse des scores de RMSE, biais et corrélation en fonction du jour de prévision pour PREVEST brut (rouge) et de l'adaptation statistique 10h (vert) pour 2022

Ce graphe confirme le gain de performance notable qu'apporte la correction de 10h pour l'échéance J0. Ce gain devient plus faible pour le J1 puis le J2. La correction permet tout de même de corriger le biais sur les trois échéances en gommant la sous-estimation du modèle brut. En revanche, sur le RMSE et le coefficient de corrélation, cette correction est moins efficace sur J1 et J2.

### 3.2.1.4 Par gamme de concentration

Les scores RMSE et biais pour ces différents indicateurs de performances sont donnés dans les graphes suivants un regroupement par classes de concentrations pour l'échéance J0.



Moins de 10	10 à 20	20 à 30	30 à 40	40 à 50	50 à 60	Plus de 60
30.9%	51.2%	13.1%	4.0%	0.7%	0,1%	0,0%

Figure 19 : PM10 - Scores de RMSE et biais par classe de concentration des prévisions PREVEST brut (rouge) et de l'adaptation statistique à 10h (vert) pour 2022 sur l'échéance J+0. Sous les figures, les taux d'observations pour chaque classe de concentrations.

Cette analyse par gamme de concentrations montre que plus les niveaux de PM10 augmentent, plus le RMSE augmente et plus le biais s'accroît. La correction permet d'améliorer les performances de prévision sur l'ensemble de la gamme de concentrations, mais conserve cette tendance. À noter tout de même qu'à partir de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , les classes sont très peu représentées et que cela explique en partie cette dégradation des indicateurs.

### 3.2.1.5 Sur plusieurs années

La figure suivante récapitule les moyennes des différents scores pour les années 2020, 2021 et 2022.

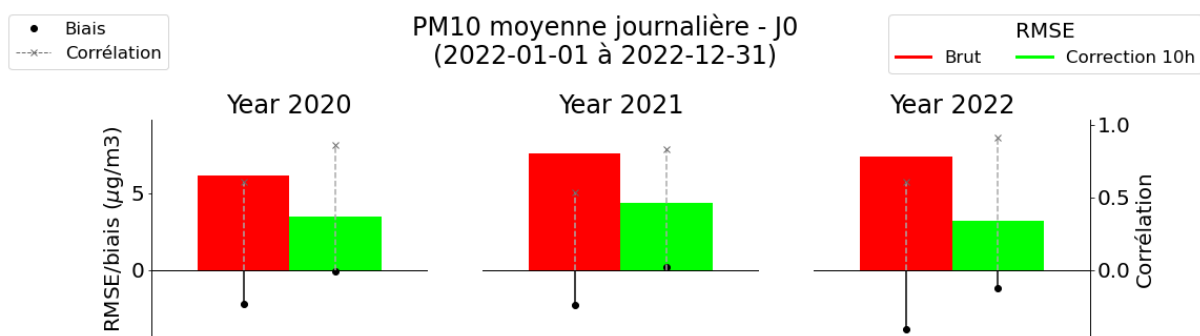


Figure 20 : PM10 - Synthèse des scores de RMSE (barres colorées), biais moyen (points noirs) et corrélation (pointillés gris) depuis 2020 pour PREVEST brut (rouge) et pour son adaptation statistique de 10h (vert)

Sur 2022, il semble se dessiner une amélioration du RMSE et du coefficient de corrélation par rapport aux deux années précédentes. Cette tendance, que l'on peut imputer à la nouvelle méthode de correction, reste à confirmer sur plusieurs années pour conclure.

## 3.2.2 Performances sur les seuils réglementaires

### 3.2.2.1 Scores aux stations

#### 3.2.2.1.1 Séries temporelles

Les figures suivantes représentent le nombre de dépassements observés (en pointillés gris) et prévus (en couleur) cumulés sur toutes les stations de fond pour chaque journée de la période considérée.

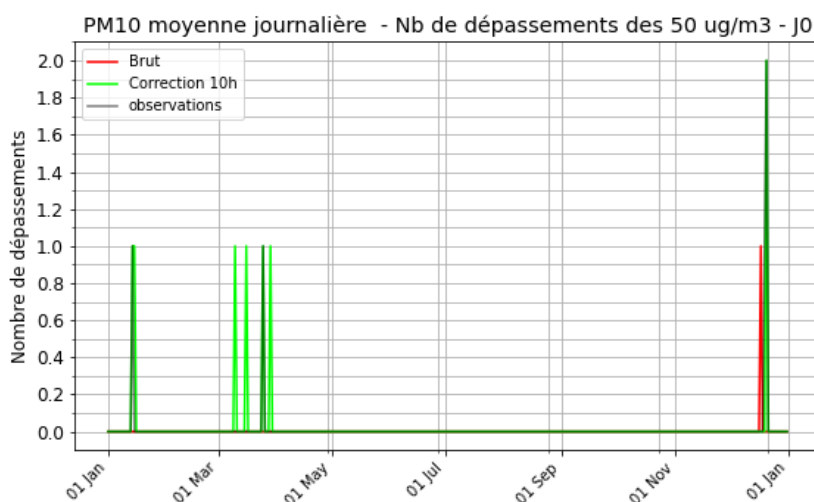


Figure 21 : superposition des dépassements enregistrés et prévus à J0 par les différentes prévisions

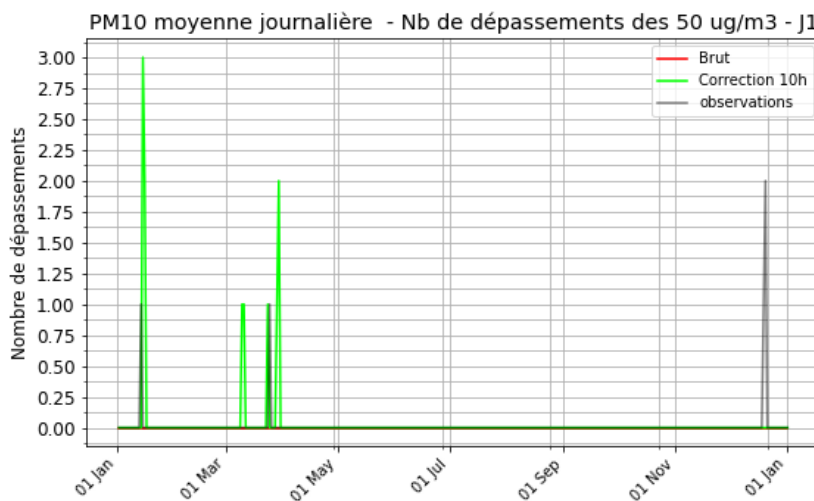


Figure 22 : superposition des dépassements enregistrés et prévus à J1 par les différentes prévisions

Sur l'année 2021, nous avons constaté quatre jours avec au moins un dépassement du seuil de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en PM10 sur une station de mesure de fond du réseau de Bourgogne-Franche-Comté, le 14/01, le 25/03 et du 19/12 au 20/12.

### 3.2.2.1.2 Eléments de la table de contingence

Les figures suivantes représentent les valeurs des tables de contingence (Bonne détection, Détection manquée, Fausse détection) cumulées sur les stations de fond pour la région à gauche et décliné par département. Les éléments pris en compte pour produire ces figures sont définis en Annexe 2.

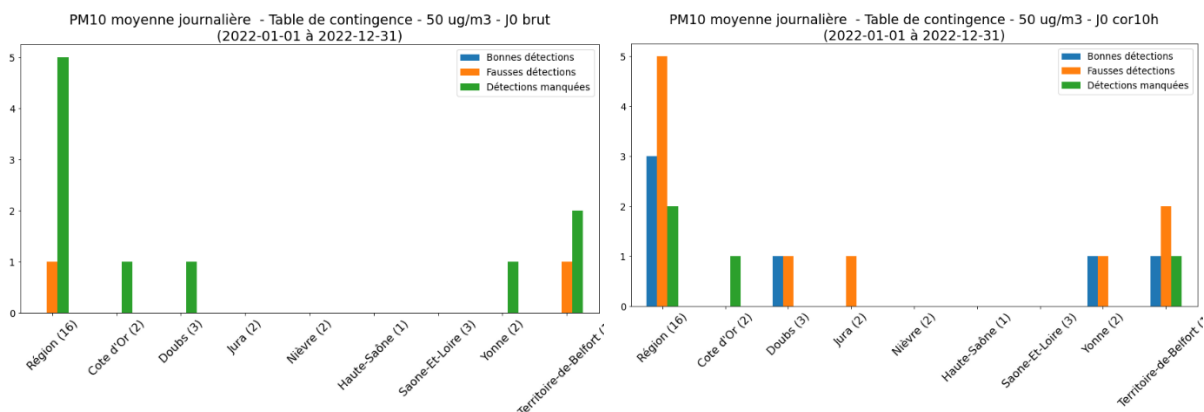


Figure 23 : PM10 - Tables de contingence sur 2022 à l'échéance J0 pour le seuil de 50 µg/m³. Les bonnes détections sont en bleu, les fausses détections en orange, et les détections manquées en vert. Gauche : Tables de contingence de PREVEST brut pour les départements de la Bourgogne-Franche-Comté. Droite : équivalent pour l'adaptation statistique de 10h.

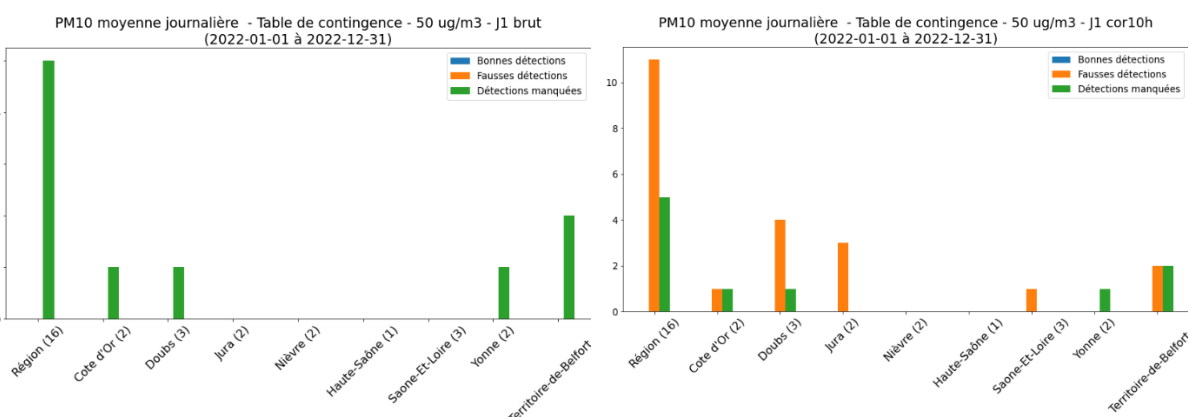


Figure 24 : PM10 - Tables de contingence sur 2022 à l'échéance J+1 pour le seuil de 50 µg/m³. Les bonnes détections sont en bleu, les fausses détections en orange, et les détections manquées en vert. Gauche : Tables de contingence de PREVEST brut pour les départements de la Bourgogne-Franche-Comté. Droite : équivalent pour l'adaptation statistique de 10h.

L'analyse des graphiques montre que :

- Le modèle brut ne compte aucune bonne détection de dépassement en J0 et en J1, mais plusieurs détections manquées.
- Le modèle corrigé apporte une amélioration des performances de détection de dépassement pour J0, avec trois bonnes détections.
- Les fausses détections restent cependant majoritaires avec cinq sur l'année
- Les détections manquées sont au nombre de trois.
- Pour J1, le modèle corrigé dégrade la performance, en ne détectant aucun dépassement et en générant beaucoup de fausses détections.

Cette figure représente une vue complète des performances des prévisions par rapport à la détection des seuils réglementaires (l'objectif est de se situer au plus proche du coin supérieur droit) :

- Axe horizontal : capacité du modèle à faire de bonnes prévisions parmi les détections
- Axe vertical : capacité du modèle à prévoir des dépassements
- Axe transverse : proportion de fausses alertes par rapport aux alertes manquées
- Axe couleur : capacité du modèle à faire de bonnes prévisions sans évènements parasites (fausses alertes, alertes manquées)

L'absence de point symbolise l'absence de franchissement du seuil par le jeu de données concerné (même si des dépassements de ce seuil ont pu être constatés par la mesure) ou si la mesure n'a jamais présenté de dépassement du seuil.

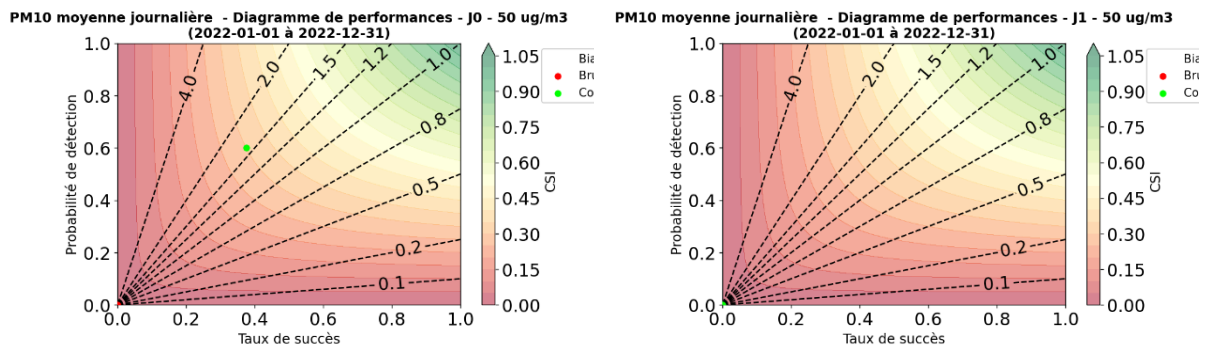


Figure 25 : PM10 - Diagrammes de performance pour PREVEST brut (rouge) et l'adaptation statistique 10h (vert) pour 2022 pour l'échéance J0 (gauche) et J1 (droite).

Les résultats issus de ces deux figures reprennent les conclusions faites précédemment, à savoir que sur les cinq jours où des dépassements de seuil ont été observés sur les PM10,

- En J0, le modèle corrigé présente des résultats en amélioration par rapport au modèle brut, mais avec une probabilité de dépassement très faible.
- En J1, le modèle corrigé n'a pas réussi à prévoir les dépassements.

### 3.2.2.2 Scores en lien avec les critères AMU

Cette figure représente les éléments de la table de contingence concernant les critères des arrêtés mesure d'urgence en place dans les départements / régions.

Ces éléments des tables de contingence sont établis d'après la cohérence de la validité des critères surfaciques et d'exposition de la population prévue par les prévisions J0 et J1 par rapport à l'évaluation de ces mêmes critères par l'analyse (issue d'une procédure d'assimilation de donnée pour les journées considérées).

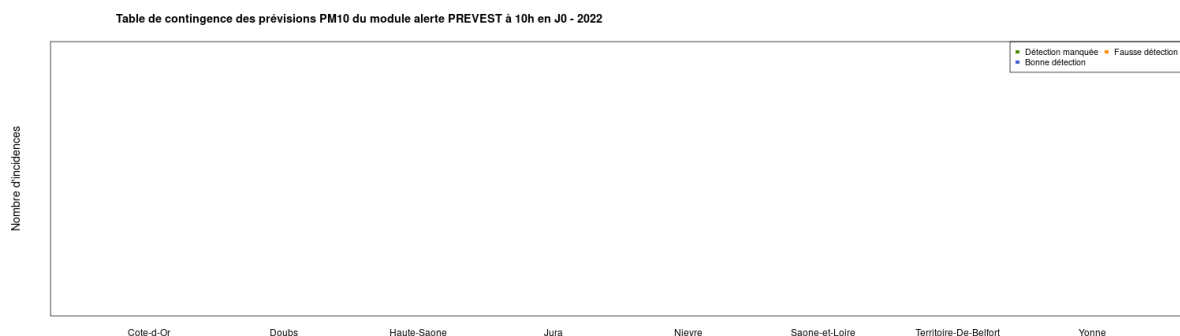


Figure 26 : PM10 - Table de contingence des critères AMU (critères surfaciques et de population confondus) sur 2022 à l'échéance J0. Les bonnes détections sont en bleu, les fausses alertes en orange, et les alertes manquées en vert.

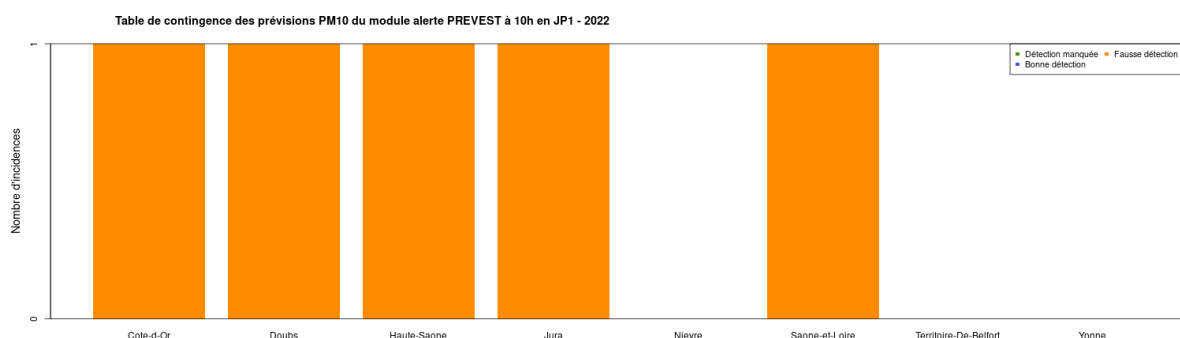


Figure 27 : PM10 - Table de contingence des critères AMU (critères surfaciques et de population confondus) sur 2022 à l'échéance J+1. Les bonnes détections sont en bleu, les fausses alertes en orange, et les alertes manquées en vert.

### 3.2.2.3 Analyse des performances sur le seuil réglementaire PM10

Les performances de prévision de dépassement de seuil sur les PM10 sont très difficiles à évaluer étant donné que sur l'année 2022, aucun dépassement sur les stations de fond n'ont entraîné un dépassement des critères AMU. A noter que sur le J1, la plateforme a prévu 1 jour de dépassement qui s'est révélé être une fausse détection.



## Annexe 1 : méthode de calcul des scores

**Taux de disponibilité des données fixé à 75%.** Cela signifie qu'il faut que sur la période d'évaluation, 75% des couples journaliers (ou horaires) mesures-concentrations prévues soient disponibles pour qu'une station soit prise en compte dans le calcul des scores.

L'ensemble des scores est calculé aux stations puis fait l'objet d'une moyenne selon les critères de la représentation (par zones géographiques, par typologies, par année, ...)

- **Biais :** Estimateur des écarts entre prévisions et observations :

$$\frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N (P_i - O_i)$$

*N est le nombre de stations de mesure,  $P_i$  la valeur de prévision à la station  $i$  et  $O_i$  la valeur observée à la station.*

Si le biais est établi pour le maximum journalier, alors le maximum journalier des 2 valeurs doit être pris, s'il s'agit d'un biais pour la moyenne journalière, alors la moyenne journalière des 2 valeurs doit être prise. Valeurs exprimées en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

- **RMSE :** Root Mean Square Error (RMSE) donne une information sur la qualité du modèle à reproduire les niveaux de concentrations observées. Elle doit être la plus faible possible.

$$\sqrt{\frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}$$

*N est le nombre de stations,  $P_i$  correspond à la prévision à la station  $i$  et  $O_i$  l'observation à la station  $i$ . Valeurs exprimées en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .*

**Corrélation :** Corrélation  $r$  informe sur la cohérence des variabilités temporelle ou spatiale des concentrations observées et prévues. Plus celle-ci est proche de 1 plus la prévision est en mesure de reproduire les bonnes variations des concentrations observées.

$$r = \frac{\text{cov}(P, O)}{\sqrt{\text{var}(P)} \cdot \sqrt{\text{var}(O)}} = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_i (y_i - \bar{y})^2}}$$

*N est le nombre de stations,  $P_i$  correspond à la prévision à la station  $i$  et  $O_i$  l'observation à la station  $i$ . Valeurs sans dimension. (cov correspond à la covariance et var à la variance).*

## Annexe 2 : éléments table de contingence

En préambule, un dépassement est comptabilisé lorsqu'une valeur observée ou prévue excède strictement le seuil de concentration considéré.

La table de contingence des prévisions d'un modèle se présente comme suit :

	<i>Obs &gt; seuil</i>	<i>Obs &lt; seuil</i>	<i>Total</i>
<i>Prévi &gt; seuil</i>	Bonne détection (a)	Fausse détection (b)	a+b
<i>Prévi &lt; seuil</i>	Détection manquée (c)	Bonne non-détection (d)	c+d
<i>Total</i>	a+c	b+d	a+b+c+d

**Bonne détection (a)** : bonne prévision de dépassement du seuil

**Bonne non-détection (d)** : bonne prévision de non-dépassement du seuil

**Détection manquée (c)** : dépassement de seuil observé en station mais non prévu par le modèle

**Fausse détection (b)** : dépassement de seuil prévu par le modèle mais non observé en station

A partir de ces paramètres, il est possible de calculer plusieurs indicateurs permettant de mieux formaliser les performances d'un modèle vis-à-vis de la détection des dépassements.

**POD** = « Probability of Detection », ou probabilité de détection

C'est le taux de bonnes prévisions de dépassements de seuil par rapport au nombre total de dépassements observés.

$$POD = \frac{a}{a + c}$$

**FAR** = « False Alarm Ratio », ou taux de détection manquée

C'est le taux de mauvaises prévisions de dépassements de seuil par rapport au nombre total de dépassements prévus par le modèle.

$$FAR = \frac{b}{a + b}$$

**SR** = « Success Ratio », ou taux de succès

C'est le taux de bonnes prévisions de dépassements de seuil par rapport au nombre total de dépassements prévus par le modèle.

$$SR = \frac{a}{a + b} = 1 - FAR$$

**FB** = « Frequency Bias », ou biais de prévision

C'est le biais de prévision des dépassements de seuils. S'il est inférieur à 1, la prévision a tendance à faire plus d'alertes manquées que de détections manquées.

$$FB = \frac{a + b}{a + c}$$

**CSI** = « Critical Success Index » ou « Threat Score »

C'est le taux de bonnes prévisions de dépassements de seuil par rapport au nombre total d'évènements prédits et manqués.

$$CSI = \frac{a}{a + b + c}$$

RETROUVEZ TOUTES  
NOS **PUBLICATIONS** SUR :  
[www.atmo-bfc.org](http://www.atmo-bfc.org)



Atmo Bourgogne-Franche-Comté  
37 rue Battant, 25000 Besançon  
Tél. : 03 81 25 06 60  
[contact@atmo-bfc.org](mailto:contact@atmo-bfc.org)  
[www.atmo-bfc.org](http://www.atmo-bfc.org)