



Prévision de la qualité de l'air

Evaluation des performances des modèles de prévision de la qualité de l'air en Bretagne en 2022

Version 22 juin 2023

Etude réalisée par Air Breizh

AirBreizh¹ est l'organisme agréé de surveillance de la qualité de l'air dans la région Bretagne, au titre de l'article L221-3 du Code de l'environnement, précisé par l'arrêté du 17 juillet 2019 pris par le Ministère de l'Environnement portant renouvellement de l'agrément de l'association.

À ce titre et compte tenu de ses statuts, Air Breizh est garant de la transparence de l'information sur les résultats et les rapports d'études produits selon les règles suivantes :

Air Breizh réserve un droit d'accès au public à l'ensemble des résultats et rapports d'études selon plusieurs modalités : document papier, mise en ligne sur son site internet www.airbreizh.asso.fr/publications/, résumé dans ses publications.

Les données contenues dans ce document restent la propriété intellectuelle d'Air Breizh. Toute utilisation de ce rapport et/ou de ces données doit faire référence à Air Breizh dans les termes suivants : ©Air Breizh (2023) *Evaluation des performances des modèles de prévision de la qualité de l'air en Bretagne en 2022.*

Organisation interne - contrôle qualité

Rédaction	Relecture	Validation	Version/Date
Nicolas Moreau (<i>Chef de projet Prévision et Alerte</i>)	Simon Leray (<i>Responsable Service Numérique</i>)	Gaël Lefeuvre (<i>Directeur</i>)	Version 1 - Juin 2023

1. Air Breizh, <https://www.airbreizh.asso.fr/nous-connaître/>

0 Table des matières

Table des matières	2
Glossaire	3
1 Contexte	4
2 Introduction	5
3 Evaluation des modélisations	8
3.1 Evaluation des PM10	8
3.1.1 Présentation des scores	8
3.1.2 Performances sur les dépassements de seuil	11
3.2 Evaluation des PM2.5	14
3.2.1 Présentation des scores	14
3.2.2 Performances sur les dépassements de seuil	17
3.3 Evaluation de l'O ₃	20
3.3.1 Présentation des scores	20
3.3.2 Performances sur les dépassements de seuil	23
3.4 Evaluation du NO ₂	26
3.4.1 Présentation des scores	26
3.4.2 Performances sur les dépassements de seuil	29
4 Conclusion	30
5 Liste des Figures	31
6 Liste des Tables	33
7 Références	34

Glossaire

Abréviations

LCSQA	Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'air
DREAL	Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
ESMERALDA	EtudeS MultiRegionALes de l'Atmosphère

Polluants

PM10	Particules fines de diamètre inférieur à 10 μm
PM2.5	Particules fines de diamètre inférieur à 2.5 μm
O₃	Ozone
NO₂	Dioxyde d'azote

Unités de mesure

$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Microgramme (10^{-6}g) par mètre cube (d'air)
--------------------------------------------	----------------------------------------------------------

1 Contexte

Afin de répondre à l'article 13 de l'arrêté du 16 avril 2021 relatif au dispositif national de surveillance de la qualité de l'air ambiant, Air Breizh a évalué les performances de son système de prévision et les résultats obtenus en 2022, selon les critères préconisés par le référentiel technique national du LCSQA et plus spécifiquement selon le document de référence du dispositif national pour la prévision de la qualité de l'air du LCSQA : Evaluation des performances des prévisions de la qualité de l'air (LCSQA, 2021 [2]).¹.

Dans ce document, adressé à la DREAL Bretagne et au LCSQA, Air Breizh effectue une analyse synthétique des performances de l'année 2022 et une description de la plateforme de prévision à partir des sorties fournies par la plateforme ESMEALDA d'Airparif.

Pour ce rapport 2023, AirBreizh a développé un package permettant d'utiliser les fonctions par la suite EVAL-TOOLS et de créer les figures présentées.

La version evaltools_v1.0.8 a été utilisée et des ajustements ont été réalisés dans les scripts afin de les adapter à la situation bretonne et pour répondre aux besoins d'Air Breizh.

Les résultats présentés dans ce rapport concernent les scores d'ozone établis sur la période d'avril à septembre inclus (en maximum journalier), les scores PM10 et PM2.5 établis sur l'année (en moyenne journalière) et les scores de NO₂ établis sur l'année (en moyenne horaire).

1. LCSQA, Document de référence :

https://www.lcsqa.org/system/files/media/documents/LCSQA%20-%20RTN-%20Evaluation_pr%C3%A9vision_vaplicable01012022.pdf

2 Introduction

Dans ce rapport, les performances de quatre modèles de qualité de l'air seront analysés pour les quatre principaux polluants règlementés : le dioxyde d'azote (NO₂), l'ozone (O₃) et les particules fines (PM10 et PM2.5). Les modèles étudiés sont :

- Le modèle Prevoir haute résolution (PrevoirHR à 4km).
- Le modèle Esmeralda haute résolution (EsmeraldaHR à 3km).
- Le modèle Esmeralda basse résolution (EsmeraldaBR à 15km).
- Le modèle Esmeralda haute résolution assimilé via de la prévision statistique (EsmeraldaPS).

Ces modèles sont utilisés quotidiennement dans le cadre de la prévision de la qualité de l'air. Air Breizh dispose également de 15 stations de mesure réparties sur le territoire (Figure 2.1).

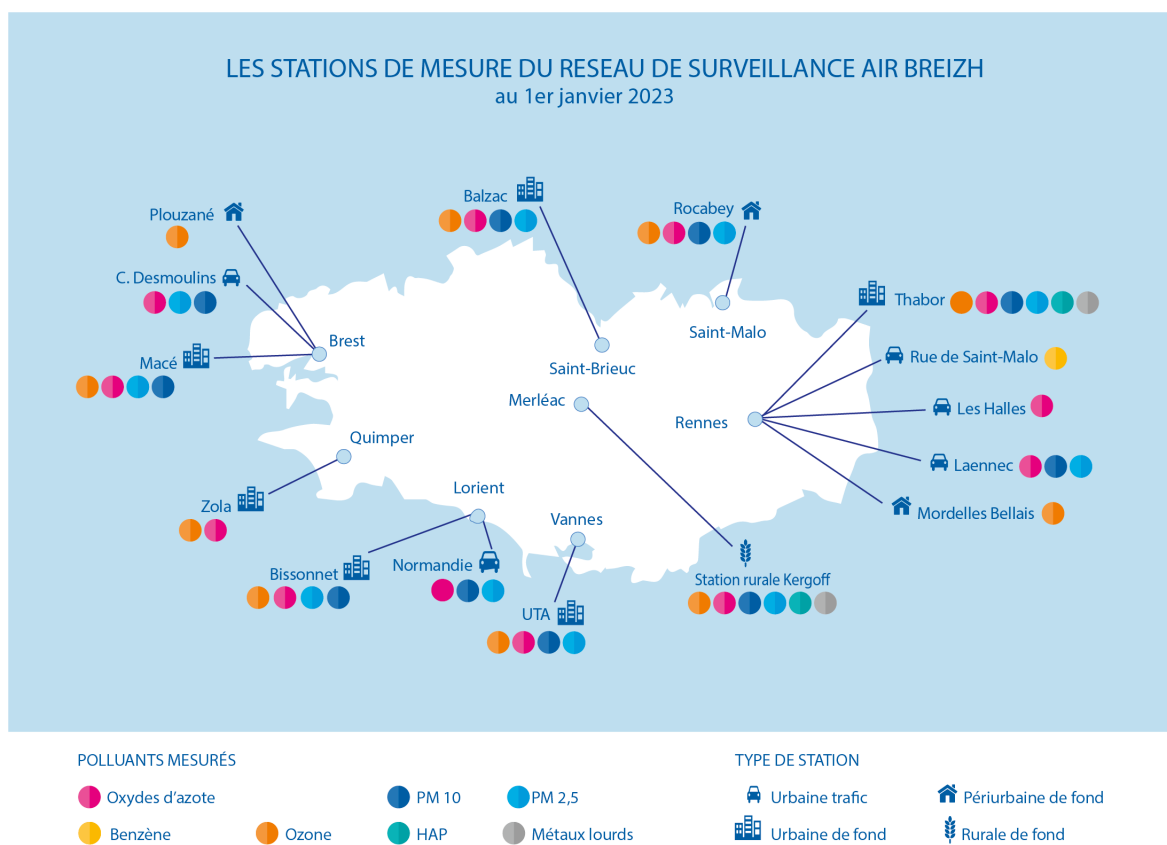


FIGURE 2.1 – Réseau de surveillance d'Air Breizh au 1^{er} janvier 2023

Les polluants :

Dans ce rapport, les polluants inscrits dans les arrêtés préfectoraux (PM10, O₃, NO₂) ainsi que les PM2.5 sont étudiés.

Les PM2.5 ne sont pas présentes dans les arrêtés en vigueur en 2022, cependant des seuils sont définis dans le cadre de l'indice ATMO. De plus, l'indice ATMO définit des seuils "mauvais" plus restrictifs que les seuils d'information et de recommandation prévus par les arrêtés pour l'O₃ et le NO₂. Ainsi, les performances des modèles vis-à-vis de ces différents seuils (table 2.1) seront étudiées.

TABLE 2.1 – Seuils d'information et de recommandation et seuils indice ATMO

	Seuil IR	Seuil "mauvais" (indice ATMO)
PM10 (Moyenne journalière)	50 µg/m ³	50 µg/m ³
PM2.5 (Moyenne journalière)	-	25 µg/m ³
O ₃ (Maximum journalier)	180 µg/m ³	130 µg/m ³
NO ₂ (Moyenne horaire)	200 µg/m ³	120 µg/m ³

Elements statistiques :

Les modèles seront analysés en comparant avec les mesures in-situ à travers les éléments statistiques suivants :

- La racine de l'erreur quadratique moyenne RMSE (Root Mean Square Error) qui permet de connaître l'écart moyen entre la prévision et la mesure. Plus la valeur est élevée, plus le modèle est éloigné de la mesure.
- Le biais moyen (Mean Bias) qui représente l'erreur moyenne du modèle.
- La corrélation (Pearson R) qui traduit la justesse du modèle dans sa reproduction de l'évolution temporelle. Une valeur proche de 1 indique une bonne performance du modèle, une valeur proche de 0 indique une incapacité à reproduire l'évolution des mesures.

Le table 2.2 regroupe les valeurs cibles pour les éléments statistiques décrits ci-dessus. Les valeurs indiquées pour la RMSE et le biais moyen sont issues du guide fournis par le LCSQA (LCSQA, 2021 [2]) pour les polluants figurants dans le document. Les PM2.5 et le NO₂ n'ont qu'une valeur cible pour la corrélation.

TABLE 2.2 – Valeurs cibles pour les éléments statistiques utilisés

	RMSE (µg/m ³)	Biais moyen (µg/m ³)	Corrélation
PM10 (Moyenne journalière)	15	± 7.5	0.6
PM2.5 (Moyenne journalière)	-	-	0.6
O ₃ (Maximum journalier)	25	±10	0.7
NO ₂ (Moyenne horaire)	-	-	0.6

Type de figures utilisées :

Pour chacun des polluants, les figures suivantes seront analysées :

- Des histogrammes présentant, pour chaque modèle, les scores de corrélation, de RMSE et de biais moyen. Ces histogrammes sont déclinés en quatre type de graphique : un graphique présentant simplement les scores pour chaque modèle, un graphique présentant les scores pour chaque modèle par gamme de concentration, un graphique présentant les scores pour chaque modèle et pour les différentes typologies de station (urbaine, périurbaine et rurale), et enfin une figure présentant les scores par modèle et par échéance (J+0, J+1 et J+2).
- Un graphique de contingence présentant, pour chaque modèle, le nombre de dépassements de seuil détectés, de dépassements manqués et de fausses détections, sous forme d'histogrammes.
- Un graphique présentant les dépassements de seuil prévus par les modèles et les dépassements réels (mesurés) sur la période d'étude.
- Un diagramme de performance synthétisant la capacité du modèle à prévoir les dépassements (la probabilité d'effectuer une bonne détection) et son taux de succès (le ratio entre les bonnes détections et les fausses détections).

L'analyse des scores des particules fines (PM10 et PM2.5) sera d'abord discutée, suivies de celles de l'O₃ et du NO₂.

3 Evaluation des modélisations

3.1 Evaluation des PM10

3.1.1 Présentation des scores

Scores simples

Les figures 3.1 représentent, sous forme d'histogramme, la corrélation, le biais moyen et la RMSE des quatre modèles étudiés (PM10 à J+0). Les performances d'EsmeraldaHR, BR et PrevairHR sont similaires pour tous les scores. En revanche, EsmeraldaPS se distingue avec une RMSE deux fois plus faible que celle des autres modèles, un biais moyen proche de 0 et une corrélation dépassant 0,8.

Le détail des scores est présenté dans la table 3.1.

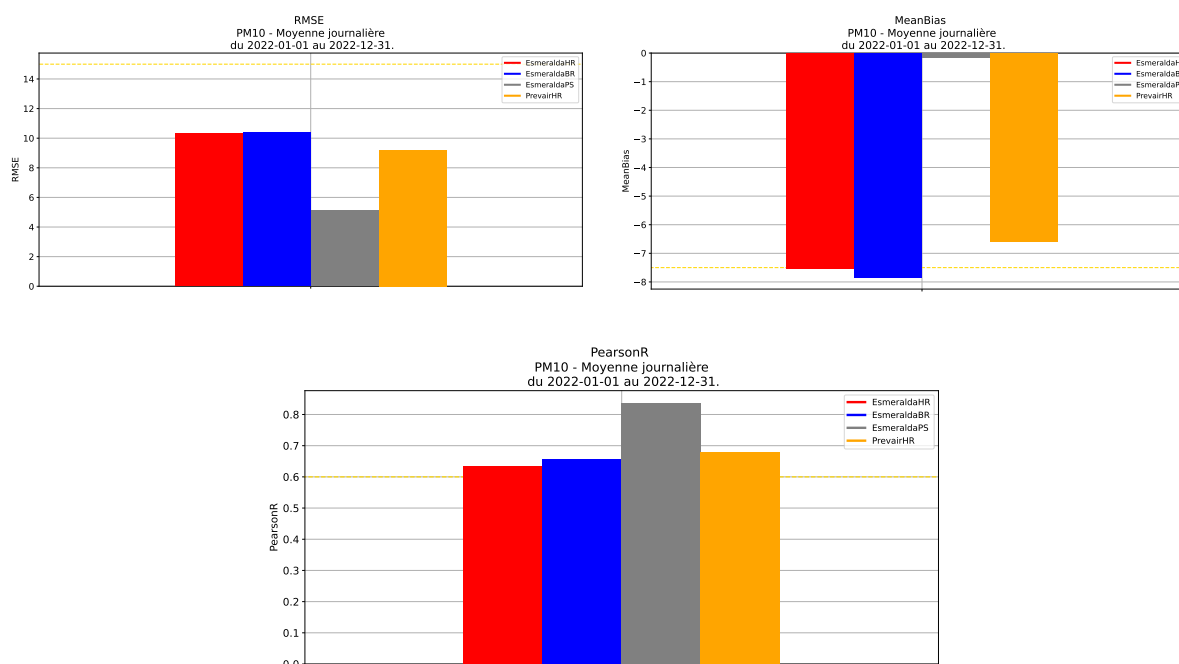


FIGURE 3.1 – PM10 - RMSE (en haut à gauche), biais moyen (en haut à droite) et corrélation (en bas)

TABLE 3.1 – Scores pour les PM10 à J+0

	EsmeraldaHR	EsmeraldaBR	EsmeraldaPS	PrevairHR
RMSE	10.31	10.40	5.13	9.20
MeanBias	-7.54	-7.86	-0.17	-6.58
PearsonR	0.63	0.66	0.83	0.68

Scores par gammes de concentration

Les figures 3.2 représentent les scores sous forme d'histogramme pour différentes gammes de concentration. Tous les modèles sous-estiment les concentrations de PM10 et cette sous-estimation augmente en fonction de la concentration. Cette perte de performance est moins importante pour EsmeraldaPS. Ce dernier sur-estime cependant légèrement les concentrations faibles.

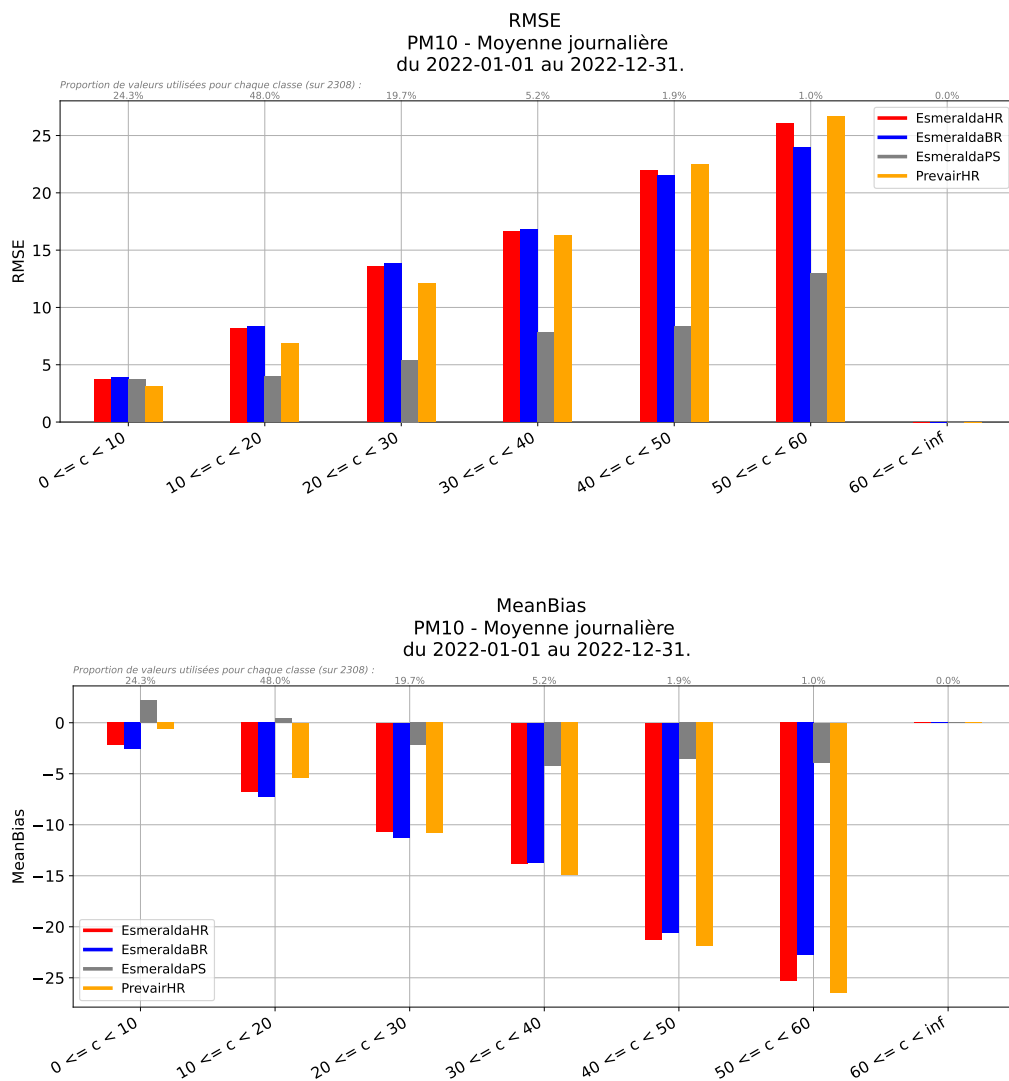


FIGURE 3.2 – PM10 - RMSE (en haut), biais moyens (en bas) et corrélations (en bas) pour différentes gammes de concentration.

Scores par typologies de station

La figure 3.3 représentent les scores sur un seul graphique en fonction de la typologie des stations de mesure.

les modèles sont plus performants au niveau de la station rurale de fond (Station MERA Kergoff) avec une corrélation légèrement plus forte et un biais diminué pour EsmeraldaHR, BR et PrevairHR. EsmeraldaPS et PrevairHR ont une corrélation similaire entre les stations urbaines et périurbaines. La RMSE de tous les modèles est plus élevée pour la station périurbaine mais la dégradation du score est plus importante pour EsmeraldaHR, EsmeraldaPS et EsmeraldaBR et s'accompagne d'une baisse de la corrélation. Pour les trois typologies, EsmeraldaPS est le modèle le plus performant.

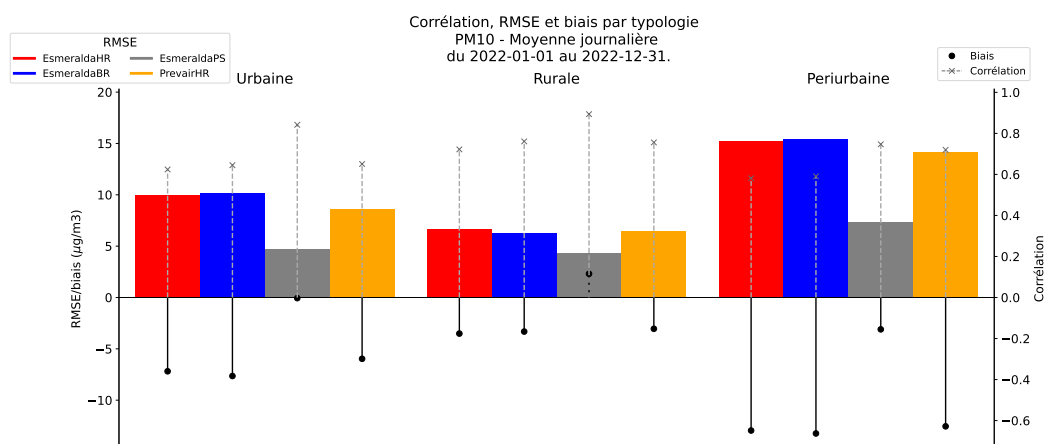


FIGURE 3.3 – PM10 - RMSE, biais moyens et corrélations pour les stations de fond urbaines, périurbaines et rurales de Bretagne.

Scores par échéances de prévision

La figure 3.4 représente les scores sur un seul graphique en fonction de l'échéance du modèle. La RMSE et le biais moyen sont stables pour EsmeraldaHR, BR et PrevairHR et une légère augmentation est constatée pour EsmeraldaPS. Cependant ces scores restent meilleurs pour EsmeraldaPS. Pour les quatre modèles, la corrélation se dégrade légèrement à chaque échéance. A noter que la diminution de performance est faible entre J+0 et J+1 et qu'Air Breizh ne fait pas de prévision J+2.

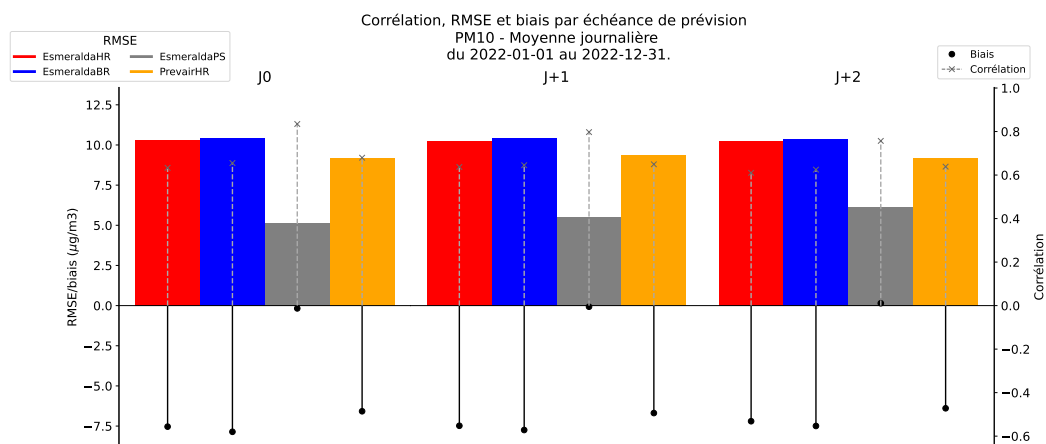


FIGURE 3.4 – PM10 - RMSE, biais moyens et corrélations pour J+0, J+1 et J+2.

3.1.2 Performances sur les dépassements de seuil

Le seuil d'information et de recommandation et le seuil "mauvais" défini par dans le cadre de l'indice ATMO sont identiques (table 2.1) et fixés à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Diagrammes de dépassement de seuil

Les figures 3.5 et 3.6 représentent le nombre de dépassement relevé par les stations et prévu par les modèles pour J+0 et J+1. Les dépassements, qu'ils soient mesurés ou prévus ont tous lieu durant la période hivernale et printanière. Pour J+0 comme pour J+1, seul EsmeraldaPS détecte des dépassements à la même période où des dépassements sont mesurés.

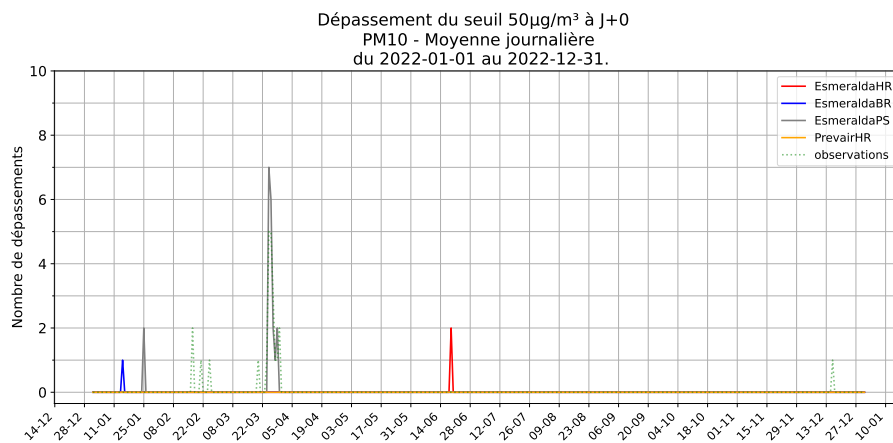


FIGURE 3.5 – PM10 - Comparaison du nombre de dépassements réel et du nombre de dépassements prévu pour J+0.

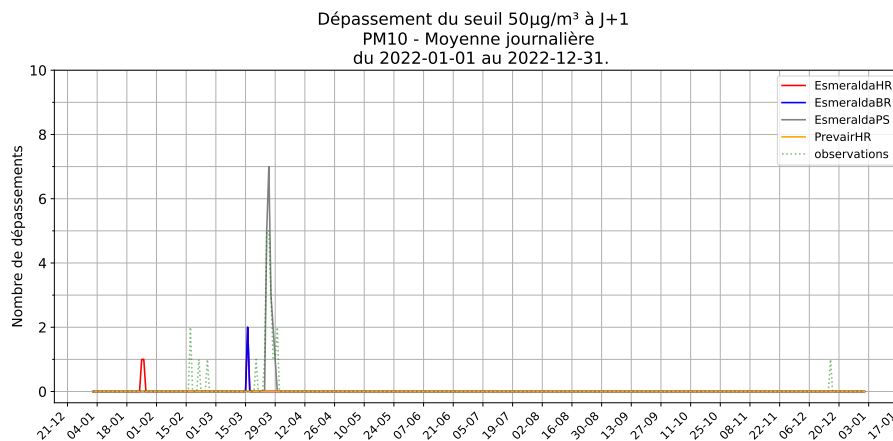


FIGURE 3.6 – PM10 - Comparaison du nombre de dépassements réel et du nombre de dépassements prévu pour J+1.

Diagrammes de contingence

Les figures 3.7 et 3.8 représentent le nombre de bonnes détections (ie. dépassement prévu et mesuré), de fausses détections (ie. dépassement prévu mais pas mesuré) et de détections manquées (ie. dépassement mesuré mais pas prévu) par les modèles pour J+0 et J+1. Comme constaté avec les graphiques précédents, seul EsmeraldaPS réalise des bonnes détections en 2022. EsmeraldaBR et EsmeraldaHR ne font eux que quelques fausses détections. Une augmentation du nombre de bonnes détections et une diminution du nombre de détections fausses et manquées sont constatées pour EsmeraldaPS.

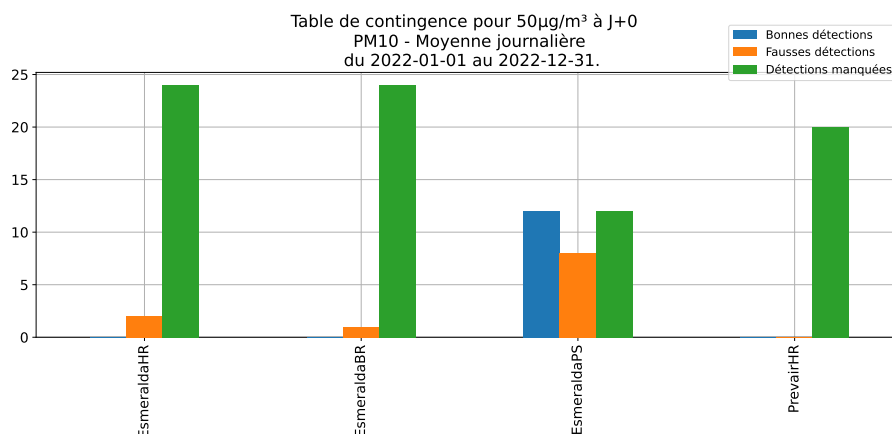


FIGURE 3.7 – PM10 - Histogrammes du nombre de bonnes détections, de fausses détections et de détections manquées pour J+0.

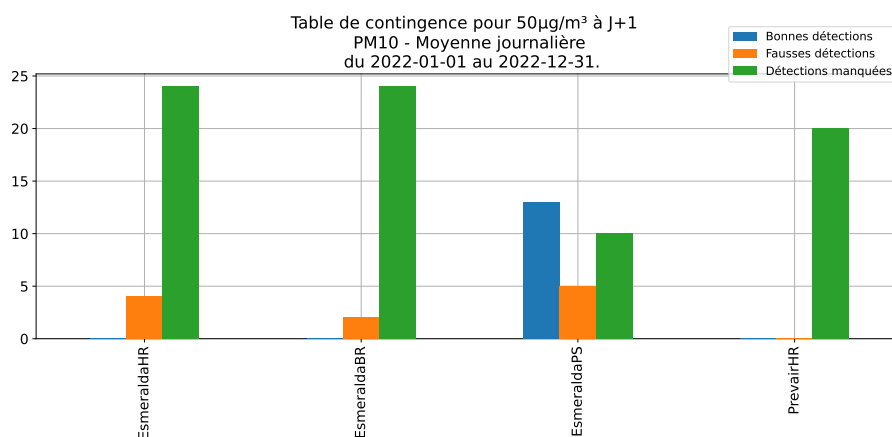


FIGURE 3.8 – PM10 - Histogrammes du nombre de bonnes détections, de fausses détections et de détections manquées pour J+1.

Diagrammes de performance

Les figures 3.9 et 3.10 synthétisent les graphiques de contingence. Un modèle parfait se trouverait dans le coin supérieur droit avec un taux de succès et une probabilité de détection de 100%.

Seul EsmeraldaPS est présent sur le diagramme car c'est le seul modèle effectuant de bonnes détections en PM10 sur la Bretagne en 2022. Une amélioration est constatée entre J+0 et J+1, causée par la légère augmentation du nombre de bonnes détections et la diminution du nombre de détections fausses et manquées constatées sur les Diagrammes de contingence.

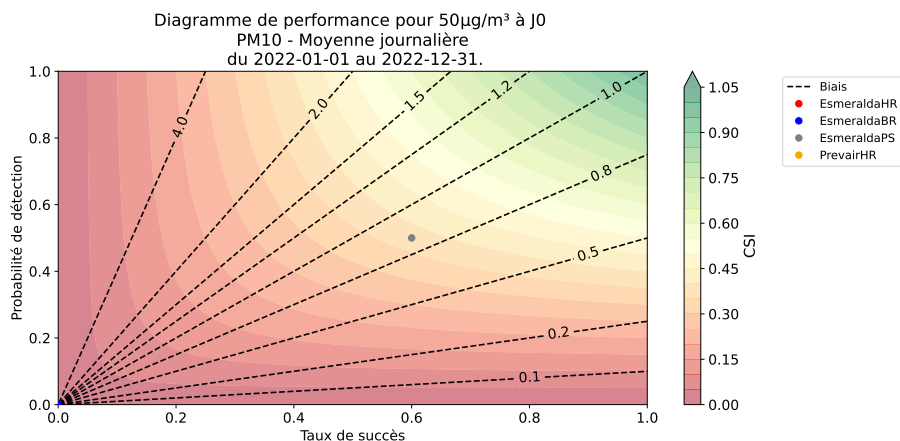


FIGURE 3.9 – PM10 - Diagrammes de performance pour J+0.

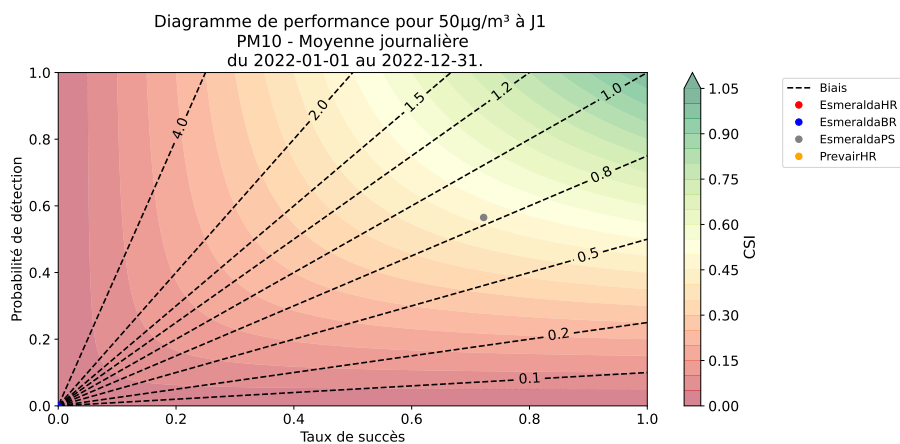


FIGURE 3.10 – PM10 - Diagrammes de performance pour J+1.

3.2 Evaluation des PM2.5

Si les PM2.5 ne sont pas encore inscrits dans les arrêtés préfectoraux sur lesquels se base la prévision, il ne fait aucun doute que ce sera le cas dans un futur proche. Il est donc intéressant d'analyser les performances des modèles par rapport à ce polluant.

3.2.1 Présentation des scores

Scores simples

Les figures 3.11 représentent, sous forme d'histogramme, la corrélation, le biais moyen et la RMSE des quatre modèles étudiés (PM2.5 à J+0). Les scores de EsmeraldaHR et EsmeraldaBR sont très similaires. PrevairHR présente une RMSE plus faible et une corrélation plus élevée mais le modèle se distingue surtout par son biais moyen proche de 0. EsmeraldaPS est, comme pour les PM10, le modèle le plus performant avec une RMSE plus faible, un biais moyen proche de 0 et une corrélation dépassant 0,8.

Le détail des scores est présenté dans la table 3.2.

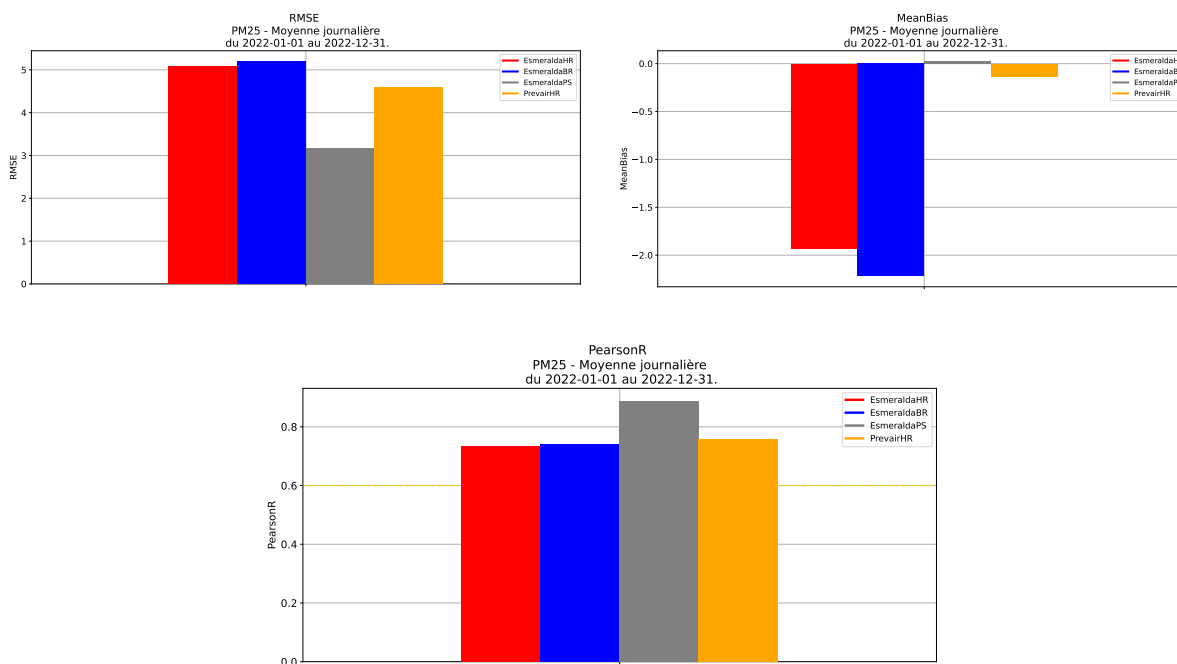


FIGURE 3.11 – PM2.5 - RMSE (en haut à gauche), biais moyen (en haut à droite) et corrélation (en bas) pour J+0.

TABLE 3.2 – Scores pour les PM2.5 à J+0

	EsmeraldaHR	EsmeraldaBR	EsmeraldaPS	PrevairHR
RMSE	5.08	5.19	3.16	4.59
MeanBias	-1.93	-2.22	0.02	-0.14
PearsonR	0.73	0.74	0.89	0.76

Scores par gammes de concentration

Les figures 3.12 représentent les scores sous forme d'histogramme pour différentes gammes de concentration. Comme pour les PM10, tous les modèles sous-estiment les concentrations de PM2.5 et cette sous-estimation augmente en fonction de la concentration. Cette perte de performance est moins importante pour EsmeraldaPS. PrevairHR et EsmeraldaPS sur-estiment légèrement les concentration faibles.

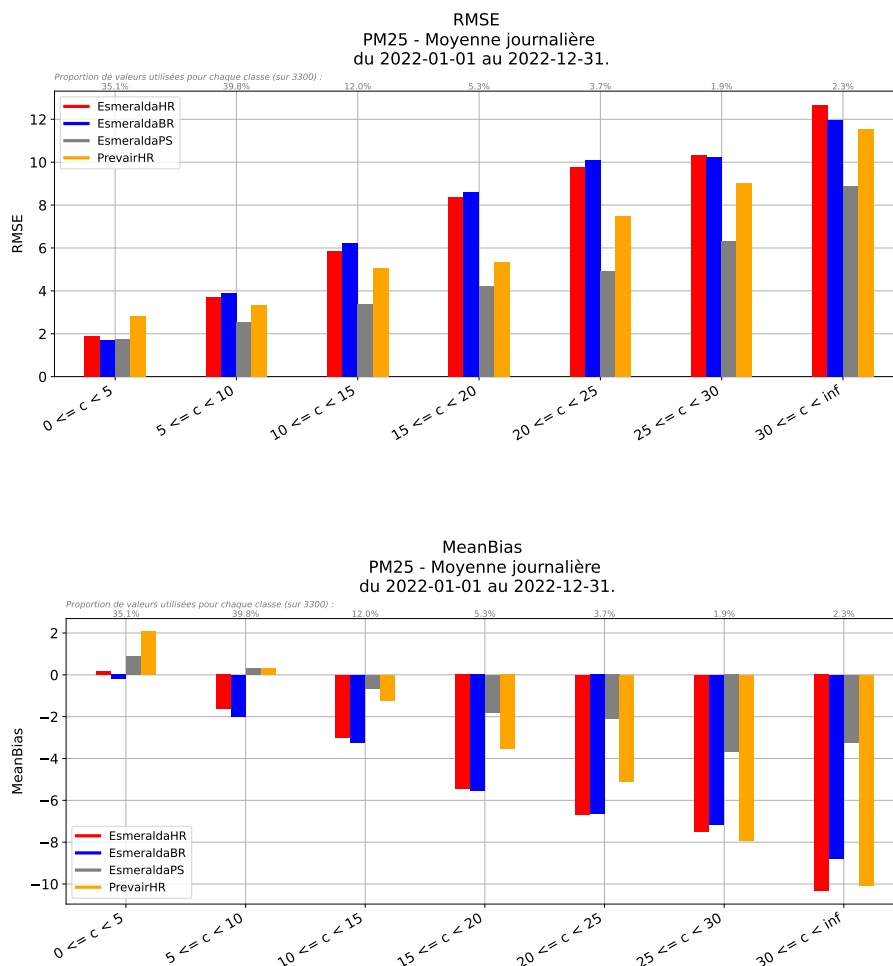


FIGURE 3.12 – PM2.5 - RMSE (en haut), biais moyen (en bas) et corrélation (en bas) pour différentes gammes de concentration.

Scores par typologies de station

La figure 3.13 représente les scores sur un seul graphique en fonction de la typologie des stations de mesure.

Comme pour les PM10, les modèles sont plus performants au niveau de la station rurale de fond (Station MERA Kergoff) avec une corrélation légèrement plus élevée ainsi qu'une RMSE et un biais plus faibles pour EsmeraldaHR, EsmeraldaBR et PrevairHR. Les scores des quatre modèles se dégradent en situation périurbaine (Station de Saint-Malo). Pour les trois typologies, EsmeraldaPS est le modèle le plus performant.

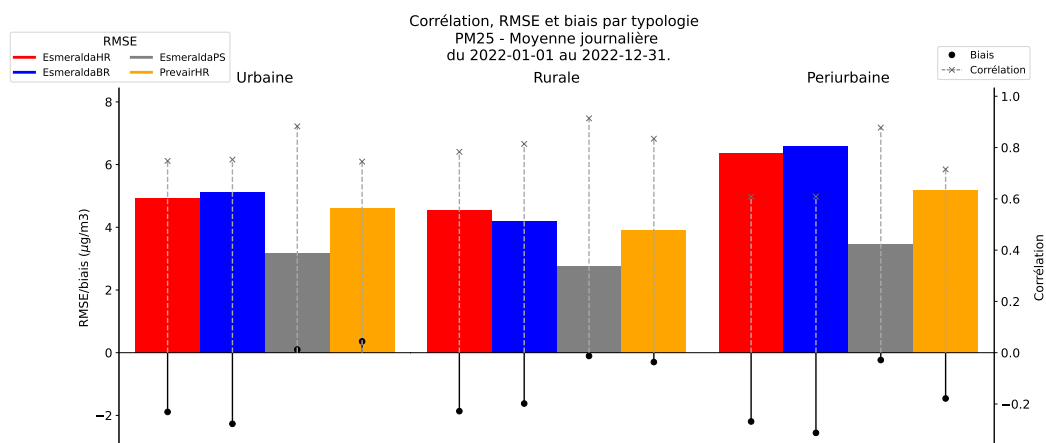


FIGURE 3.13 – PM2.5 - RMSE, biais moyens et corrélations pour les stations de fond urbaines, périurbaines et rurales de Bretagne.

Scores par échéances de prévision

La figure 3.14 représente les scores sur un seul graphique en fonction de l'échéance du modèle. Comme pour les PM10, la RMSE et le biais moyen restent stables pour EsmeraldaHR, BR et PrevairHR. Une légère augmentation du biais moyen est cependant constatée pour PrevairHR. Ces scores sont meilleurs pour EsmeraldaPS. Pour les quatre modèles, la corrélation se dégrade légèrement à chaque échéance.

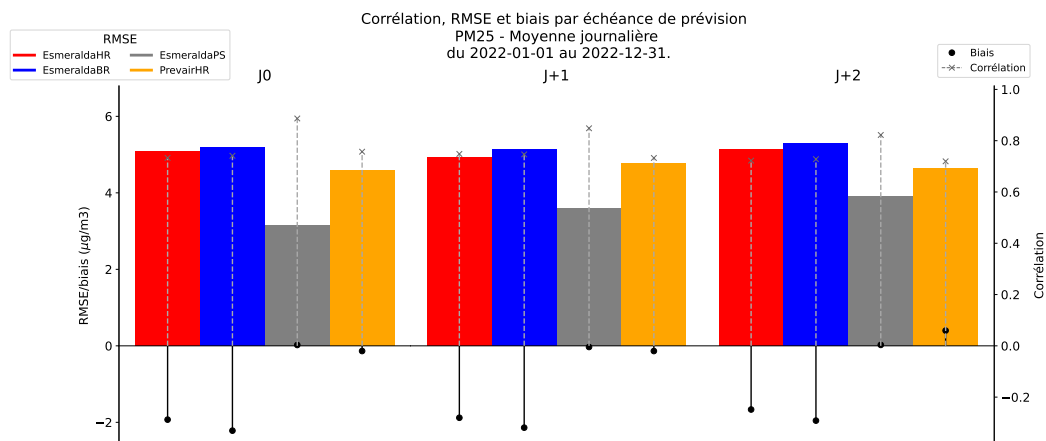


FIGURE 3.14 – PM2.5 - RMSE, biais moyens et corrélations pour J+0, J+1 et J+2.

3.2.2 Performances sur les dépassements de seuil

Les PM2.5 n'ont pas de seuil d'information et de recommandation (table 2.1). Le seuil "mauvais" de l'indice ATMO fixé à $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est donc utilisé.

Diagrammes de dépassement de seuil

Les figures 3.15 et 3.16 représentent le nombre de dépassement relevé par les stations et prévu par les modèles pour J+0 et J+1. Les dépassements, qu'ils soient mesurés ou prévus ont tous lieu, comme pour les PM10, durant la période hivernale et printanière. Les dépassements prévus par les modèles sont assez bien corrélés avec les dépassements mesurés.

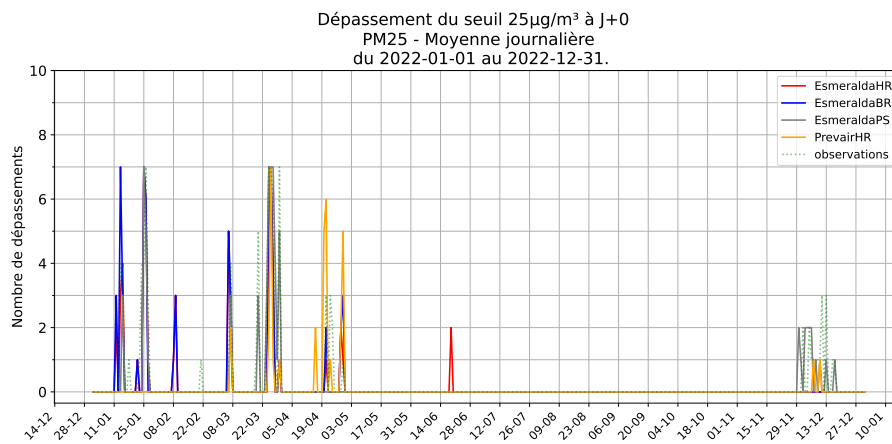


FIGURE 3.15 – PM2.5 - Comparaison du nombre de dépassements réel et du nombre de dépassements prévu pour J+0.

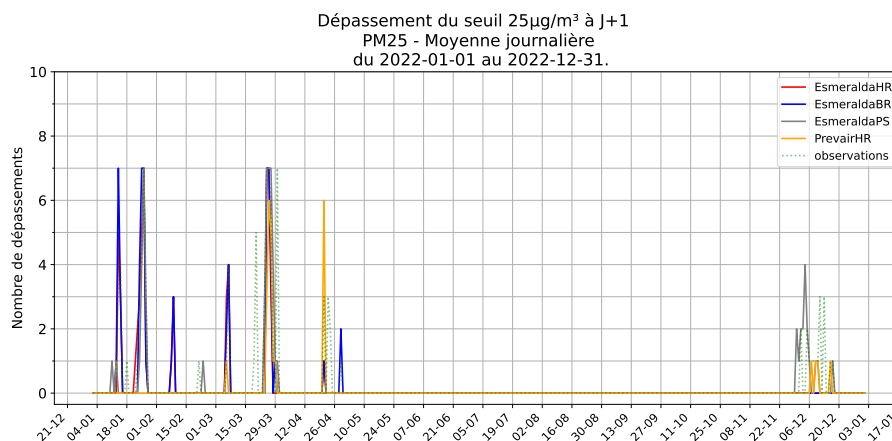


FIGURE 3.16 – PM2.5 - Comparaison du nombre de dépassements réel et du nombre de dépassements prévu pour J+1.

Diagrammes de contingence

Les figures 3.17 et 3.18 représentent le nombre de bonnes détections (ie. dépassement prévu et mesuré), de fausses détections (ie. dépassement prévu mais pas mesuré) et de détections manquées (ie. dépassement mesuré mais pas prévu) par les modèles pour J+0 et J+1.

Contrairement aux PM10, les modèles réalisent pour les PM2.5 un grand nombre de bonnes détections. Pour J+0, PrevairHR est le modèle le moins performant avec un nombre de bonnes détections plus faible. EsmeraldaHR et BR ont un nombre de bonnes détections similaire mais EsmeraldaBR fait lui plus de fausses détections. Le modèle le plus performant à J+0 est EsmeraldaPS avec un nombre bien supérieur de bonnes détections et un nombre de détections manquées plus faibles.

Pour J+1, PrevairHR est toujours le modèle le moins performant, cependant le nombre de fausses détections diminue. EsmeraldaPS est toujours le modèle effectuant le plus de bonnes détections mais EsmeraldaHR et EsmeraldaBR en font un nombre très proche tout en faisant moins de fausses détections.

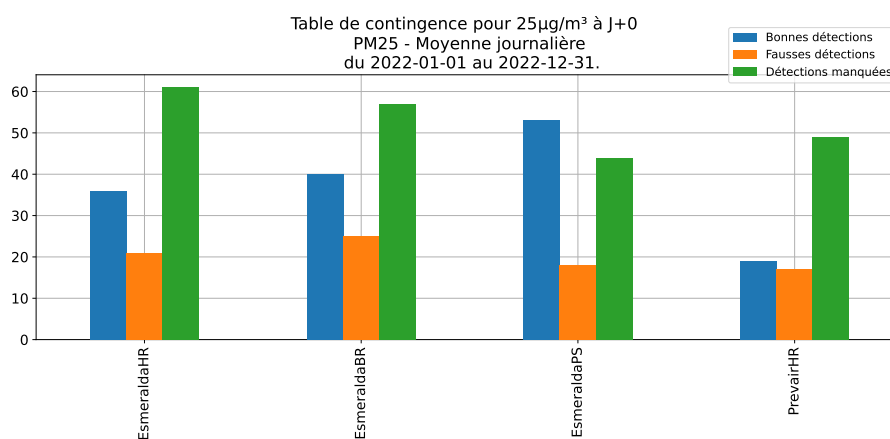


FIGURE 3.17 – PM2.5 - Histogrammes du nombre de bonnes détections, de fausses détections et de détections manquées pour J+0.

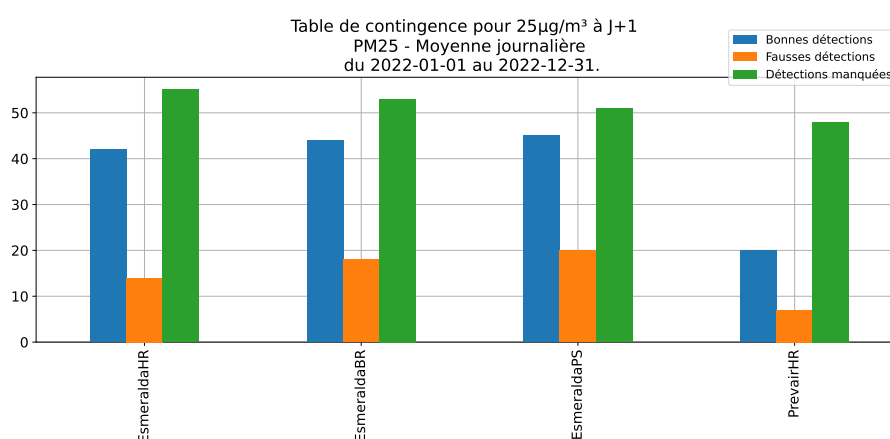


FIGURE 3.18 – PM2.5 - Histogrammes du nombre de bonnes détections, de fausses détections et de détections manquées pour J+1.

Diagrammes de performance

Les figures 3.19 et 3.20 synthétisent les graphiques de contingence. Un modèle parfait se trouverait dans le coin supérieur droit avec un taux de succès et une probabilité de détection de 100%.

Pour J+0, comme discuté plus haut, PrevairHR est le modèle le moins performant et EsmeraldaPS est le modèle le plus performant. EsmeraldaHR et EsmeraldaBR ont des performances similaires avec EsmeraldaHR présentant un taux de succès légèrement supérieur et EsmeraldaBR ayant une meilleure probabilité de détection.

Pour J+1, l'augmentation du nombre de fausses détections pour EsmeraldaPS fait diminuer son taux de succès. La diminution du nombre de fausses détections pour PrevairHR, EsmeraldaBR et EsmeraldaHR se traduit au contraire par une augmentation du taux de succès. Augmentation qui est significative pour PrevairHR, passant de moins de 0,6 à presque 0,8. Les performances d'EsmeraldaPS, EsmeraldaBR et EsmeraldaHR sont équivalentes.

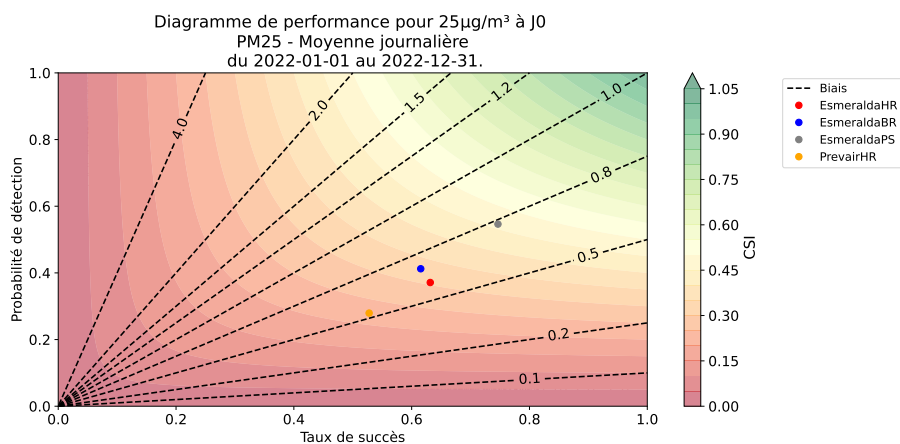


FIGURE 3.19 – PM2.5 - Diagramme de performance pour J+0.

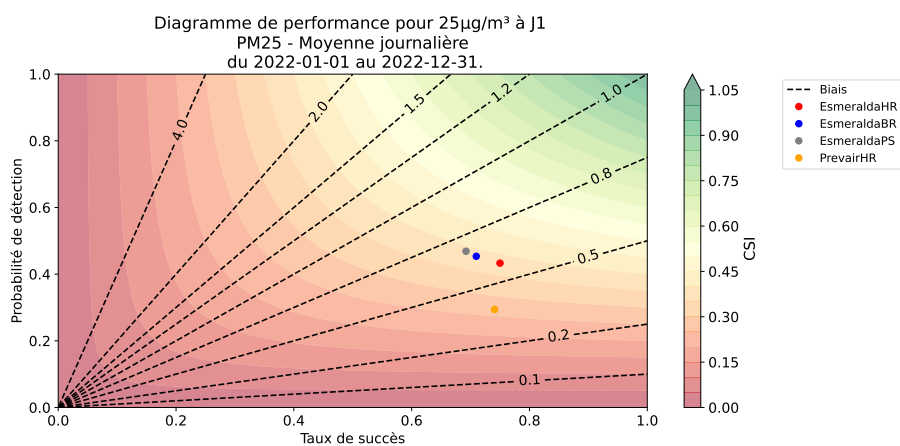


FIGURE 3.20 – PM2.5 - Diagramme de performance pour J+1.

3.3 Evaluation de l'O₃

3.3.1 Présentation des scores

Scores simples

Les figures 3.21 représentent, sous forme d'histogramme, la corrélation, le biais moyen et la RMSE des quatre modèles étudiés (O₃ à J+0). La période d'étude est restreinte à l'été, période à risque pour ce polluant. Les performances des quatre modèles sont proches en 2022. EsmeraldaPS se distingue légèrement avec une RMSE plus faible, une corrélation légèrement supérieure et biais moyen proche de 0.

Le détail des scores est présenté dans la table 3.3.

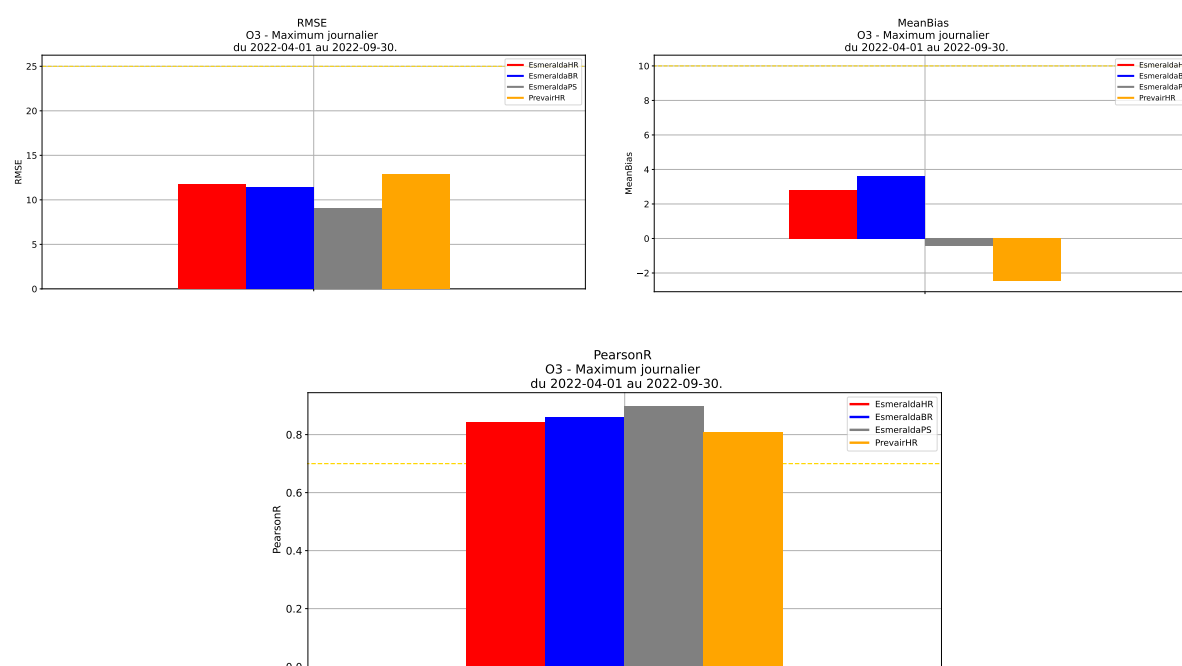


FIGURE 3.21 – O₃ - RMSE (en haut à gauche), biais moyen (en haut à droite) et corrélation (en bas).

TABLE 3.3 – Scores pour l'O₃ à J+0

	EsmeraldaHR	EsmeraldaBR	EsmeraldaPS	PrevairHR
RMSE	11.76	11.44	9.03	12.83
MeanBias	2.81	3.62	-0.41	-2.46
PearsonR	0.84	0.86	0.90	0.81

Scores par gammes de concentration

Les figures 3.22 représentent les scores sous forme d'histogramme pour différentes gammes de concentration. Les quatre modèles étudiés répondent de manière similaire en fonction des gammes de concentration. En effet, les modèles ont tendance à sur-estimer les valeurs faibles ($< 90 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et à sous-estimer les valeurs fortes ($> 90 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Cependant, pour EsmeraldaPS ces sous-estimations et sur-estimations sont moins importantes, notamment pour les gammes de concentration élevées.

Les scores sont les meilleurs pour les gammes de concentration les plus représentées.

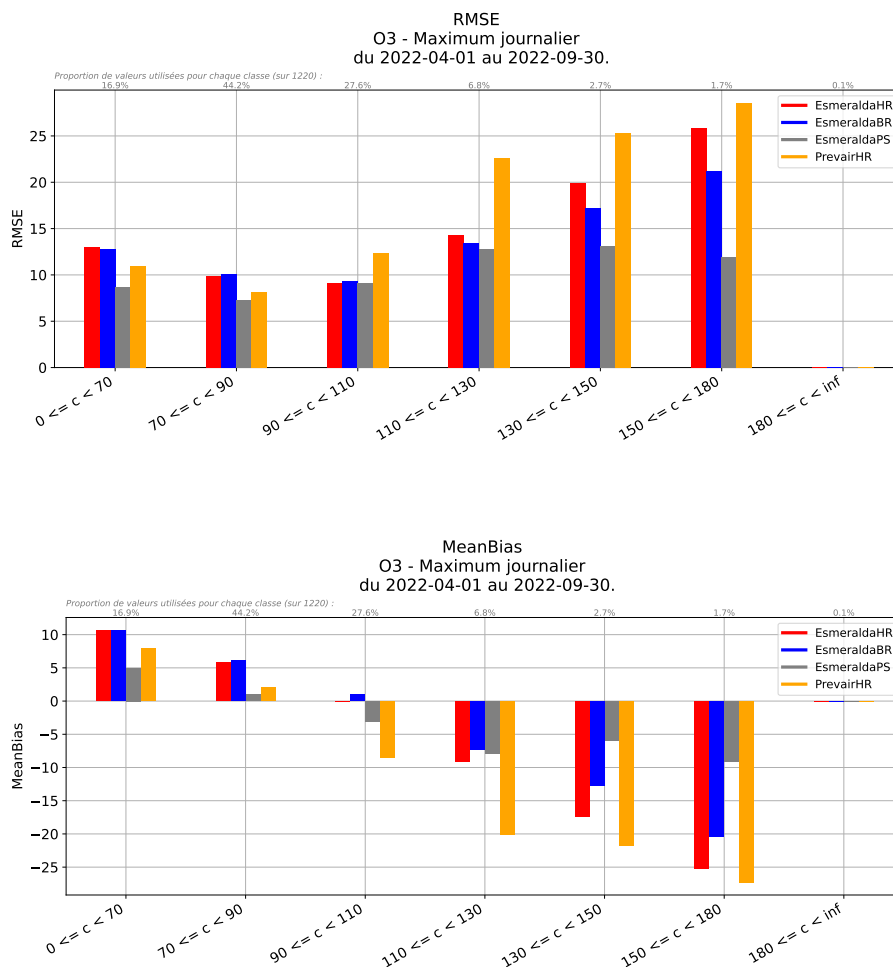


FIGURE 3.22 – O₃ - RMSE (en haut), biais moyen (en bas) et corrélation (en bas) pour différentes gammes de concentration.

Scores par typologies de station

La figure 3.23 représente les scores sur un seul graphique en fonction de la typologie des stations de mesure.

Les scores sont globalement stables entre les typologies. Cependant les performances sont légèrement meilleures pour les stations urbaines et périurbaines de fond. La baisse de performance en situation rurale est la plus importante pour PrevairHR avec un biais significativement plus important et une baisse de la corrélation.

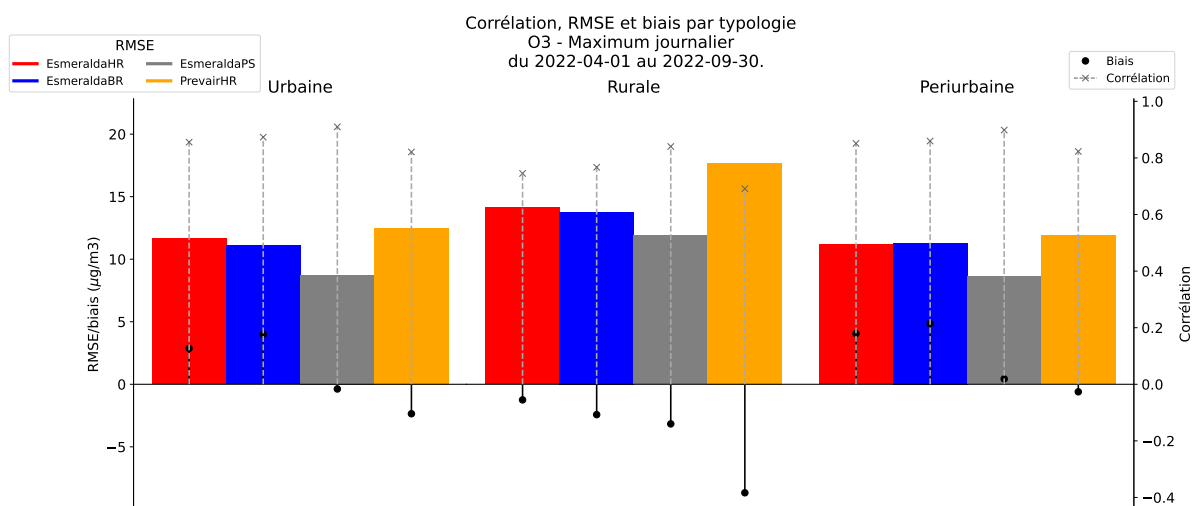


FIGURE 3.23 – O₃ - RMSE, biais moyens et corrélations pour les stations de fond urbaines, périurbaines et rurales de Bretagne.

Scores par échéances de prévision

La figure 3.24 représente les scores sur un seul graphique en fonction de l'échéance du modèle.

Pour tous les modèles, la RMSE et le biais moyen sont stables de J+0 à J+2. La corrélation diminue cependant légèrement à chaque échéance. Quelque soit l'échéance, EsmeraldaPS reste le modèle le plus performant.

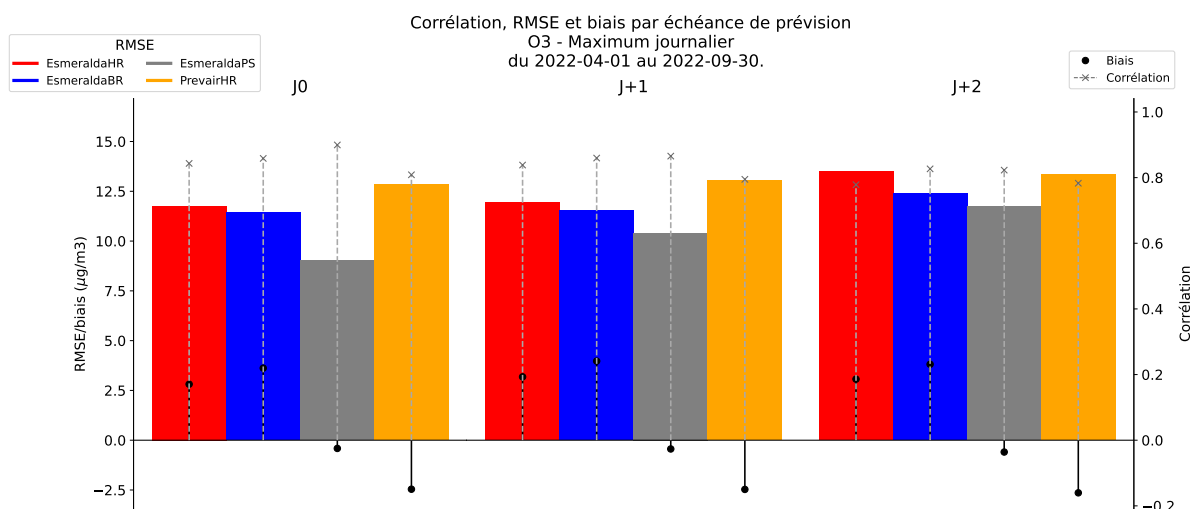


FIGURE 3.24 – O₃ - RMSE, biais moyens et corrélations pour J+0, J+1 et J+2.

3.3.2 Performances sur les dépassements de seuil

Un seul dépassement du seuil d'information et de recommandation fixé à $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à été observé en 2022 en Bretagne, mais aucun modèle ne l'a détecté. Le seuil "mauvais" de l'indice ATMO fixé à $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sera utilisé.

Diagrammes de dépassement de seuil

Les figures 3.25 et 3.26 représentent le nombre de dépassement détecté par les stations et prévu par les modèles pour J+0 et J+1.

Les modèles ont dans l'ensemble détecté les dépassements du seuil "mauvais" de l'indice ATMO, bien que de fausses détections ou détections manquées apparaissent. Ces scores sont détaillés dans les histogrammes de continences présentés ci-après.

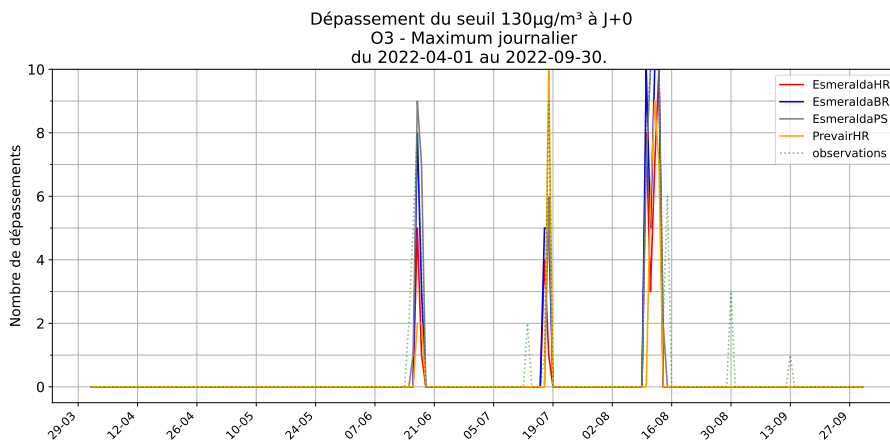


FIGURE 3.25 – O3 - Comparaison du nombre de dépassements réel et du nombre de dépassements prévu pour J+0.

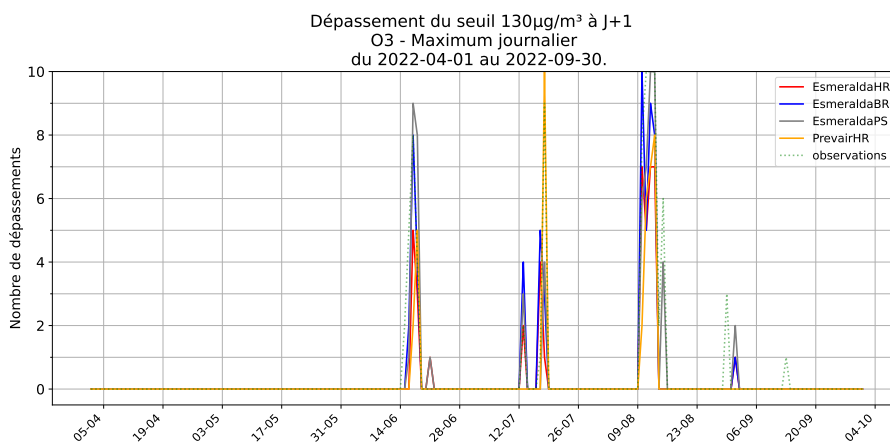


FIGURE 3.26 – O3 - Comparaison du nombre de dépassements réel et du nombre de dépassements prévu pour J+1.

Diagrammes de contingence

Les figures 3.27 et 3.28 représentent le nombre de bonnes détections (ie. dépassement prévu et mesuré), de fausses détections (ie. dépassement prévu mais pas mesuré) et de détections manquées (ie. dépassement mesuré mais pas prévu) par les modèles pour J+0 et J+1.

Tous les modèles réalisent un nombre important de bonnes détections et avec un taux faible de fausses détections à J+0. Cependant EsmeraldaPS et EsmeraldaBR se démarquent avec un nombre de bonnes détections significativement plus important. EsmeraldaHR et PrevairHR réalisent le plus de détections manquées. EsmeraldaPS est le modèle avec le plus performant en détection de pic avec un taux faible de détections manquées.

A J+1, la situation est similaire avec un grand nombre de bonnes détections pour tous les modèles. Le nombre de détections manquées reste stable pour EsmeraldaHR, EsmeraldaBR et PrevairHR mais leur nombre de fausses détections augmente légèrement. EsmeraldaPS reste le modèle le plus performant malgré une augmentation du nombre de fausses détections et une augmentation du nombre de détections manquées.

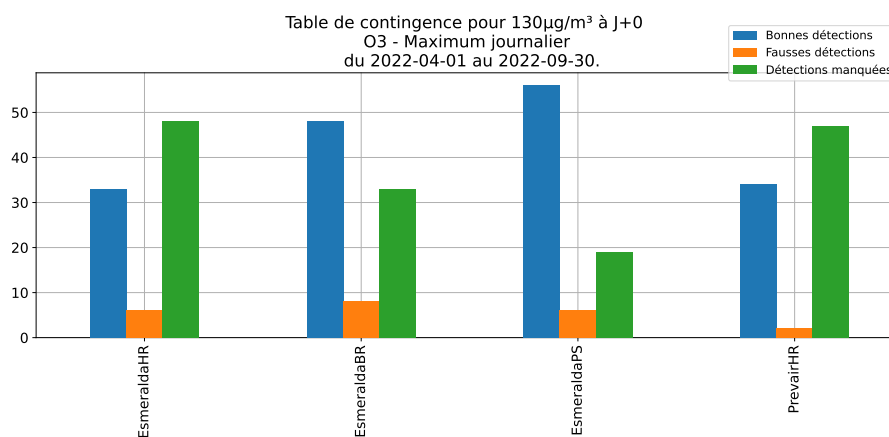


FIGURE 3.27 – O₃ - Histogrammes du nombre de bonnes détections, de fausses détections et de détections manquées pour J+0.

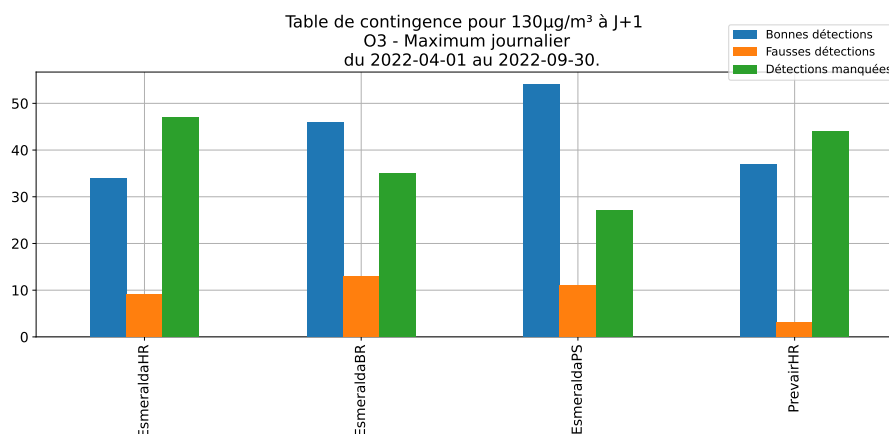


FIGURE 3.28 – O₃ - Histogrammes du nombre de bonnes détections, de fausses détections et de détections manquées pour J+1.

Diagrammes de performance

Les figures 3.29 et 3.30 synthétisent les graphiques de contingence. Un modèle parfait se trouverait dans le coin supérieur droit avec un taux de succès et une probabilité de détection de 100%.

Pour J+0, EsmeraldaPS est le modèle le plus performant avec un taux de succès et une probabilité de détection élevés. PrevairHR montre un taux de succès élevé en raison du nombre de fausses détections très faible. EsmeraldaPS a un taux de succès très proche mais une probabilité de détection très supérieure.

Pour J+1, l'augmentation du nombre de fausses détections pour EsmeraldaPS fait diminuer son taux de succès. Cependant, celui-ci reste élevé et la forte probabilité de détection fait qu'EsmeraldaPS est aussi le modèle le plus performant. On peut noter que les performances de PrevairHR sont stables entre J+0 et J+1. Pour EsmeraldaHR et EsmeraldaBR, leur taux de succès diminue légèrement mais leur probabilité de détection reste stable.

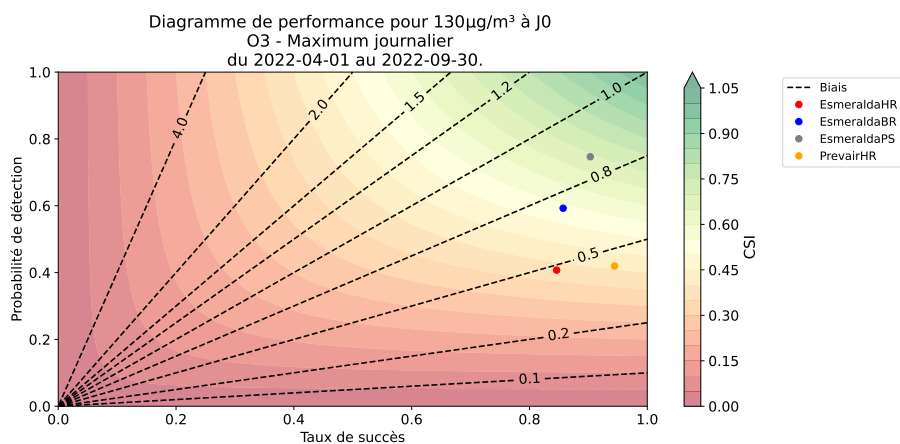


FIGURE 3.29 – O₃ - Diagramme de performance pour J+0.

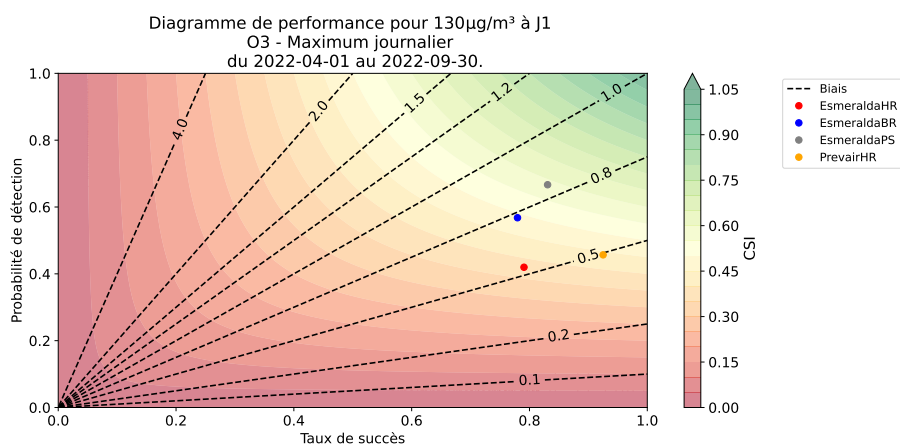


FIGURE 3.30 – O₃ - Diagramme de performance pour J+1.

3.4 Evaluation du NO₂

3.4.1 Présentation des scores

Scores simples

Les figures 3.31 représentent, sous forme d'histogramme, la corrélation, le biais moyen et la RMSE des quatre modèles étudiés (NO₂ à J+0). A l'exception de EsmeraldaBR qui présente un biais moyen plus élevé que les autres modèles, les scores sont similaires. PrevairHR présente la RMSE la plus faible mais seul EsmeraldaPS dépasse le critère de 0,6 pour la corrélation.

Le détail des scores est présenté dans la table 3.4.

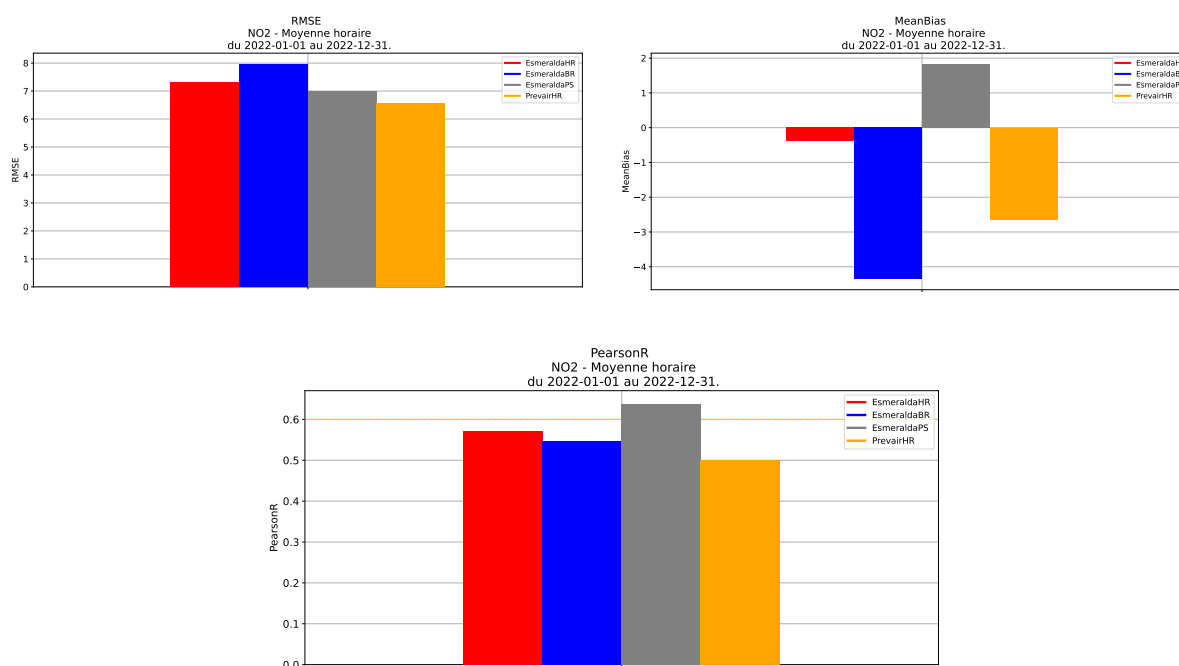


FIGURE 3.31 – NO₂ - RMSE (en haut à gauche), biais moyen (en haut à droite) et corrélation (en bas).

TABLE 3.4 – Scores pour le NO₂ à J+0

	EsmeraldaHR	EsmeraldaBR	EsmeraldaPS	PrevairHR
RMSE	7.33	7.96	7.00	6.56
MeanBias	-0.37	-4.35	1.83	-2.64
PearsonR	0.57	0.55	0.64	0.50

Scores par gammes de concentration

Les figures 3.32 représentent les scores sous forme d'histogramme pour différentes gammes de concentration.

Tous les modèles sous-estiment fortement les concentrations pour des gammes de concentration élevées. Cependant, plus de 96% des valeurs mesurées sont inférieures à $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pour ces gammes de concentration, les performances des modèles sont bonnes, notamment pour EsmeraldaPS qui présente un biais moyen très faible. C'est également EsmeraldaPS qui présente le biais moyen le plus faible pour les concentrations supérieures à $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

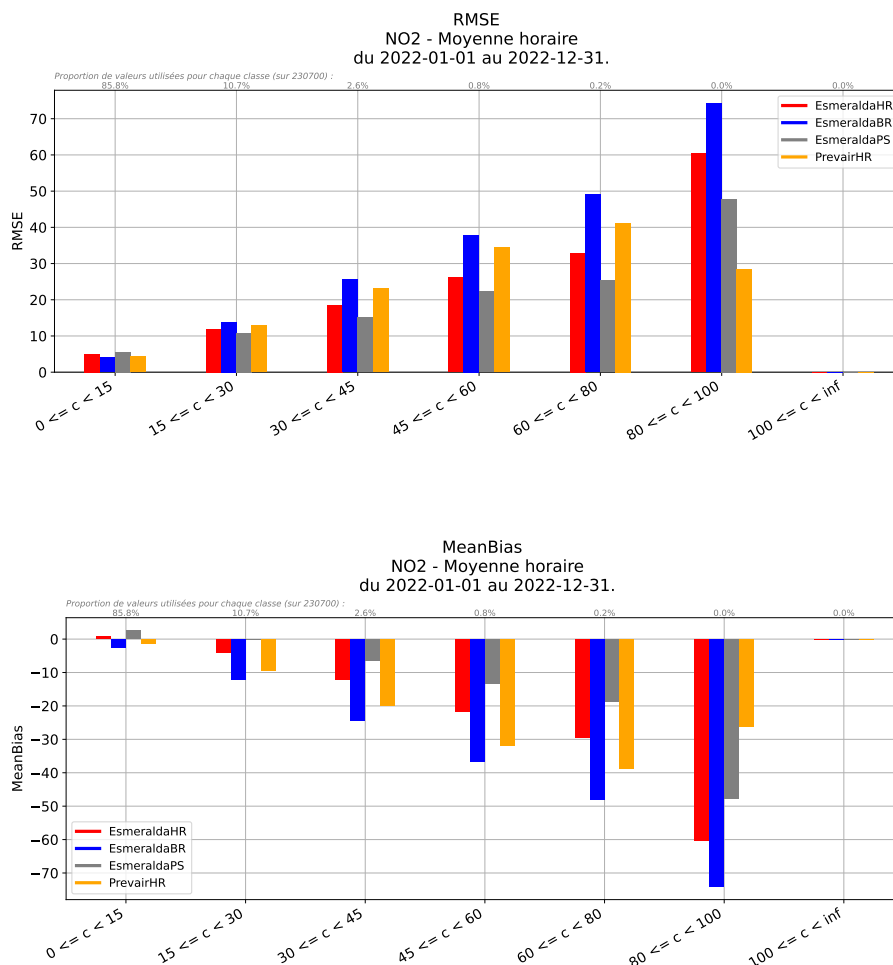


FIGURE 3.32 – NO₂ - RMSE (en haut), biais moyen (en bas) et corrélation (en bas) pour différentes gammes de concentration.

Scores par typologies de station

La figure 3.33 représente les scores sur un seul graphique en fonction de la typologie des stations de mesure.

Les concentrations en situation de fond rural étant plus faibles, les scores de la RMSE et du biais sont logiquement meilleurs. Cependant, la corrélation horaire représentant l'évolution temporelle est très faible (0.2).

Par rapport à la situation de fond urbain, les modèles présentent en situation périurbaine une RMSE plus élevée pour EsmeraldaHR et EsmeraldaPS, plus faible pour EsmeraldaHR et stable pour PrevoirHR. De plus, la corrélation est dégradée pour tous les modèles.

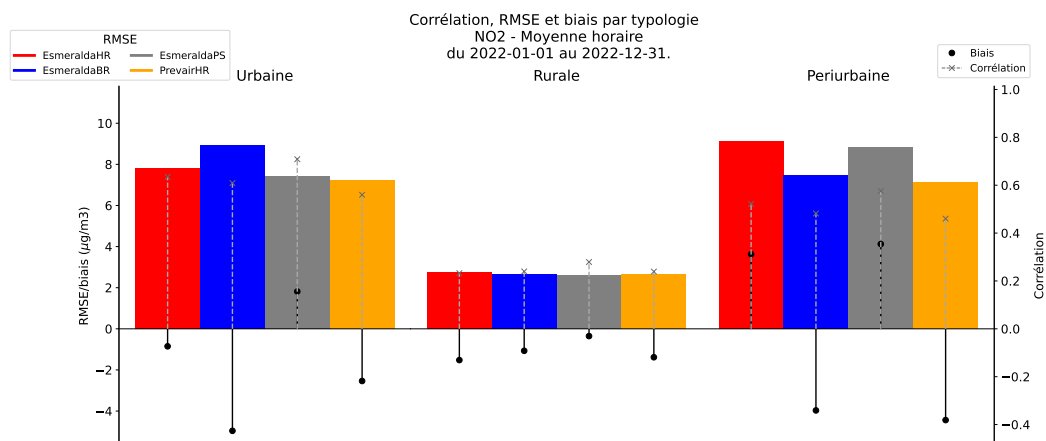


FIGURE 3.33 – NO₂ - RMSE, biais moyens et corrélations pour les stations de fond urbaines, périurbaines et rurales de Bretagne.

Scores par échéances de prévision

La figure 3.34 représente les scores sur un seul graphique en fonction de l'échéance du modèle.

Pour tous les modèles, la RMSE et le biais moyen sont stable de J+0 à J+2. La corrélation diminue cependant légèrement à chaque échéance. PrevoirHR présente la meilleure RMSE quelque soit l'échéance et EsmeraldaPS a lui la meilleur corrélation.

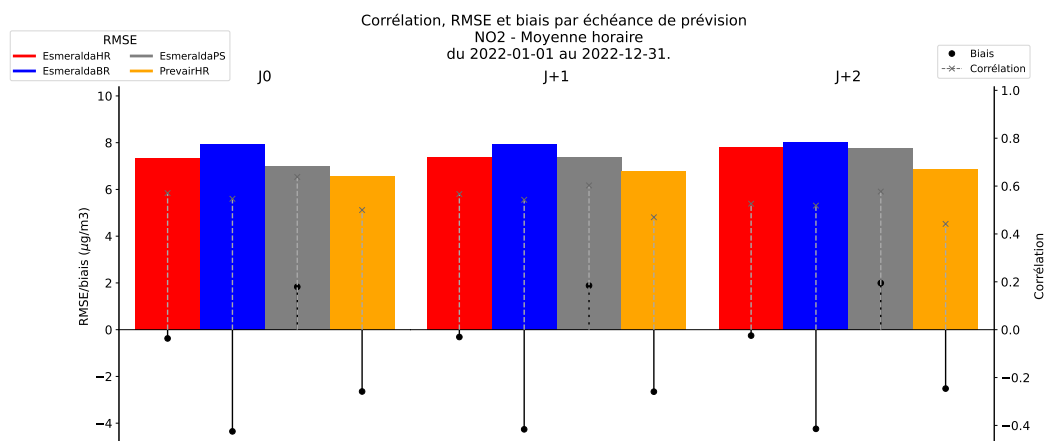


FIGURE 3.34 – NO₂ - RMSE, biais moyens et corrélations pour J+0, J+1 et J+2.

3.4.2 Performances sur les dépassements de seuil

Il n'y a eu aucun dépassement du seuil d'information et de recommandation fixé à $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ni du seuil "mauvais" de l'indice ATMO fixé à $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2022 en Bretagne.

4 Conclusion

Dans ce rapport, les performances des modèles de modélisation régionale utilisés par Air Breizh pour effectuer la prévision de la qualité de l'air ont été analysées. Pour ce faire, les scores de RMSE, de biais moyen et de corrélation ont été comparés pour chacun des polluants. Enfin, une analyse de la capacité des modèles à détecter un dépassement de seuil a été réalisée.

PM10

Le modèle d'adaptation statistique EsmeraldaPS présente les meilleurs résultats en terme de scores. C'est également le cas en changeant de typologie de station (rurale et urbaine) ou en augmentant l'échéance du modèle (J+0 à J+2).

Seul EsmeraldaPS a réalisé en 2022 de bonnes détections de dépassement de seuil à J+0 et J+1.

PM2.5

Les PM2.5 ne sont pas encore inscrites dans les arrêtés préfectoraux sur lesquels se base la prévision et l'alerte à la pollution. Etant vouées à y apparaître, les performances des modèles vis-à-vis de ce polluant ont été analysées. EsmeraldaPS présente là aussi les meilleurs résultats en terme de RMSE, de biais et de corrélation.

Tous les modèles ont détecté des dépassements de seuil en 2022.

Pour J+0, EsmeraldaPS est le plus performant avec plus de bonnes détections et moins de détections fausses et manquées.

Pour J+1, les différences entre EsmeraldaBR, EsmeraldaHR et EsmeraldaPS se ressentent et les trois modèles ont des performances de détection équivalentes.

O₃

Tous les modèles présentent de très bons scores de RMSE, de biais et de corrélation. EsmeraldaPS est cependant légèrement meilleur pour ces trois métriques.

Le seuil d'information et de recommandation est fixé à $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2022. Ce seuil n'a été dépassé qu'une seule fois et aucun des modèles ne l'a détecté. Cependant, il pourrait être abaissé à $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (seuil mauvais pour l'indice ATMO). Ainsi une analyse des performances a été effectuée sur ce seuil plus restrictif.

Pour J+0, tous les modèles réalisent un grand nombre de bonnes détections et un faible nombre de fausses détections. EsmeraldaPS présente cependant le plus grand nombre de bonnes détections tout en ayant le moins de détections manquées.

Pour J+1, bien que les modèles réalisent dans l'ensemble plus de fausses et de mauvaises détections, EsmeraldaPS a encore les meilleures performances de détection.

NO₂

Les scores pour le NO₂ sont équivalents pour les quatre modèles étudiés. EsmeraldaPS est cependant le seul à dépasser le score de 0,6 en corrélation. A noter que les performances des modèles se dégradent en situations rurale et périurbaine.

5 Liste des Figures

2.1	Réseau de surveillance d'Air Breizh au 1 ^{er} janvier 2023	5
3.1	PM10 - RMSE (en haut à gauche), biais moyen (en haut à droite) et corrélation (en bas)	8
3.2	PM10 - RMSE (en haut), biais moyens (en bas) et corrélations (en bas) pour différentes gammes de concentration.	9
3.3	PM10 - RMSE, biais moyens et corrélations pour les stations de fond urbaines, périurbaines et rurales de Bretagne.	10
3.4	PM10 - RMSE, biais moyens et corrélations pour J+0, J+1 et J+2.	10
3.5	PM10 - Comparaison du nombre de dépassements réel et du nombre de dépassements prévu pour J+0.	11
3.6	PM10 - Comparaison du nombre de dépassements réel et du nombre de dépassements prévu pour J+1.	11
3.7	PM10 - Histogrammes du nombre de bonnes détections, de fausses détections et de détections manquées pour J+0.	12
3.8	PM10 - Histogrammes du nombre de bonnes détections, de fausses détections et de détections manquées pour J+1.	12
3.9	PM10 - Diagrammes de performance pour J+0.	13
3.10	PM10 - Diagrammes de performance pour J+1.	13
3.11	PM2.5 - RMSE (en haut à gauche), biais moyen (en haut à droite) et corrélation (en bas) pour J+0.	14
3.12	PM2.5 - RMSE (en haut), biais moyen (en bas) et corrélation (en bas) pour différentes gammes de concentration.	15
3.13	PM2.5 - RMSE, biais moyens et corrélations pour les stations de fond urbaines, périurbaines et rurales de Bretagne.	16
3.14	PM2.5 - RMSE, biais moyens et corrélations pour J+0, J+1 et J+2.	16
3.15	PM2.5 - Comparaison du nombre de dépassements réel et du nombre de dépassements prévu pour J+0.	17
3.16	PM2.5 - Comparaison du nombre de dépassements réel et du nombre de dépassements prévu pour J+1.	17
3.17	PM2.5 - Histogrammes du nombre de bonnes détections, de fausses détections et de détections manquées pour J+0.	18
3.18	PM2.5 - Histogrammes du nombre de bonnes détections, de fausses détections et de détections manquées pour J+1.	18
3.19	PM2.5 - Diagramme de performance pour J+0.	19
3.20	PM2.5 - Diagramme de performance pour J+1.	19
3.21	O ₃ - RMSE (en haut à gauche), biais moyen (en haut à droite) et corrélation (en bas).	20
3.22	O ₃ - RMSE (en haut), biais moyen (en bas) et corrélation (en bas) pour différentes gammes de concentration.	21
3.23	O ₃ - RMSE, biais moyens et corrélations pour les stations de fond urbaines, périurbaines et rurales de Bretagne.	22
3.24	O ₃ - RMSE, biais moyens et corrélations pour J+0, J+1 et J+2.	22
3.25	O ₃ - Comparaison du nombre de dépassements réel et du nombre de dépassements prévu pour J+0.	23
3.26	O ₃ - Comparaison du nombre de dépassements réel et du nombre de dépassements prévu pour J+1.	23
3.27	O ₃ - Histogrammes du nombre de bonnes détections, de fausses détections et de détections manquées pour J+0.	24
3.28	O ₃ - Histogrammes du nombre de bonnes détections, de fausses détections et de détections manquées pour J+1.	24
3.29	O ₃ - Diagramme de performance pour J+0.	25

3.30	O ₃ - Diagramme de performance pour J+1.	25
3.31	NO ₂ - RMSE (en haut à gauche), biais moyen (en haut à droite) et corrélation (en bas).	26
3.32	NO ₂ - RMSE (en haut), biais moyen (en bas) et corrélation (en bas) pour différentes gammes de concentration.	27
3.33	NO ₂ - RMSE, biais moyens et corrélations pour les stations de fond urbaines, périurbaines et rurales de Bretagne.	28
3.34	NO ₂ - RMSE, biais moyens et corrélations pour J+0, J+1 et J+2.	28

6 Liste des Tables

2.1	Seuils d'information et de recommandation et seuils indice ATMO	6
2.2	Valeurs cibles pour les éléments statistiques utilisés	6
3.1	Scores pour les PM10 à J+0	8
3.2	Scores pour les PM2.5 à J+0	14
3.3	Scores pour l'O ₃ à J+0	20
3.4	Scores pour le NO ₂ à J+0	26

7 Références

- [1] AirBreizh. Nous connaître. URL <https://www.airbreizh.asso.fr/nous-connaître/>.
- [2] LCSQA. Document de référence du dispositif national pour la prévision de la qualité de l'air - evaluation des performances des prévisions de la qualité de l'air, 2021. URL https://www.lcsqa.org/system/files/media/documents/LCSQA%20-%20RTN-%20Evaluation_pr%C3%A9vision_vappliable01012022.pdf.