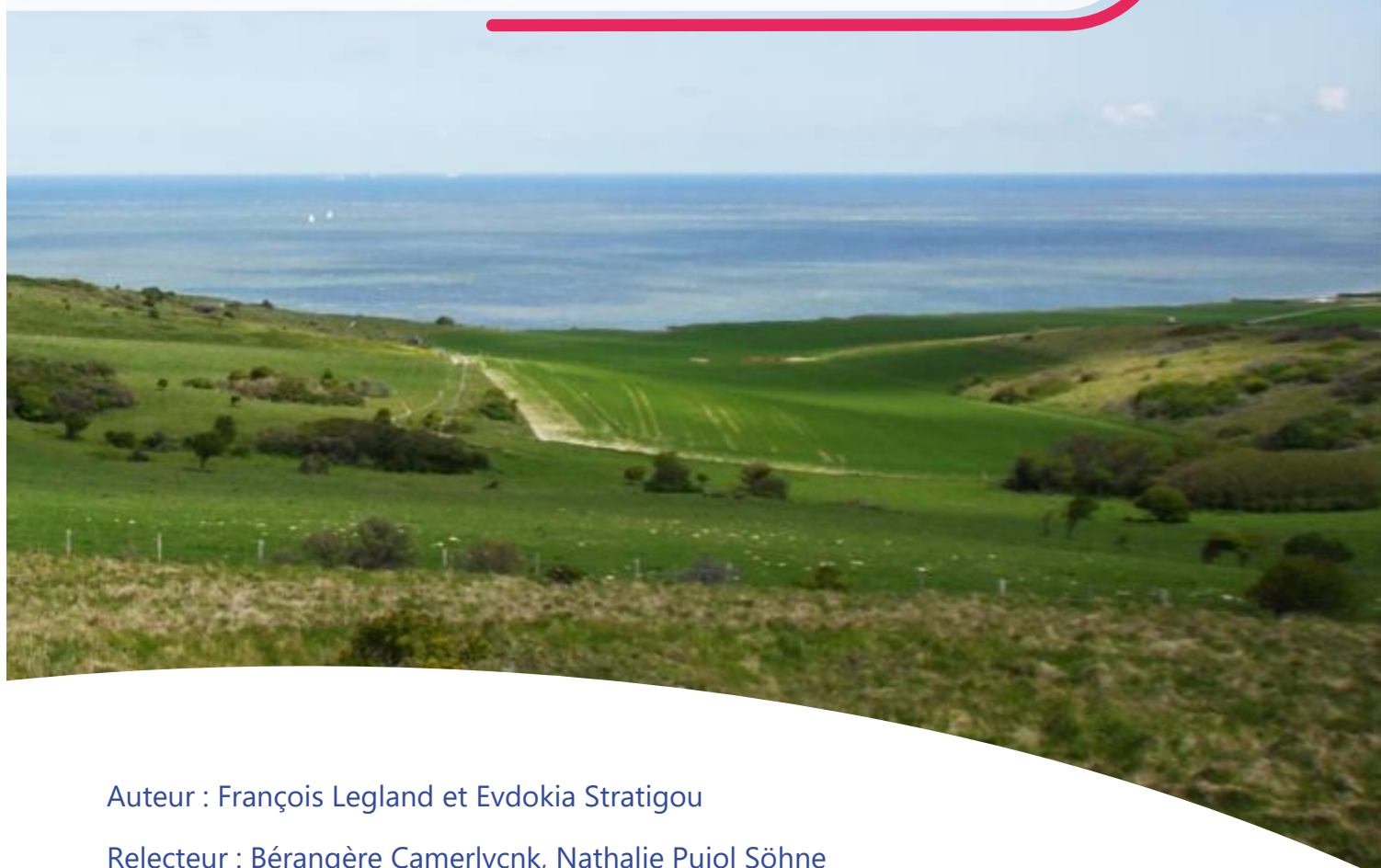


RAPPORT D'ETUDE

BILAN 2022 DES EPISODES DE POLLUTION DANS LES HAUTS-DE-FRANCE

Période concernée : année civile 2022

Rapport N°01/2022/FLE/EST/V0



Auteur : François Legland et Evdokia Stratigou

Relecteur : Béragère Camerlycnk, Nathalie Pujol Söhne



Avant-propos

Atmo Hauts-de-France est une association de type « loi 1901 » agréée par le Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire (décret 2007-397 du 22 mai 2007) au même titre que l'ensemble des structures chargées de la surveillance de la qualité de l'air, formant le réseau national ATMO. Ses missions s'exercent dans le cadre de la loi sur l'air du 30 décembre 1996. Atmo Hauts-de-France est agréée du 1^{er} janvier 2023 au 31 décembre 2025, au titre de l'article L.221-3 du Code de l'environnement.

Conditions de diffusion

Atmo Hauts-de-France communique publiquement sur les informations issues de ses différents travaux et garantit la transparence de l'information sur le résultat de ses travaux. A ce titre, les rapports d'études sont librement disponibles sur le site www.atmo-hdf.fr.

Responsabilités

Les données contenues dans ce document restent la propriété intellectuelle d'Atmo Hauts-de-France. Ces données ne sont pas rediffusées en cas de modification ultérieure. Les résultats sont analysés selon les objectifs de l'étude, le contexte et le cadre réglementaire des différentes phases de mesures, les financements attribués à l'étude et les connaissances météorologiques disponibles.

Avertissement

Atmo Hauts-de-France n'est en aucune façon responsable des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses ou de toute œuvre utilisant ses mesures et ses rapports d'études pour lesquels aucun accord préalable n'aurait été donné.


Toute utilisation partielle ou totale de ce document (extrait de texte, graphiques, tableaux, ...) doit faire référence à l'observatoire dans les termes suivants : © **Atmo Hauts-de-France – Rapport N°01/2022/FLE/EST/V0**.

En cas de remarques sur les informations ou leurs conditions d'utilisation, prenez contact avec Atmo Hauts-de-France :

- depuis le formulaire de contact disponible à l'adresse <http://www.atmo-hdf.fr/contact.html>
- par mail : contact@atmo-hdf.fr
- par téléphone : 03 59 08 37 30

Réclamations

Les réclamations sur la non-conformité de l'étude doivent être formulées par écrit dans les huit jours de la livraison des résultats. Il appartient au partenaire de fournir toute justification quant à la réalité des vices ou anomalies constatées. Il devra laisser à Atmo Hauts-de-France toute facilité pour procéder à la constatation de ces vices pour y apporter éventuellement remède. En cas de litige, un accord amiable sera privilégié. Dans le cas où une solution n'est pas trouvée la résolution s'effectuera sous l'arbitrage des autorités compétentes.

	Nom	Qualité	Visa
Approbation	Arabelle PATRON- ANQUEZ	Responsable du pôle SEVA, Service Etudes	

Version du document : V3 basé sur trame vierge : EN-ETU-20

Date d'application : 01/01/2021

Sommaire

1. Synthèse	10
2. Contexte et objectifs.....	11
3. Définitions.....	12
4. Bilan des épisodes 2022 en Hauts-de-France.....	13
5. Présentation de la plateforme de prévision	14
5.1. Description des modèles.....	14
5.2. Taux de disponibilité des modèles.....	16
5.3. Description des observations de fond utilisées dans l'évaluation.....	17
6. Evaluation statistique de la plateforme de prévision	18
6.1. Évaluation des prévisions pour l'ozone	20
6.2. Évaluation des prévisions pour les particules PM ₁₀	37
6.3. Conclusions de l'évaluation statistique.....	50
7. Evaluation épisode-par-épisode de la plateforme de prévision	51
7.1. Episode de pollution PM ₁₀ du 14 au 15 janvier 2022.....	52
7.2. Episode de pollution PM ₁₀ du 25 janvier 2022	57
7.3. Episode de pollution PM ₁₀ du 3 au 5 mars 2022	61
7.4. Episode de pollution PM ₁₀ du 21 au 29 mars 2022	66
7.5. Episode de pollution O ₃ du 15 au 17 juin 2022	74
7.6. Episode de pollution O ₃ du 18 juillet 2022	78
7.7. Episode de pollution PM ₁₀ du 19 juillet 2022	81
7.8. Episode de pollution O ₃ du 12 août 2022	85
7.9. Episode de pollution PM ₁₀ du 14 au 17 décembre 2022.....	88
8. Evaluation des prévisions d'Atmo Hauts-de-France.....	94
9. Bilan des procédures préfectorales en 2022.....	97
10. Conclusion et perspectives.....	99

Annexes

Annexe 1 : Description des scores statistiques classiques	100
Annexe 2 : Éléments de la table de contingence	101

Illustrations

Figure 1 : Bilan des épisodes de pollution qui ont touché les Hauts-de-France en 2022, par département..	13
Figure 2 : Nombre annuel de jours d'épisode de pollution en Hauts-de-France, séparément pour les dépassements du seuil d'information et recommandation et pour les dépassements du seuil d'alerte	14
Figure 3 : Localisation et environnement d'implantation des mesures de fond opérées par Atmo Hauts-de-France en 2022 pour l'ozone (à gauche) et les particules PM ₁₀ (à droite). Fond de carte © OpenStreetMap.	18
Figure 4 : Ozone : RMSE, biais et coefficient de corrélation des prévisions d'ozone d'avril à septembre 2022 pour l'échéance J+0, pour les Hauts-de-France et séparément pour chaque département. Accolés entre parenthèses aux zones géographiques se trouvent les nombres de stations prises en compte pour le calcul. La ligne en pointillé orange indique l'objectif de qualité.	21
Figure 5 : Ozone : Synthèse des scores de RMSE (barres colorées), biais (points noirs) et corrélation (pointillés gris) en fonction de l'environnement d'implantation des stations (urbain, périurbain, rural) pour les prévisions d'avril à septembre 2022 à l'échéance J+0.	23
Figure 6 : Ozone : Synthèse des scores de RMSE (barres colorées), biais moyen (points noirs) et corrélation (pointillés gris) en fonction de l'échéance de prévision (J+0 et J+1), évalués sur la période d'avril à septembre 2022.	24
Figure 7 : Ozone : Scores de RMSE et biais par classe de concentration, pour la période d'avril à septembre 2022 et l'échéance J+0. Le tableau sous les figures indique les taux d'observation pour chaque classe de concentration. Toutes les valeurs de concentration sont en µg/m ³	25
Figure 8 : Ozone : Scores annuels de RMSE (barres colorées), biais moyen (points noirs) et corrélation (pointillés gris) des prévisions entre avril et septembre depuis 2018.	26
Figure 9 : Ozone : Dépassements du seuil d'information et de recommandation mesurés et prévus à J+0..	27
Figure 10 : Ozone : Eléments de la table de contingence pour l'année 2022 à l'échelle de la région Hauts-de-France et à l'échéance J+0 pour le seuil de 180 µg/m ³ en maximum journalier.	28
Figure 11 : Ozone : Eléments de la table de contingence par modèle, déclinés par département, pour l'année 2022 et l'échéance J+0 pour le seuil de 180 µg/m ³ en maximum journalier.	30
Figure 12 : Ozone : Diagramme de performance des prévisions en 2022 pour l'échéance J+0.	30
Figure 13 : Ozone : Eléments de la table de contingence des critères AMU (critères surfaciques et de de population confondus) en 2022 à l'échéance J+0.	32
Figure 14 : Ozone Dépassements du seuil d'information et de recommandation mesurés et prévus à J+1..	33
Figure 15 : Ozone : Eléments de la table de contingence pour l'année 2022 et l'échéance J+1 pour le seuil de 180 µg/m ³ en maximum journalier.	33
Figure 16 : Ozone : Eléments de la table de contingence déclinés par département pour l'année 2022 et l'échéance J+1 pour le seuil de 180 µg/m ³ en maximum journalier.	34
Figure 17 : Ozone : Diagramme de performance des prévisions en 2022 pour l'échéance J+1.	35
Figure 18 : Ozone : Eléments de la table de contingence des critères AMU (critères surfaciques et de population confondus) pour l'année 2022 et l'échéance J+1.	36

Figure 19 : PM ₁₀ : Scores de RMSE, biais et corrélation en Hauts-de-France et par département des prévisions 2022 pour l'échéance J+0. Accolés entre parenthèses aux zones géographiques se trouvent les nombres de stations prises en compte pour le calcul. La ligne en pointillé orange indique l'objectif de qualité.....	38
Figure 20 : PM ₁₀ : Scores de RMSE (barres colorées), biais (points noirs) et corrélation (pointillés gris) en fonction de l'environnement d'implantation des stations (urbain, périurbain, rural), pour les prévisions 2022 à l'échéance J+0.	39
Figure 21 : PM ₁₀ : Scores de RMSE (barres colorées), biais (points noirs) et corrélation (pointillés gris) pour les prévisions 2022 en fonction de l'échéance de prévision.....	40
Figure 22 : PM ₁₀ : Scores de RMSE et biais par classe de concentration pour l'année 2022 et l'échéance J+0. Le tableau sous les figures indique les taux d'observation pour chaque classe de concentrations. Toutes les valeurs de concentration sont en µg/m ³	41
Figure 23 : PM ₁₀ : Scores annuels de RMSE (barres colorées), biais moyen (points noirs) et corrélation (pointillés gris) des prévisions à l'échéance J0, depuis 2018.	42
Figure 24 : PM ₁₀ : Dépassements du seuil d'information et de recommandation mesurés et prévus à J+0.	43
Figure 25 : PM ₁₀ : Eléments de la table de contingence pour l'année 2022 à l'échelle de la région Hauts-de-France et à l'échéance J+0 pour le seuil de 50 µg/m ³ en moyenne journalière.....	43
Figure 26 : PM ₁₀ : Eléments de la table de contingence par modèle, déclinés par département, pour l'année 2022 et l'échéance J+0 pour le seuil de 50 µg/m ³ en moyenne journalière.....	44
Figure 27 : PM ₁₀ : Diagramme de performance des prévisions en 2022 pour l'échéance J+0.....	45
Figure 28 : PM ₁₀ : Eléments de la table de contingence des critères AMU (critères surfaciques et de population confondus) en 2022 à l'échéance J+0.	46
Figure 29 : PM ₁₀ : Dépassements du seuil d'information et de recommandation mesurés et prévus à J+1... ..	47
Figure 30 : PM ₁₀ : Eléments de la table de contingence pour l'année 2022 et l'échéance J+1 pour le seuil de 50 µg/m ³ en moyenne journalière.	47
Figure 31 : PM ₁₀ : Eléments de la table de contingence déclinés par département pour l'année 2022 et l'échéance J+1 pour le seuil de 50 µg/m ³ en moyenne journalière.....	48
Figure 32 : PM ₁₀ : Diagramme de performance des prévisions en 2022 pour l'échéance J+1.....	49
Figure 33 : PM ₁₀ : Eléments de la table de contingence des critères AMU (critères surfaciques et de population confondus) pour l'année 2022 et l'échéance J+1.....	50
Figure 34 : Isobares pour le 15/01/2022.....	52
Figure 35 : Rétro-trajectoires des masses d'air arrivant à Lille le 15 janvier.....	52
Figure 36 : Profils verticaux de température à Lille le 14/01/2022 (à gauche) et le 15/01/2022 (à droite).....	52
Figure 37 : Moyennes (a) horaires et (b) journalières en particules PM ₁₀ du 12 au 17 janvier.....	53
Figure 38 : Mesures black carbon – Lille Fives.....	54
Figure 39 : Mesures ACSM – Creil Faïencerie.....	54
Figure 40 : Ecart entre les moyennes journalières en PM ₁₀ mesurées et celles estimées par les modèles, pour les stations de fond qui ont atteint ou dépassé le seuil d'information et de recommandation.	56
Figure 41 : Isobares pour le 25/01/2022.....	57
Figure 42 : Profils verticaux de température à Lille le 25/01/2022.....	57
Figure 43 : (a) Température (en °C) et (b) hauteur de couche limite (en mètres) et (c) vitesse de vent (en m/s) prévues à Lille pour les journées de J-1, J=25/01, J+1, et J+2.....	57
Figure 44 : Rétro-trajectoires des masses d'air arrivant à Lille le 25/01.....	57

Figure 45 : Moyennes horaires en particules PM ₁₀ du 13 au 16 janvier	58
Figure 46 : Mesures de black carbon (a) à Lille, (b) à Calais et (c) à Creil	59
Figure 47 : Ecart entre les moyennes journalières en PM ₁₀ mesurées et celles estimées par les modèles, pour les stations de fond qui ont atteint ou dépassé le seuil d'information et de recommandation.	60
Figure 48 : Profils verticaux de température à Lille le 03/03/2022 (gauche) et le 04/03/2022 (droite).	61
Figure 49 : Conditions météorologiques à Lille pour les journées de 04/03 et 05/03/2022.	61
Figure 50 : Rétro-trajectoires des masses d'air arrivant à Lille le 03/03 (gauche) et le 04/03 (droite).	61
Figure 51 : Moyennes horaires en particules PM ₁₀ du 02 au 06 mars.....	62
Figure 52 : Mesures ACSM – Creil Faiencerie.....	62
Figure 53 : Mesures black carbon – Creil.....	63
Figure 54 : Ecart entre les moyennes journalières en PM ₁₀ mesurées et celles estimées par les modèles, pour les stations de fond qui ont atteint ou dépassé le seuil d'information et de recommandation.	64
Figure 55 : Profils verticaux de température à Calais (gauche) et à Lille (droite) le 23/03/2022.	66
Figure 56 : Rétro-trajectoires des masses d'air arrivant à Lille le 25/03.	66
Figure 57 : Conditions météorologiques à Calais (a) et à Lille (b) pour les journées de 23-26/03/2022.	66
Figure 58 : Modélisation des concentrations en particules importées (source esmeralda).	67
Figure 59 : Moyennes (a) horaires et (b) journalières en particules PM ₁₀ du 20 au 30 mars.	67
Figure 60 : Mesures ACSM – Villeneuve d'Ascq (source Labex CaPPA-IMT Nord-Europe).	68
Figure 61 : Mesures black carbon – Creil.....	69
Figure 62 : Ecart entre les moyennes journalières en PM ₁₀ mesurées et celles estimées par les modèles, pour les stations de fond qui ont atteint ou dépassé le seuil d'information et de recommandation.	73
Figure 63 : Conditions météorologiques à (a) Calais et (b) Béthune pour les journées de 15-17/06/2022.	74
Figure 64 : Rétro-trajectoires des masses d'air arrivant à Amiens le 16 juin 2022 (gauche) et à Lille le 19 juin 2022 (droite).	74
Figure 65 : Prévisions des concentrations d'ozone par les modèles.	75
Figure 66 : Evolution des concentrations en O ₃ sur HdF.....	75
Figure 67 : Ecart entre les moyennes journalières en O ₃ mesurées et celles estimées par les modèles, pour les stations de fond qui ont atteint ou dépassé le seuil d'information et de recommandation.	77
Figure 68 : Rétro-trajectoires des masses d'air arrivant à Lille le 18 juillet 2022.	78
Figure 69 : Conditions météorologiques à Lille pour les journées de 18-20/07/2022.....	78
Figure 70 : Prévision Esmeralda Stat, Prev'Air AS, et Atmo AS le 19 juillet pour la journée du 18 juillet 2022.	80
Figure 71 : Rétro-trajectoires des masses d'air arrivant à Amiens le 19 juillet 2022.	81
Figure 72 : Conditions météorologiques à Amiens pour les journées de 18-20/07/2022.....	81
Figure 73 : Profils verticaux de température à Amiens le 19/07/2022.....	81
Figure 75 : Données ACSM des AASQAs, consultées le 20/07/2022.....	82
Figure 75 : Moyennes horaires en particules PM ₁₀ du 18 au 20 juillet.....	82
Figure 77 : Moyennes horaires en BC _{ff} et BC _{wb} du 18 au 20 juillet à Creil.....	83
Figure 77 : Mesures de l'ACSM à Calais (station CA8).....	83

Figure 78 : Ecart entre les moyennes journalières en PM ₁₀ mesurées et celles estimées par les modèles, pour les stations de fond qui ont atteint ou dépassé le seuil d'information et de recommandation.	84
Figure 79 : Champs de température à 2 m pour le 12/08/2022.....	85
Figure 80 : Conditions météorologiques à Lille pour les journées de 12-14/08/2022.....	85
Figure 81 : Evolution des concentrations en O ₃ sur HdF.....	86
Figure 82 : Ecart entre les moyennes journalières en O ₃ mesurées et celles estimées par les modèles, pour les stations de fond qui ont atteint ou dépassé le seuil d'information et de recommandation.	87
Figure 83 : Profils verticaux de température à Lille le 15/12/2022.....	88
Figure 84 : Rétro-trajectoires des masses d'air arrivant à Lille le 15/12.....	88
Figure 85 : Conditions météorologiques à Lille pour les journées de 16-18/12/2022.....	88
Figure 86 : Conditions météorologiques à Lille pour les journées de 18-19/12/2022.....	89
Figure 87 : Modélisation des concentrations en particules importées (source esmeralda) pour le 15/12.	89
Figure 88 : Hauteur de couche limite sur la région Hauts-de-France le 16/12/2022 (gauche) et 17/12/2022 (droite).....	89
Figure 89 : Moyennes (a) horaires et (b) journalières en particules PM ₁₀ du 13 au 19 décembre.....	90
Figure 90 : Mesures ACSM – (a) Calais et (b) Villeneuve d'Ascq (source Labex CaPPA-IMT Nord-Europe). ...	90
Figure 91 : Mesures black carbon – Lille Leeds.....	91
Figure 92 : Ecart entre les moyennes journalières en PM ₁₀ mesurées et celles estimées par les modèles, pour les stations de fond qui ont atteint ou dépassé le seuil d'information et de recommandation.	93
Figure 93 : Taux de réussite de la prévision des épisodes de pollution de particules en PM ₁₀ par Atmo Hauts-de-France pour l'ensemble de l'année 2022 pour le jour même et la veille.	95
Figure 94 : Taux de réussite de la prévision des épisodes de pollution d'ozone par Atmo Hauts-de-France pour l'ensemble de l'année 2022 pour le jour même et la veille.	96

Tableaux

Tableau 1 : Seuils réglementaires pour la caractérisation d'un épisode de pollution à l'ozone ou aux particules PM ₁₀ . Source : article R. 221-1 du code de l'environnement.....	12
Tableau 2 : Nombre de jours où un dépassement du seuil d'information et de recommandation ou du seuil d'alerte a été constaté en 2022, séparément pour chaque département des Hauts-de-France.	13
Tableau 3 : Nombre annuel de jours d'épisode de pollution sur la période 2018-2022, tous seuils confondus mais séparément pour chaque polluant.....	14
Tableau 4 : Description des modèles bruts disponibles sur la plateforme de prévision d'Atmo Hauts-de-France.....	15
Tableau 5 : Description des modèles statistiques disponibles sur la plateforme de prévision d'Atmo Hauts-de-France.....	16
Tableau 6 : Disponibilité des prévisions (modèles et expertise) en 2022.	17
Tableau 7 : Objectifs de qualité définis dans le référentiel technique national pour la performance des modèles pour la prévision des concentrations en ozone et en particules PM ₁₀ . Source : « 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. Document en réponse à l'article 13 de l'arrêté du 19 avril 2017 modifié »,	

LCSQA, document applicable au 01/01/2022,.....	19
Tableau 8 : Moyennes journalières en particules PM ₁₀ du 13 au 16 janvier	53
Tableau 9 : Prévisions et constats d’Atmo Hauts-de-France pour les épisodes de pollution aux particules PM ₁₀ par des prévisionnistes d’Atmo Hauts-de-France.....	55
Tableau 10 : Moyennes journalières en particules PM ₁₀ du 24 au 26 janvier	58
Tableau 11 : Prévisions et constats d’Atmo Hauts-de-France pour les épisodes de pollution aux particules PM ₁₀ par des prévisionnistes d’Atmo Hauts-de-France.....	59
Tableau 12 : Moyennes journalières en particules PM ₁₀ du 02 au 06 mars.....	62
Tableau 13 : Prévisions et constats d’Atmo Hauts-de-France pour les épisodes de pollution aux particules PM ₁₀ par des prévisionnistes d’Atmo Hauts-de-France.....	63
Tableau 14 : Max des moyennes journalières en particules PM ₁₀ du 20 au 30 mars.....	68
Tableau 15 : Prévisions et constats d’Atmo Hauts-de-France pour les épisodes de pollution aux particules PM ₁₀ par des prévisionnistes d’Atmo Hauts-de-France.....	69
Tableau 16 : (a) Max des moyennes journalières d’ozone du 14 au 18 juin.....	75
Tableau 17 : Prévisions et constats d’Atmo Hauts-de-France pour les épisodes de pollution d’ozone par des prévisionnistes d’Atmo Hauts-de-France.....	76
Tableau 18 : (a) Max des moyennes journalières d’ozone du 17 au 19 juillet	79
Tableau 19 : Prévisions et constats d’Atmo Hauts-de-France pour les épisodes de pollution d’ozone par des prévisionnistes d’Atmo Hauts-de-France.....	79
Tableau 20 : Max des moyennes journalières en particules PM ₁₀ du 18 au 30 juillet.....	82
Tableau 21 : Prévisions et constats d’Atmo Hauts-de-France pour les épisodes de pollution aux particules PM ₁₀ par des prévisionnistes d’Atmo Hauts-de-France.....	84
Tableau 22 : (a) Max des moyennes journalières d’ozone du 11 au 13 août	86
Tableau 23 : Prévisions et constats d’Atmo Hauts-de-France pour les épisodes de pollution d’ozone par des prévisionnistes d’Atmo Hauts-de-France.....	87
Tableau 24 : Max des moyennes journalières en particules PM ₁₀ du 13 au 18 décembre	90
Tableau 25 : Prévisions et constats d’Atmo Hauts-de-France pour les épisodes de pollution aux particules PM ₁₀ par des prévisionnistes d’Atmo Hauts-de-France.....	91
Tableau 26 : Prévisions et constats d’Atmo Hauts-de-France pour les épisodes de pollution aux particules PM ₁₀ sur l’ensemble de l’année 2022.....	94
Tableau 27 : Prévisions et constats d’Atmo Hauts-de-France pour les épisodes de pollution d’ozone sur l’ensemble de l’année 2022.....	95
Tableau 28 : Bilan des procédures préfectorales déclenchées en Hauts-de-France en 2022 en lien avec les épisodes de pollution de l’air ambiant.....	97

1. Synthèse

Le présent rapport présente :

- Le bilan des épisodes de pollution qui ont touché les Hauts-de-France en 2022.
- La plateforme de prévision utilisée par Atmo Hauts-de-France pour la prévision quotidienne de la qualité de l'air pour le jour même et le lendemain. Les polluants étudiés sont l'ozone et les particules PM₁₀.
- L'évaluation de la performance des prévisions (modèles et expertise), statistiquement sur l'ensemble de l'année (restreinte à la période avril-septembre pour l'ozone), ainsi que séparément pour chaque épisode de pollution. Cette évaluation est effectuée en comparant les prévisions des modèles aux concentrations mesurées par les stations d'Atmo Hauts-de-France.
- Le bilan des prévisions des épisodes de pollution effectuées par Atmo Hauts-de-France en 2022.
- Le bilan des procédures préfectorales mises en place en lien avec ces prévisions.

La région Hauts-de-France a connu 23 jours d'épisode de pollution en 2022. Tous ces épisodes ont concerné les particules PM₁₀ et l'Ozone. Le seuil d'alerte n'a été dépassé qu'une fois, dans le département du Nord, le 15 décembre. Toutes les autres journées sont des dépassements du seuil d'information et de recommandation.

En moyenne sur la région pour l'année 2022, les prévisions des différents modèles, dont dispose Atmo Hauts-de-France, respectent quasiment tous les objectifs de performance fixés par le référentiel technique national défini par le laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air (LCSQA), que ce soit pour les PM₁₀ ou pour l'ozone. Les performances sont hétérogènes selon le modèle, les modèles dits « statistiques » apportant notamment une amélioration par rapport aux modèles dits « déterministes ».

Pour l'ozone, le modèle le plus performant (ESMERALDA_stat) entre le 1^{er} avril et le 30 septembre affiche des scores moyens qui sont relativement bons, largement au-dessus des critères de qualité fixés. Sur les quelques jours de dépassements rencontrés pour ce polluant, en revanche, les scores témoignent d'une réelle difficulté à prédire les pics de concentrations. C'est dans ce cas de figure que l'expertise du prévisionniste d'Atmo Hauts-de-France permet alors de réduire les cas de fausses alertes ou de détection manquée.

Pour les PM₁₀, le constat est globalement le même. Le modèle le plus performant en moyenne est, cette fois, plus variable (AS_ATMO_HDF_v1 à J, ESMERALDA_stat à J+1). Par ailleurs, les pics de concentrations sont comparativement mieux anticipés par les modèles sur ce polluant, les cas des fausses alertes ou de détections manquées étant en proportion moins fréquents avec les PM₁₀ qu'avec l'ozone. Enfin, les statistiques de l'année 2022 ont là aussi montré que les corrections de l'expert humain pouvaient réduire ces cas.

2. Contexte et objectifs

Tous les jours de l'année, les prévisionnistes d'Atmo Hauts-de-France prévoient la qualité de l'air pour le jour même et le lendemain. En particulier, Atmo prévoit si la région est susceptible ou non d'être touchée par un épisode de pollution. Cette information est communiquée aux services préfectoraux des départements concernés, qui peuvent mettre en place des mesures d'information ou des mesures contraignantes, selon les cas, afin de diminuer l'ampleur de l'épisode et protéger les populations les plus sensibles ou la population dans son ensemble.

Pour effectuer la prévision de la qualité de l'air, les prévisionnistes s'appuient sur un ensemble d'informations, parmi lesquelles figurent :

- Des prévisions météorologiques (Météo France et autres).
- Des mesures de météorologie et de qualité de l'air effectuées par Atmo Hauts-de-France le matin même et les jours précédents.
- Des prévisions des modèles de qualité de l'air.

Ces modèles estiment la qualité de l'air en tout point du territoire, pour le jour même et les jours à venir, sur la base des principes physiques et chimiques qui régissent le comportement des polluants dans l'atmosphère, et/ou sur la base d'analyses statistiques développées à l'aide de l'historique des mesures de qualité de l'air dont dispose Atmo Hauts-de-France. Pour sa prévision quotidienne, Atmo Hauts-de-France a accès aux résultats de plusieurs modèles de la qualité de l'air, qui sont soit fournis par des organismes tiers (INERIS, Airparif, etc.), soit développés en interne. La capacité de ces modèles à prédire la qualité de l'air n'est pas parfaite. Elle varie d'un jour à l'autre, d'un polluant à l'autre, et d'un modèle à l'autre.

L'objectif de ce rapport est d'évaluer la performance de chacun des maillons de la chaîne de prévision d'Atmo Hauts-de-France : c'est-à-dire les modèles de prévision dont dispose Atmo Hauts-de-France ainsi que la prévision finale (expertise), à la fois pour la prévision de la qualité de l'air hors épisode et pour la prévision des épisodes de pollution. De plus, dans ce rapport une analyse de chaque épisode a été faite pour mieux en comprendre le caractère. La période étudiée est l'année civile 2022. La présente étude se concentre sur la prévision de l'ozone et des particules PM₁₀.

Après un rappel de certaines définitions importantes (section 3), ce rapport présente un bilan des épisodes de pollution qui ont touché la région en 2022 (section 4). Les différents modèles de la qualité de l'air dont dispose Atmo Hauts-de-France sont présentés dans la section 5. L'évaluation statistique de la performance des prévisions (modèles et expertise) est détaillée dans la section 6. La section 7 présente une comparaison des prédictions des modèles aux concentrations mesurées, séparément pour chaque épisode de l'année. Le bilan des prévisions effectuées par Atmo Hauts-de-France et le bilan des procédures préfectorales déclenchées dans le cadre des épisodes de pollution de 2022 sont présentés en section 8 et 9, respectivement. La section 10 conclut ce rapport.

3. Définitions

Un **épisode de pollution** est « une période au cours de laquelle la concentration dans l'air ambiant d'un ou plusieurs polluants atmosphériques est supérieure ou risque d'être supérieure au seuil d'information et de recommandation ou au seuil d'alerte définis à l'article R. 221-1 du code de l'environnement, dans les conditions prévues à l'article 2. »¹

Quatre polluants sont concernés par cette définition :

- Les particules en suspension PM₁₀ ;
- L'ozone (O₃) ;
- Le dioxyde d'azote (NO₂) ;
- Le dioxyde de soufre (SO₂) ;

Pour les particules PM₁₀ et l'ozone, Atmo Hauts-de-France est tenue réglementairement de prévoir, chaque jour, si un dépassement du seuil d'information et de recommandation ou du seuil d'alerte est susceptible de se produire dans la région le jour même ou le lendemain. Pour le dioxyde d'azote (NO₂) et le dioxyde de soufre (SO₂), Atmo Hauts-de-France ne fait pas de prévision. Pour ces deux polluants, les dépassements de seuil sont constatés a posteriori, le cas échéant. Le présent document ne porte donc que sur les particules PM₁₀ et l'ozone. Les **seuils d'information et de recommandation et d'alerte** pour ces deux polluants sont répertoriés dans le Tableau 1.

*Tableau 1 : Seuils réglementaires pour la caractérisation d'un épisode de pollution à l'ozone ou aux particules PM₁₀.
Source : article R. 221-1 du code de l'environnement.*

Polluant	Seuil d'information et de recommandation	Seuil d'alerte
O ₃	180 µg/m ³ en moyenne horaire	240 µg/m ³ en moyenne horaire
PM ₁₀	50 µg/m ³ en moyenne journalière	80 µg/m ³ en moyenne journalière

L'occurrence d'un épisode de pollution est définie à l'**échelle départementale**. En d'autres termes, pour chaque département de la région et pour chaque jour de l'année, soit l'ensemble du département est considéré « en épisode », soit l'ensemble du département est considéré « hors épisode ».

L'article 2 mentionné dans la définition ci-dessus précise les critères qui permettent de déterminer ce que constitue exactement un épisode de pollution. En effet, il ne suffit pas qu'un seuil soit dépassé à une station de mesure d'Atmo Hauts-de-France pour que cela constitue un épisode de pollution. Plus précisément, un épisode de pollution aux particules PM₁₀ ou à l'ozone correspond, en plus du critère de seuil, à un dépassement de l'un de ces seuils qui touche :

- Une surface continue d'au moins 100 km² en région et 25 km² pour chaque département concerné, et/ou
- Au moins 10% de la population d'un département.

Dans ce rapport, ces critères de dépassements sont appelés **critères AMU** (arrêté de mesures d'urgence).

¹ Arrêté du 7 avril 2016 relatif au déclenchement des procédures préfectorales en cas d'épisodes de pollution de l'air ambiant (NOR: DEVR1603792A), version consolidée au 21 mars 2017.

4. Bilan des épisodes 2022 en Hauts-de-France

9 épisodes pour une durée totale de **23 jours en Hauts-de-France** (Figure 1), dont **1 jour de dépassement du seuil d'alerte et 22 jours de dépassement du seuil d'information et recommandation** ont été enregistrés en 2022. Ces 22 jours sont répartis de la façon suivante : 15 jours de dépassement persistant du seuil d'information et recommandation (alerte sur persistance) et 7 jours d'information et de recommandation. Plus précisément :

- Pas d'épisode concernant le dioxyde d'azote,
- Pas d'épisode concernant le dioxyde de soufre,
- Pas de double épisode particules / ozone,
- 4 jours concernant l'ozone,
- Et 19 jours concernant les particules.

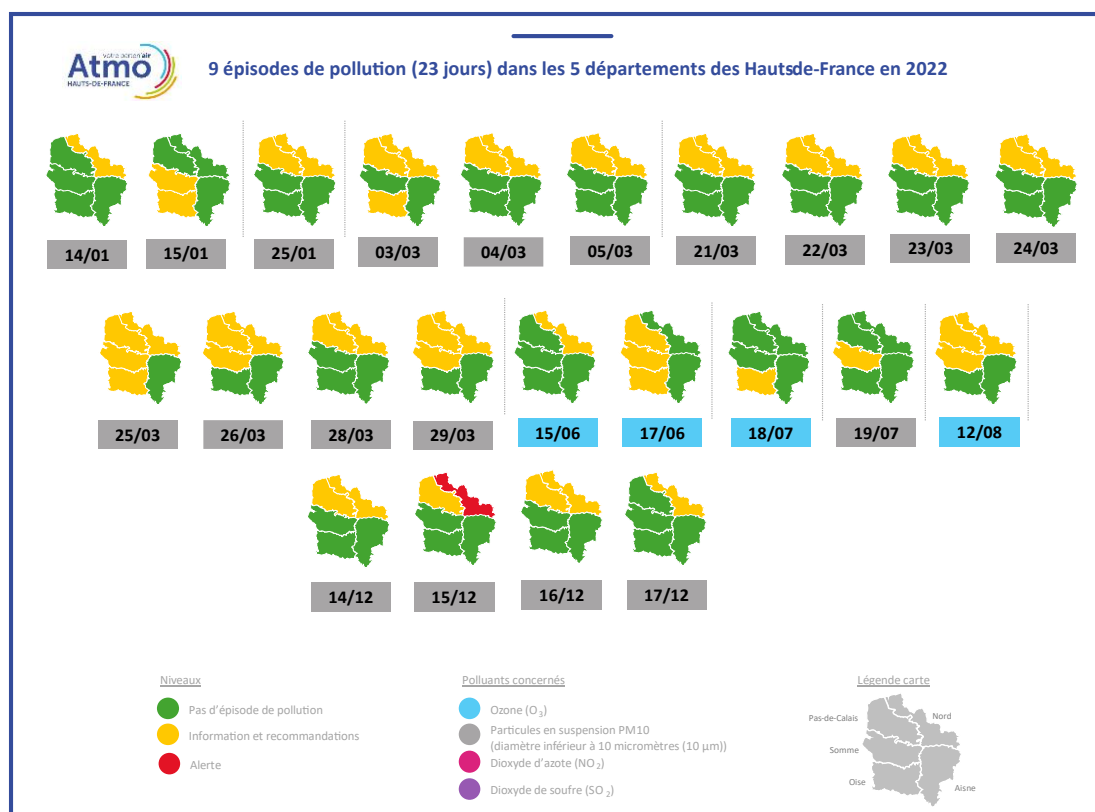


Figure 1 : Bilan des épisodes de pollution qui ont touché les Hauts-de-France en 2022, par département.

Parmi les 5 départements de la région, le Nord est celui qui a connu le plus de jours d'épisodes en 2022 (19 jours) et l'Aisne est celui qui en a compté le moins (0 jours), cf. Tableau 2.

Tableau 2 : Nombre de jours où un dépassement du seuil d'information et de recommandation ou du seuil d'alerte a été constaté en 2022, séparément pour chaque département des Hauts-de-France.

	Nord	Somme	Oise	Pas-de-Calais	Aisne	HdF
Seuil d'information et de recommandation	18 jours	7 jours	5 jours	17 jours	0 jour	22
Seuil d'alerte	1 jour	0 jour	0 jour	0 jour	0 jour	1
Total par départ.	19 jours	7 jours	5 jours	17 jours	0 jour	23

Le nombre annuel de jours d'épisode sur la période 2011-2022 atteint un minimum en 2021 et remonte en 2022 (Figure 2). En 2019, les Hauts-de-France ont été particulièrement touchés par les épisodes de pollution, avec 51 jours de dépassement tous polluants et tous seuils confondus. Le nombre de jours d'épisode de pollution constatés sur la période 2018-2022 est présenté dans le Tableau 3, séparément pour chaque polluant.

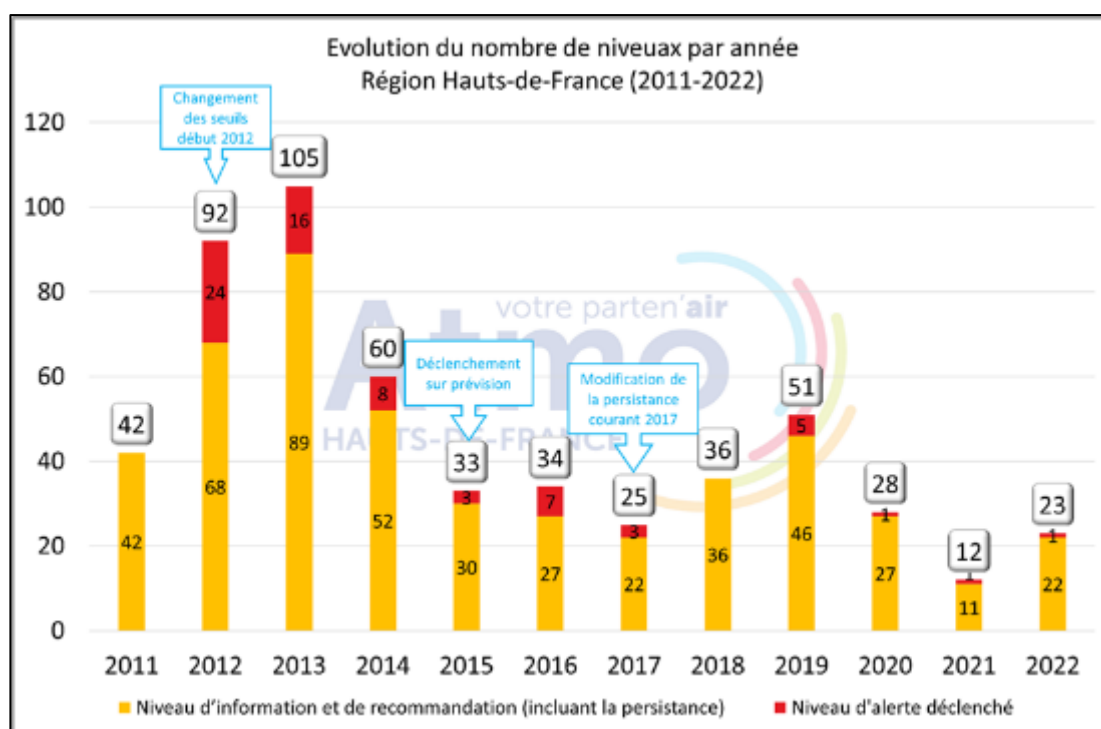


Figure 2 : Nombre annuel de jours d'épisode de pollution en Hauts-de-France, séparément pour les dépassements du seuil d'information et recommandation et pour les dépassements du seuil d'alerte

Tableau 3 : Nombre annuel de jours d'épisode de pollution sur la période 2018-2022, tous seuils confondus mais séparément pour chaque polluant.

	2018	2019	2020	2021	2022
PM₁₀ uniquement	27	39	20	12	19
O₃ uniquement	4	5	3	0	4
SO₂ uniquement	3	3	0	0	0
NO₂ uniquement	0	0	0	0	0
PM₁₀ et O₃	2	4	5	0	0

5. Présentation de la plateforme de prévision

5.1. Description des modèles

Les modèles de prévision de la qualité de l'air dont dispose Atmo Hauts-de-France produisent des cartes de concentrations en polluants pour la journée en cours et les jours à venir. Les modèles présents sur la plateforme de prévision d'Atmo Hauts-de-France peuvent être classés en deux catégories :

- Les modèles dits « **déterministes** », aussi appelés **modèles** « bruts » : ils sont basés sur des équations physico-chimiques qui, à partir de données d'émissions et de météorologie, représentent le transport, la dispersion, et la chimie des polluants dans l'atmosphère ;
- Les modèles dits « **statistiques** » : ils ne décrivent pas directement la physique et la chimie régissant

le comportement des polluants, mais s'appuient sur des corrélations statistiques plus ou moins complexes entre des variables d'entrée (appelées variables explicatives) et une ou plusieurs variables de sortie (appelées variables expliquées). Le lien présumé entre ces deux groupes de variables est estimé de manière empirique grâce à un historique d'observations, lors de la phase dite « d'apprentissage » du modèle.

La différence conceptuelle entre modèle brut et modèle statistique est perméable. En effet, selon la méthodologie utilisée, les premiers peuvent constituer une variable d'entrée pour les seconds, ce qui est d'ailleurs souvent le cas (cf. section 5.1.2).

Les sections qui suivent décrivent les modèles déterministes et statistiques dont dispose Atmo Hauts-de-France pour effectuer la prévision quotidienne de la qualité de l'air.

5.1.1. Les modèles déterministes

Le Tableau 4 ci-dessous liste les modèles bruts disponibles sur la plateforme de prévision d'Atmo Hauts-de-France, ainsi que leurs principales caractéristiques.

Tableau 4 : Description des modèles bruts disponibles sur la plateforme de prévision d'Atmo Hauts-de-France.

Nom usuel	Fournisseur	Météo	Emissions	Chimie-transport	Conditions aux limites	Résolution horizontale	Résolution temporelle	Echéances Disponibles
PREVAIR (plus d'informations sur www.prevoir.org)	INERIS	IFS réseau 00h	Inventaire 2017 REF2 CAMSREGV4_2	CHIMERE 2020		4 km	Horaire	J-1 à J+3
ESMERALDA	Airparif	MM5 3.7.3 alimenté par GFS, 2 way-nesting, 5 km de résolution	Inventaire inter-régional sur les 10 régions partenaires (inventaires 2010 pour la mise à jour de septembre 2016) + Inventaire EMEP 2010 (téléchargement janvier 2016) spatialisé sur la base de CORINE LAND COVER à 250 pour les zones France et Europe non couvertes par un inventaire local	CHIMERE 2014b	PREVAIR brut à 10 km de résolution (CONT4 si PREVAIR absent)	3 km	Horaire	J-1 à J+2
ESMERALDA_15km	Airparif	Similaire à ESMERALDA	Similaire à ESMERALDA	CHIMERE 2014b	PREVAIR brut à 10 km de résolution (CONT4 si PREVAIR absent)	15 km	Horaire	J-1 à J+2
ESMERALDA_JP7	Airparif	Similaire à ESMERALDA	Similaire à ESMERALDA	CHIMERE 2014b	CONT4	15km	Horaire	J à J+7

5.1.2. Les modèles statistiques

Le Tableau 5 décrit les modèles statistiques employés par Atmo Hauts-de-France pour la prévision quotidienne de la qualité de l'air.

Tableau 5 : Description des modèles statistiques disponibles sur la plateforme de prévision d'Atmo Hauts-de-France

Nom usuel	Fournisseur	Méthodologie	Résolution horizontale	Résolution temporelle	Echéances disponibles
AN_AS_PREVAIR	INERIS	Prévision statistique à la station par régression multilinéaire (~ 10 variables explicatives) puis Krigeage (cokrigeage pour les PM10 et PM2.5) de ces prévisions avec CHIMERE en dérive externe. Pour J-1, l'assimilation est réalisée sur les mesures	1 km	Journalière	J-1 à J+3
ESMERALDA_stat	Airparif	Prévision d'ensemble à la station qui s'appuie sur 21 modèles déterministes, puis assimilation sur le modèle brut par interpolation optimale	3 km	Horaire	J-1 à J+2
AS_ATMO_HDF_v1	Atmo Hauts-de-France	Prévision statistique/machine learning à la station (variables explicatives : météo, calendrier, mesures passées et prévision brute d'ESMERALDA), puis Krigeage de ces prévisions avec un mélange de modèles en dérive externe (le mélange est opéré par régression ridge des mesures des derniers jours sur les modèles disponibles)	1 km	Journalière	J-1 à J+1
CAMS_ensemble	Copernicus	Prévision d'ensemble basée sur la médiane de 11 modèles déterministes (MOCAGE, CHIMERE, SILAM, EURAD-IM, LOTOS-EUROS, EMEP, MATCH, DEHIM, GEM-AQ, MINNI, MONARCH).	10 km	Horaire	J-1 à J+4

5.1.3. L'expertise du prévisionniste : CARINE_corrige

Les modèles cités précédemment servent de **base au prévisionniste** pour définir sa prévision des indices communaux. Pour ce faire, pour chaque polluant et pour chaque échéance, l'expert (i) choisit la modélisation qui lui semble la plus adaptée et (ii) apporte des éventuelles corrections de concentrations qu'il juge pertinentes de faire.

Dans la chaîne de prévision d'Atmo Hauts-de-France, cette **étape d'expertise humaine aboutit alors à une nouvelle estimation** des concentrations, et peut donc techniquement être évaluée comme un modèle à part entière. Il faut toutefois noter qu'en pratique, en 2022, ces corrections visent avant tout l'indice. Dit autrement, les corrections apportées par le prévisionniste sont parfois **volontairement grossières** en termes de concentrations, cette correction n'ayant comme but que celui d'atteindre la classe d'indice souhaitée. Or, une même classe d'indice peut contenir des concentrations notoirement différentes : <https://www.atmo-hdf.fr/article/indice-de-la-qualite-de-lair>; les résultats d'évaluation de ces résultats d'expertise doivent donc être regardés à travers ce prisme. Des développements sont en cours en 2023 pour permettre au prévisionniste de transcrire son expertise de manière plus fine, c'est-à-dire à la fois sur les concentrations et sur les sous-indices.

5.2. Taux de disponibilité des modèles

Le **taux de disponibilité** d'un modèle sur une année est la fraction des jours de ladite année pour lesquels une prévision est disponible. Le Tableau 6 présente le taux de disponibilité des modèles pour l'année 2022. Dans l'ensemble, les taux de disponibilité sont **relativement bons**, avec toutefois pour CAMS_ensemble pour lequel plus de 80 jours de jours ne dispose pas de prévision pour les particules PM₁₀ (contre 14 pour l'ozone).

Du fait de ce manque de représentativité sur l'année 2022, CAMS_ensemble ne peut être inclus dans l'évaluation des modèles dédiée aux particules PM₁₀. Il sera donc uniquement évalué sur l'ozone. Ceci n'a que peu d'incidence sur la prévision finale car ce modèle n'est quasi jamais utilisé par les prévisionnistes en raison de sa résolution et de ses performances antérieures moindres que les autres modèles sur les dépassements.

Tableau 6 : Disponibilité des prévisions (modèles et expertise) en 2022.

Nom usuel	Nombre de jours où le modèle n'a pas fonctionné	Taux de disponibilité
PREVAIR	4	99%
ESMERALDA	8	98%
ESMERALDA_15km	4	99%
ESMERALDA_JP7	9	98%
AN_AS_PREVAIR	13	96%
ESMERALDA_stat	32	91%
AS_ATMO_HDF_v1	19	95%
CAMS_ensemble	86 pour les PM ₁₀ / 14 pour l'O ₃	76% pour les PM ₁₀ / 96% pour l'O ₃
CARINE_corrige (expertise)	0	100%

5.3. Description des observations de fond utilisées dans l'évaluation

De manière générale, l'évaluation des modèles présentée dans la suite de ce document consiste à comparer les concentrations prévues par les modèles ou l'expertise à celles mesurées par les stations de mesure. Seules les mesures dites « de fond » sont utilisées dans cette comparaison. L'emplacement des mesures de fond est choisi de telle manière à ce que la mesure soit représentative de la qualité de l'air sur une large zone autour du point de prélèvement, par contraste par exemple avec les mesures qui sont sous influence directe d'une source industrielle (et qui ne sont donc pas représentatives d'une large zone).

En 2022, le réseau de surveillance d'Atmo Hauts-de-France comprenait **27 stations mesurant les concentrations de fond ozone**, et **25 stations mesurant les concentrations de fond en PM₁₀**. Leur répartition géographique et leur environnement d'implantation sont représentés sur la Figure 3 ci-après. Chaque station possède un code national (exemple : FR10017) choisi en respectant la nomenclature définie par le laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air (LCSQA), ainsi qu'une immatriculation définie par Atmo Hauts-de-France (exemple : DKM).

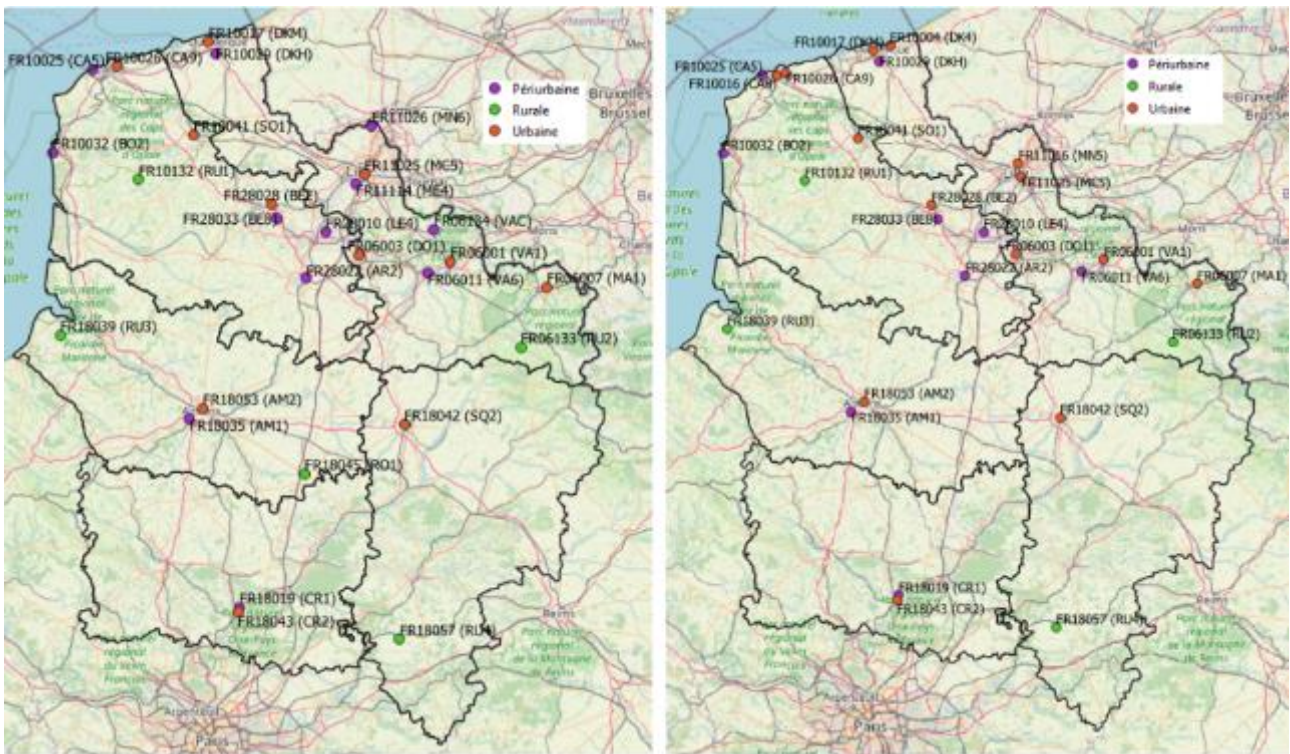


Figure 3 : Localisation et environnement d'implantation des mesures de fond opérées par Atmo Hauts-de-France en 2022 pour l'ozone (à gauche) et les particules PM₁₀ (à droite). Fond de carte © OpenStreetMap.

L'évaluation des prévisions (modèles et expertise) présentée ici prend en compte l'ensemble de ces stations, sauf celles pour lesquelles le **taux de disponibilité prévision-mesures est inférieur à 75%**. Le calcul de ce taux est expliqué en Annexe 1.

Pour l'ozone, le nombre de stations qui sont ainsi écartées du calcul des scores varie entre 2 et 4 selon le type de prévisions. Les **deux stations exclues d'office** (c'est-à-dire quel que soit le modèle) en raison d'un manque de mesures sur la période d'avril à septembre sont FR28022 (AR2, à Saint-Laurent-Blangy) et FR10029 (DKH, à Cappelle-la-Grande).

Pour les PM₁₀, le nombre de stations qui sont écartées du calcul des scores varie entre 5 et 9 selon le type de prévision. Les **cinq stations exclues d'office** en raison d'un manque de mesures sur l'année sont FR18035 (AM1, à Salouël), FR28022 (AR2, à Saint-Laurent-Blangy), FR10032 (BO2, à Outreau), FR10132 (RU1, à Campagne-lès-Boulonnais) et FR18042 (SQ2, Saint-Quentin Stade).

6. Evaluation statistique de la plateforme de prévision

Dans ce rapport, l'évaluation des prévisions est réalisée sur la base de **plusieurs indicateurs de performance**. Ces indicateurs reposent tous sur la comparaison des concentrations prévues par les modèles ou l'expertise avec celles mesurées aux stations². Deux types d'indicateurs statistiques sont calculés : les statistiques dites **classiques** et les statistiques dites **catégorielles**.

Les statistiques classiques servent à **qualifier la performance globale** du modèle. Il s'agit ici :

- De **l'erreur quadratique moyenne** (RMSE pour « root mean square error » en anglais). Cet indicateur mesure l'erreur globale de la prévision. Il est d'autant plus élevé que la prévision estime mal les

² Pour l'évaluation de la capacité des modèles à prédire les dépassements des critères AMU, les modèles sont comparés aux mesures des stations qui sont ensuite spatialisées par le modèle AS_ATMO_HDF_v1 (cf. section 6.2.2).

concentrations, que ce soit en les sous-estimant ou en les surestimant.

- Du **biais**. Cet indicateur mesure si, en moyenne, la prévision a plutôt tendance à sous-estimer (biais négatif) ou à surestimer (biais positif) les concentrations. Une prévision peut avoir un biais nul mais une RMSE élevée, dans le cas où elle sous-estime certaines concentrations et en surestime d'autres dans d'égal proportions.
- Du **coefficient de corrélation**. Cet indicateur caractérise ici la capacité d'une prévision à reproduire les variations³ de concentrations d'un jour à l'autre (ou d'une heure à une autre par exemple, selon la résolution temporelle considérée). Une prévision peut avoir un coefficient de corrélation proche de 1 mais une RMSE élevée, c'est le cas si elle présente un biais systématique, qu'il soit positif ou négatif.

La définition et l'interprétation de ces indicateurs sont précisées en Annexe 1. Il est important pour le lecteur peu familier avec ces concepts de retenir qu'une prévision est d'autant plus **performante** que sa **RMSE est petite**, son **biais est proche de zéro**, et son **coefficient de corrélation est proche de 1**.

En cohérence avec la définition des seuils d'information et de recommandation et d'alerte (Tableau 1), ces statistiques classiques sont calculées sur la base des **maxima journaliers des moyennes horaires pour l'ozone** et sur la base des **moyennes journalières pour les PM₁₀**.

Le référentiel technique national (ensemble de documents et spécifications qu'Atmo Hauts-de-France doit respecter), spécifie **des objectifs de qualité à atteindre** pour chacun de ces indicateurs. Ces valeurs sont référencées dans le Tableau 7 ci-dessous pour les prévisions à J+0 et J+1 pour l'ozone et les particules PM₁₀.

Tableau 7 : Objectifs de qualité définis dans le référentiel technique national pour la performance des modèles pour la prévision des concentrations en ozone et en particules PM₁₀. Source : « 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. Document en réponse à l'article 13 de l'arrêté du 19 avril 2017 modifié », LCSQA, document applicable au 01/01/2022, <https://www.lcsqa.org/fr/rapport/guides-methodologiques-pour-la-prevision-de-la-qualite-de-lair>.

Polluant	Biais (µg/m ³)	RMSE (µg/m ³)	Corrélation
O ₃	± 10 µg/m ³	25 µg/m ³ maximum	0.7 minimum
PM ₁₀	± 7.5 µg/m ³	15 µg/m ³ maximum	0.6 minimum

Les statistiques catégorielles s'intéressent à la **capacité de la prévision à prévoir le dépassement ou le non-dépassement** d'un seuil réglementaire. Ces statistiques sont propres à l'évaluation de prévisions binaires, c'est-à-dire du type "Oui / Non", avec, dans le présent contexte, "Oui" signifiant "Il y aura un dépassement", et "Non" signifiant "Il n'y aura pas de dépassement" (cf. section 3 pour des précisions sur la notion de "dépassement"). La capacité des modèles à prévoir correctement les dépassements de seuils réglementaires sera ainsi évaluée à l'aide d'indicateurs basés sur des statistiques catégorielles : probabilité de détection, taux de succès, etc. Celles-ci sont définies en Annexe 2. Ces indicateurs seront également à l'œuvre pour l'analyse des critères AMU.

La prévision que fait un modèle ou l'expert pour le jour même est appelée "l'échéance J+0", ou "prévision à J+0". La prévision que fait un modèle ou l'expert pour le lendemain est appelée "l'échéance J+1", ou "prévision à J+1". L'évaluation statistique présentée ici analyse ces deux échéances séparément. À noter que, chaque jour, les modèles, expertisés ou non, estiment aussi a posteriori la qualité de l'air en tout point du territoire pour la veille ("échéance J-1").

³ En l'occurrence ces variations doivent être linéaires, d'où le terme également utilisé de coefficient de corrélation linéaire.

Tous les graphiques présentés dans la présente section ont été produits à l'aide du package *evaltools*⁴ pour le langage de programmation Python. Ce package est fourni par le laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air (LCSQA).

6.1. Évaluation des prévisions pour l'ozone

Les concentrations d'ozone suivent une **variation saisonnière** forte au cours de l'année, avec des niveaux moyens plus élevés au printemps et en été. En effet, l'ozone est un polluant secondaire dont la formation dans l'atmosphère est favorisée par un temps chaud et ensoleillé. C'est durant la période estivale que les épisodes de pollution à l'ozone sont les plus fréquents, et qu'il y a donc un réel enjeu sur la performance des prévisions. Pour que la présente **évaluation** soit représentative de cette attente, les scores présentés dans cette partie sont calculés uniquement à partir des données d'**avril à septembre**.

Comme indiqué précédemment, en cohérence avec la définition du seuil d'information et de recommandation et du seuil d'alerte pour l'ozone (Tableau 1), toutes les statistiques présentées dans cette section sont calculées sur la base des maxima journaliers des moyennes horaires. Dans une journée donnée, le seuil d'information et de recommandation est dépassé si au moins une moyenne horaire est supérieure à 180 µg/m³ (de même pour le seuil d'alerte, avec un seuil de 240 µg/m³).

6.1.1. Scores classiques (RMSE, biais, et corrélation)

Sauf indication contraire, dans cette section, la RMSE et le biais sont toujours indiqués en µg/m³.

1. Comparaison aux objectifs de qualité

La Figure 4 présente successivement les scores de **RMSE**, de **biais** et de **corrélation** des modèles sur la période d'avril à septembre 2022 pour l'échéance **J+0**. Sur cette figure, les objectifs de qualité définis dans le référentiel technique national sont symbolisés par la ligne horizontale en pointillés orange. Les scores sont agrégés pour toutes les stations de la région (groupe "HDF" à la gauche des graphiques) et à l'échelle départementale (groupes "Nord", "Somme", "Pas-de-Calais", "Oise" et "Aisne"). Le nombre de stations prises en compte pour le calcul des scores d'une zone donnée est accolé entre parenthèses à côté du nom de celle-ci⁵.

L'objectif de qualité de la **RMSE est respecté par tous les modèles, et sur toutes les zones géographiques**. ESMERALDA_stat est clairement le modèle qui estime le mieux, en moyenne, les maxima journaliers, et ceci quelle que soit la zone considérée. Il est suivi par AS_ATMO_HDF_v1 puis par CAMS_ensemble. ESMERALDA_JP7 apparaît distinctement comme le moins performant des modèles, son score de RMSE se situant largement au-dessus des autres modèles, y compris les modèles déterministes. Il faut ici préciser qu'ESMERALDA_JP7 vise avant tout à estimer une tendance plurijournalière (J+7), là où les autres modèles ont plutôt une portée court-termiste (J+3 max).

⁴ Plus d'informations sur <https://opensource.umr-cnrm.fr/projects/evaltools>.

⁵ Il s'agit du nombre de stations disponibles pour le premier des modèles listés, à savoir ici ESMERALDA.

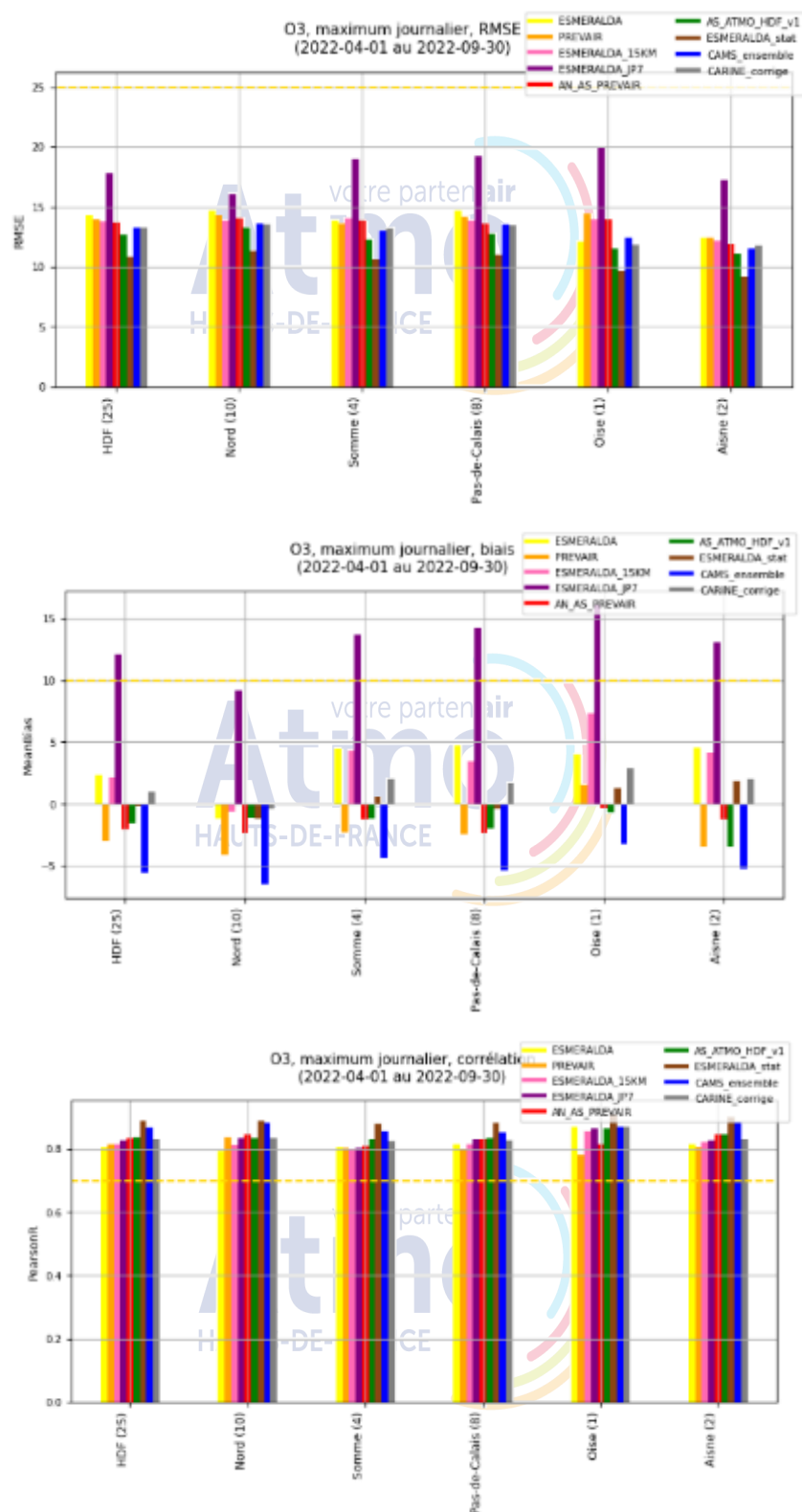


Figure 4 : Ozone : RMSE, biais et coefficient de corrélation des prévisions d'ozone d'avril à septembre 2022 pour l'échéance J+0, pour les Hauts-de-France et séparément pour chaque département. Accolés entre parenthèses aux zones géographiques se trouvent les nombres de stations prises en compte pour le calcul. La ligne en pointillé orange indique l'objectif de qualité.

L'analyse du **biais** met en évidence le problème de surestimation (biais positif sur tous les départements, d'environ $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur la région) du modèle **ESMERALDA_JP7**. Toutes les autres prévisions (modèles et expertise) respectent en revanche le critère de $\pm 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ défini pour cette statistique de score. En effet, sauf quelques exceptions, les biais restent plus ou moins compris entre -5 et $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Le graphique des **coefficients de corrélation** indique **que l'objectif de qualité est respecté⁶ par toutes les prévisions**, au niveau régional comme au niveau de chaque département. Quel que soit le département considéré, ESERALDA_stat apparaît comme le modèle parvenant le mieux à reproduire les variations de concentrations de l'ozone. Au niveau régional, il est suivi de près par CAMS_ensemble, devantant lui-même AS_ATMO_HDF_v1 et AN_AS_PREVAIR.

2. Par environnement d'implantation

La Figure 5 ci-dessous présente les scores de RMSE (barres colorées), biais (points noirs) et de corrélation (pointillés gris) à l'échéance J+0 **en fonction de l'environnement d'implantation de la station**. Ces résultats indiquent que :

- La performance des prévisions est plutôt similaire entre les milieux ruraux, périurbains, et urbains ;
- La hiérarchie de ceux-ci en termes de RMSE est comparable entre les différents environnements d'implantation ;
- L'environnement d'implantation n'a pas d'effet sur la nature du biais ou sur le degré de corrélation.

⁶ Pour le coefficient de corrélation, l'objectif de qualité est respecté si la valeur calculée pour un modèle est supérieure à la valeur de l'objectif.

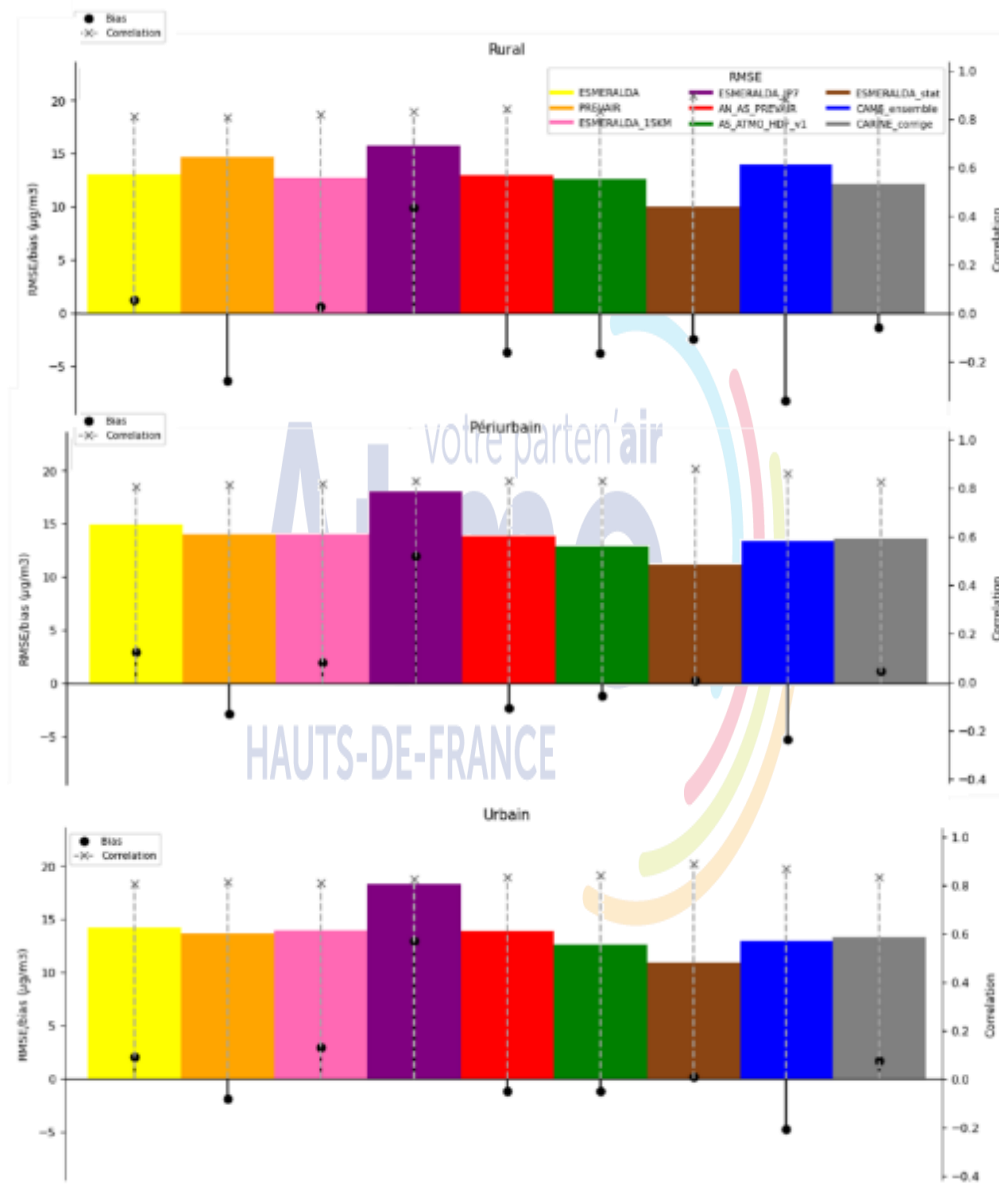


Figure 5 : Ozone : Synthèse des scores de RMSE (barres colorées), biais (points noirs) et corrélation (pointillés gris) en fonction de l'environnement d'implantation des stations (urbain, périurbain, rural) pour les prévisions d'avril à septembre 2022 à l'échéance J+0.

3. Par échéance de prévision

La Figure 6 fait état des scores des prévisions en fonction de l'échéance de prévision. Comme attendu, la précision des modèles est globalement **moindre à l'échéance J+1 qu'à l'échéance J+0**. Selon le modèle, le passage à un horizon plus lointain affecte plus ou moins sa précision. Pour AS_ATMO_HDF_v1 par exemple, l'erreur quadratique moyenne augmente de 12.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour J à 14.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour J+1. En comparaison, la RMSE d'ESMERALDA_stat à J+1 est de 11.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ contre 10.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à J, soit une perte de précision qui est moins importante pour ce dernier.

Comme constaté précédemment au niveau de l'environnement d'implantation des stations, **la structure des scores varie relativement peu avec l'échéance** : par exemple, si une prévision a un biais négatif pour J+0, elle aura également tendance à avoir un biais négatif pour J+1.

Concernant **les objectifs de qualité**, le seuil maximal de 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la RMSE est respecté par toutes les prévisions à J+1 comme à J+0. Il en va même pour l'objectif de qualité du coefficient de corrélation, fixé à 0.7 en valeur minimale à respecter. Enfin, seul ESMERALDA_JP7 ne respecte pas l'objectif de qualité du biais de +/-10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

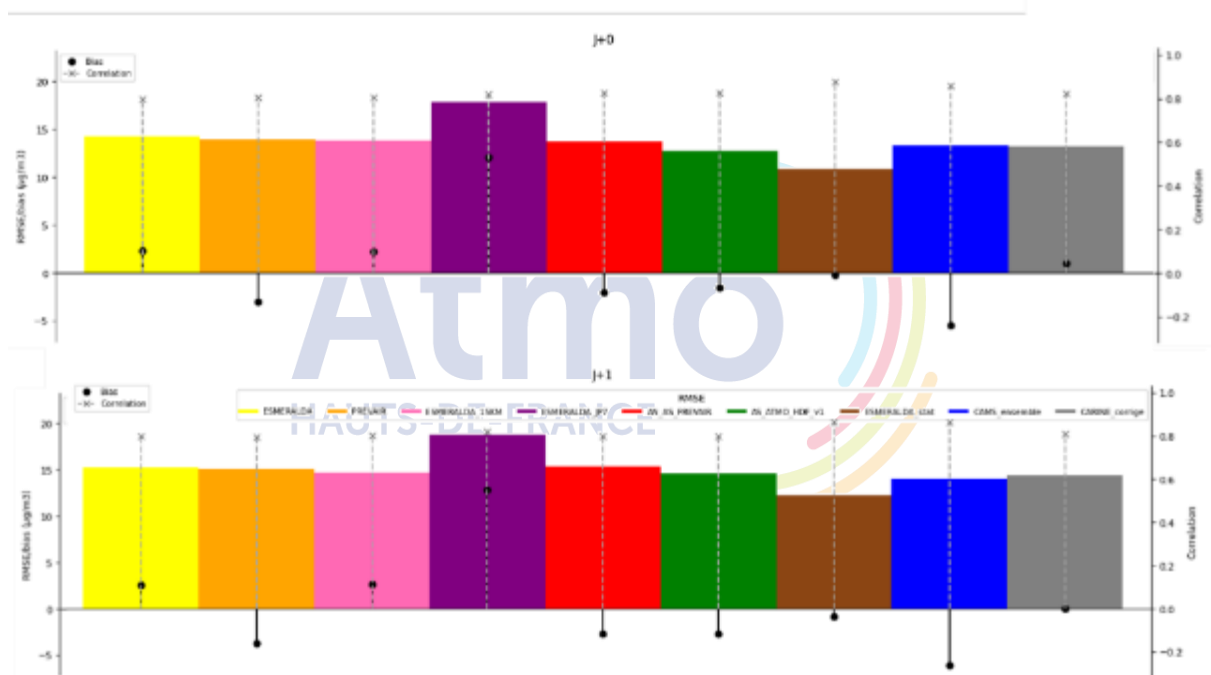


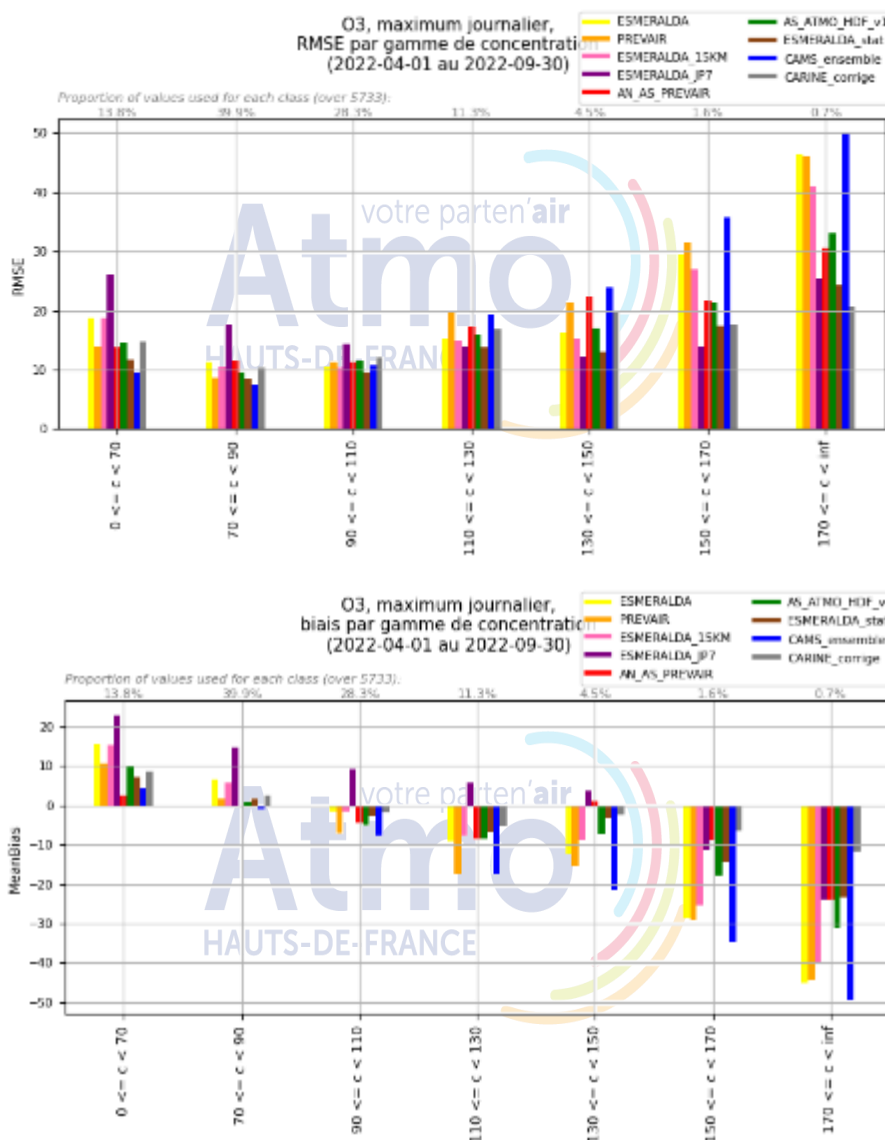
Figure 6 : Ozone : Synthèse des scores de RMSE (barres colorées), biais moyen (points noirs) et corrélation (pointillés gris) en fonction de l'échéance de prévision (J+0 et J+1), évalués sur la période d'avril à septembre 2022.

4. Par gamme de concentration

La Figure 7 représente les scores de RMSE et de biais **par gamme de concentrations** pour les prévisions à J+0, toujours sur la période d'avril à septembre 2022. Le taux d'observation de chaque classe de concentrations est fourni dans la table qui suit les graphiques. Le taux d'observation est le pourcentage des mesures pour lesquelles la valeur tombe dans la classe donnée.

Les maxima journaliers observés se situent pour 40% entre 70 et 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. C'est pour cette tranche de valeurs que les prévisions sont les plus justes (faibles RMSE et biais). Le graphique des RMSE témoigne en effet de **performances en « U »**, c'est-à-dire plutôt dégradées sur les valeurs basses, meilleures sur les valeurs intermédiaires, et de plus en plus dégradées sur les valeurs hautes. La **perte de performance** pour les concentrations élevées est **particulièrement apparente pour les modèles déterministes**, qui souffre d'un

biais négatif moyen pouvant dépasser les 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur les concentrations supérieures à 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En comparaison, ESERALDA_stat est le modèle statistique dont la précision se dégrade le moins en allant croissant dans les concentrations. **Dans la tranche la plus élevée, c'est-à-dire au-delà de 170 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, c'est l'expertise CARINE_corrige qui fournit les meilleures estimations, avec une RMSE d'environ 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ contre 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour ESERALDA_stat (second meilleur modèle dans ce cas de figure) par exemple. Ce résultat suggère un apport positif de la correction du prévisionniste sur les concentrations modélisées les plus fortes.**



Moins de 70	70 à 90	90 à 110	110 à 130	130 à 150	150 à 170	Plus de 170
13.8%	39.9%	28.3%	11.3%	4.5%	1.6%	0.7%

Figure 7 : Ozone : Scores de RMSE et biais par classe de concentration, pour la période d'avril à septembre 2022 et l'échéance J+0. Le tableau sous les figures indique les taux d'observation pour chaque classe de concentration. Toutes les valeurs de concentration sont en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

5. Sur plusieurs années

L'évolution du score des prévisions (modèles et expertise) à J+0 sur la période avril-septembre **sur les cinq dernières années** est présentée sur la Figure 8. À noter que l'absence d'un type de prévision sur une année s'explique soit par un taux de disponibilité insuffisant, soit par le fait qu'il n'était pas encore disponible à Atmo

Hauts-de-France pour l'année donnée.

Pour les prévisions dont nous pouvons suivre l'évolution pluriannuelle :

- L'année 2021 a été synonyme d'une baisse de RMSE qui s'est maintenue en 2022. Cette baisse tient en partie aux moindres concentrations observées sur la période estivale pour ce polluant durant les deux dernières années.
- La hiérarchie est plutôt stable. Par exemple, sur les deux dernières années, ce sont ESMERALDA_stat puis AS_ATMO_HDF_v1 qui sont successivement les meilleurs modèles en termes d'erreur global.

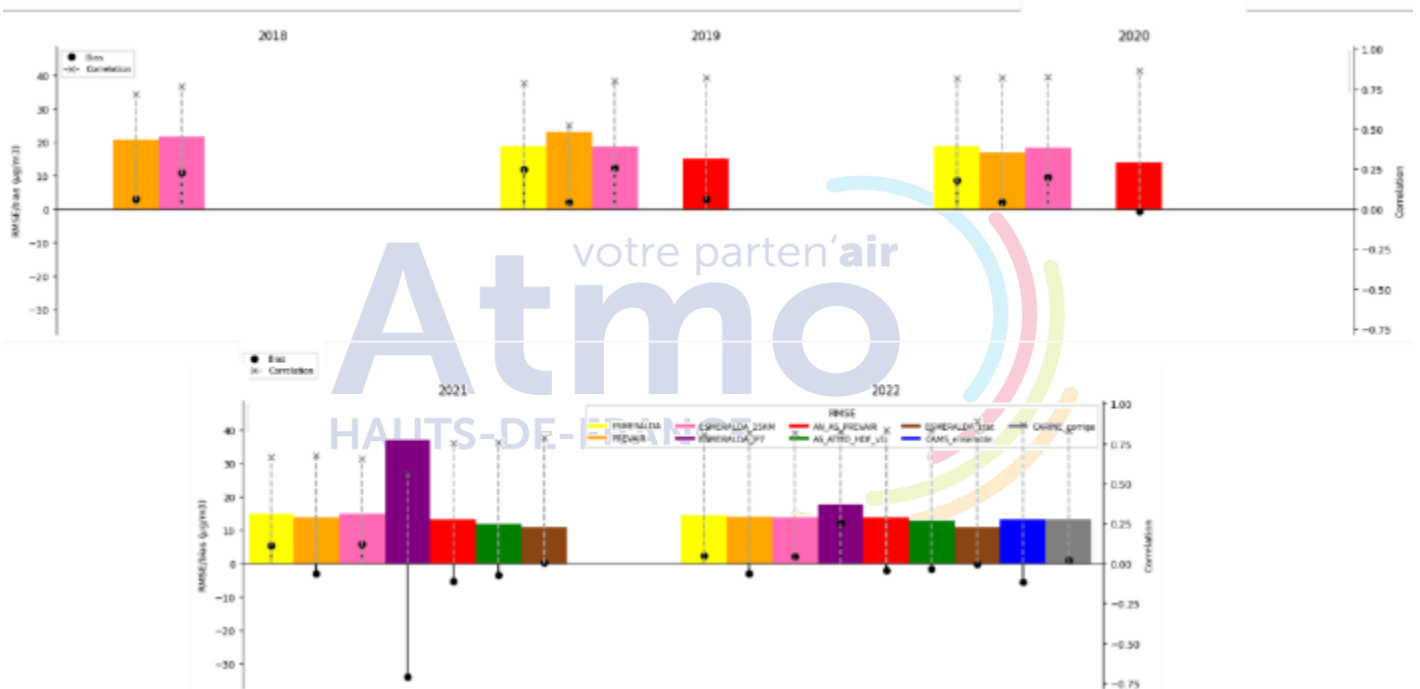


Figure 8 : Ozone : Scores annuels de RMSE (barres colorées), biais moyen (points noirs) et corrélation (pointillés gris) des prévisions entre avril et septembre depuis 2018.

6.1.2. Performance sur les seuils règlementaires

Cette partie s'attache à évaluer la capacité des prévisions (modèles et expertise) à bien prévoir les dépassements et non-dépassements de seuils règlementaires. Si les scores fournis précédemment permettent déjà d'en cerner les contours, les éléments qui vont suivre visent plus spécifiquement à étudier cette question.

1. Scores aux stations pour J0

a) Séries temporelles

La Figure 9 ci-dessous trace le **suivi journalier du nombre de dépassements** (parmi les stations) prévus par les modèles de prévisions et l'expertise (en couleur) et observés aux stations (pointillés gris) d'avril à septembre 2022 pour l'échéance J+0. Nous constatons deux moments de dépassements effectifs (en pointillés) aux stations durant la période : à la mi-juin et à la mi-août. Ces dépassements ont été prévus dans certaines prévisions parmi lesquelles nous retrouvons notamment le modèle AN_AS_PREVAIR et l'expertise CARINE_corrige. À la mi-juillet, ces mêmes prévisions ont en revanche prévu des dépassements qui n'ont pas été observés a posteriori.

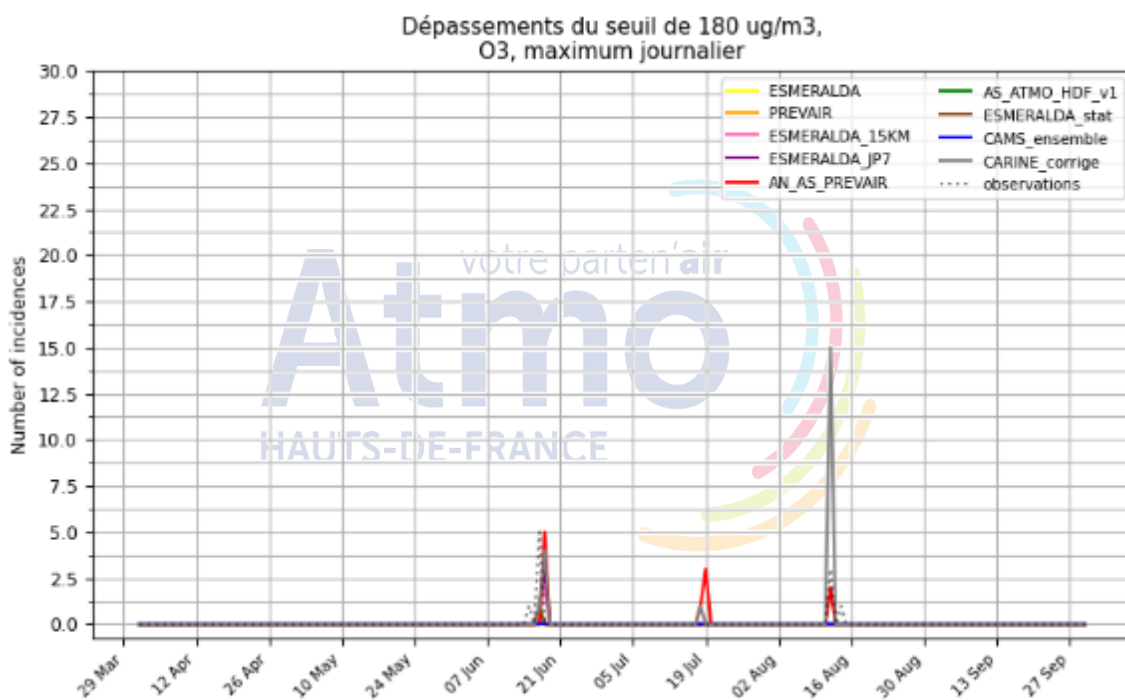


Figure 9 : Ozone : Dépassements du seuil d'information et de recommandation mesurés et prévus à J+0.

b) Éléments de la table de contingence

Cette section étudie les éléments de la table de contingence, et fait appel aux notions de bonne détection, bonne non-détection, et détection manquée par les prévisions. Ces notions sont définies en Annexe 2, (ces définitions sont accompagnées des quelques statistiques catégorielles qui en découlent).

La Figure 10 s'intéresse aux nombres de bonnes détections (en bleu), de fausses détections (en orange), et de détections manquées (en vert) au niveau régional. Ici, une bonne détection correspond à « un dépassement du seuil d'information et de recommandation a été observé à la station, et la prévision (modèle ou expertise) l'avait prévu ». Une fausse détection correspond à « aucun dépassement du seuil n'a été observé à la station, mais la prévision (modèle ou expertise) avait prévu un dépassement ». Une détection manquée correspond à « un dépassement du seuil d'information et de recommandation a été observé à la station, mais la prévision (modèle ou expertise) ne l'avait pas prévu ». Ces indicateurs sont renseignés par département et pour chacune des prévisions (modèles ou expertise) dans la Figure 11. La Figure 12 « fournit une vue complète des performances régionales par rapport à la détection des seuils réglementaires (l'objectif est de se situer au plus proche du coin supérieur droit), avec :

- Sur l'axe horizontal : la capacité du modèle/expertise à faire de bonnes prévisions parmi les détections ;
- Sur l'axe vertical : la capacité du modèle/expertise à prévoir des dépassements ;
- Sur l'axe transverse : la proportion de fausses alertes par rapport aux alertes manquées ;
- Sur l'axe couleur : la capacité du modèle/expertise à faire de bonnes prévisions sans évènements parasites (fausses alertes, alertes manquées). »⁷

⁷ Source : « 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. Document en réponse à l'article 13 de l'arrêté du 19 avril 2017 modifié », LCSQA, document applicable au 01/01/2022.

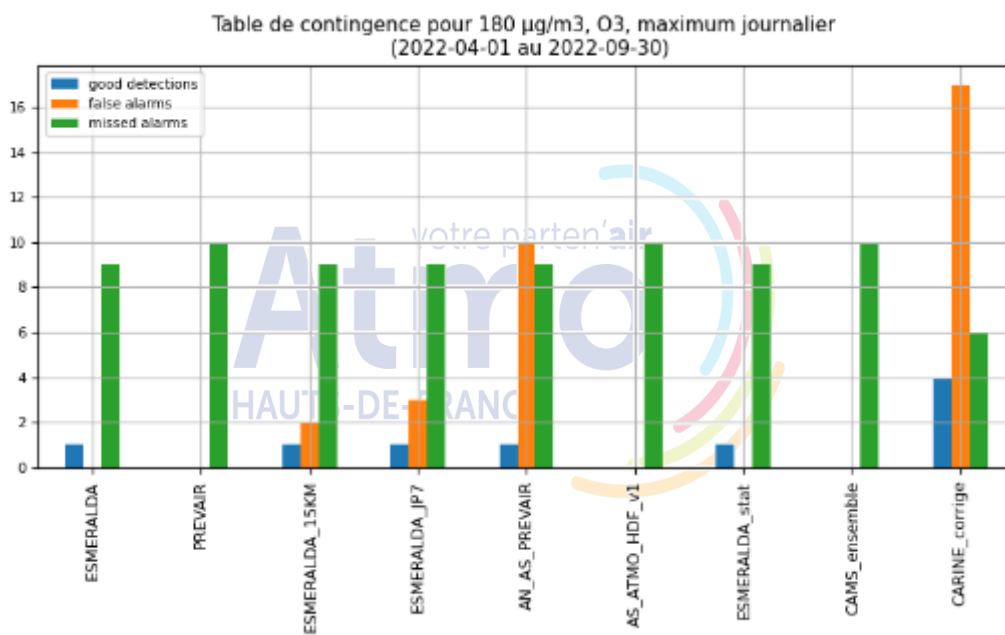
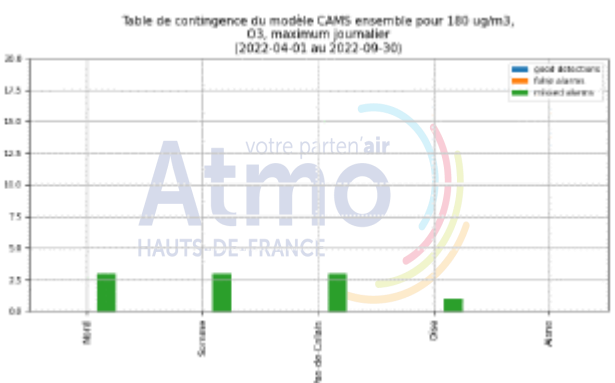
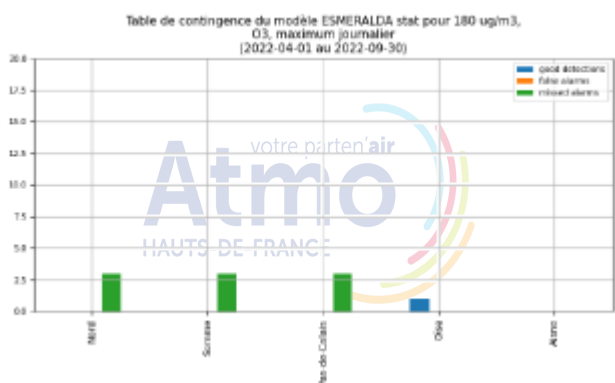
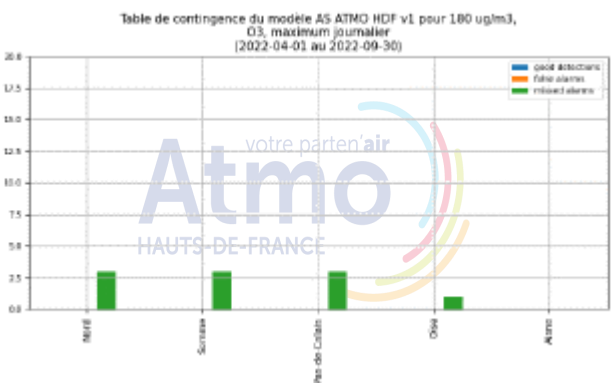
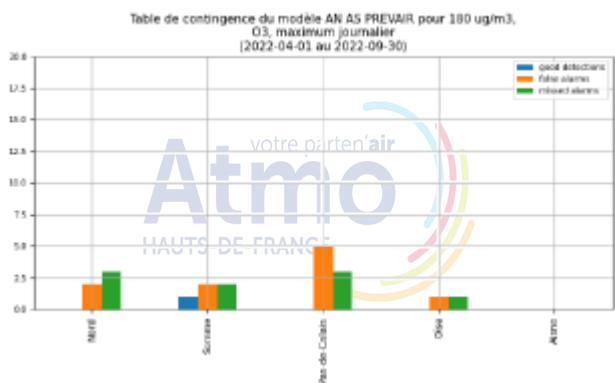
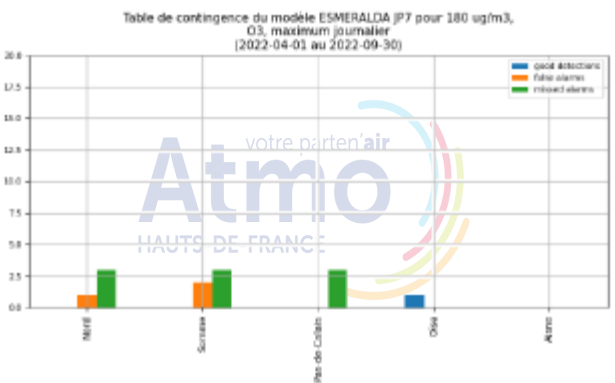
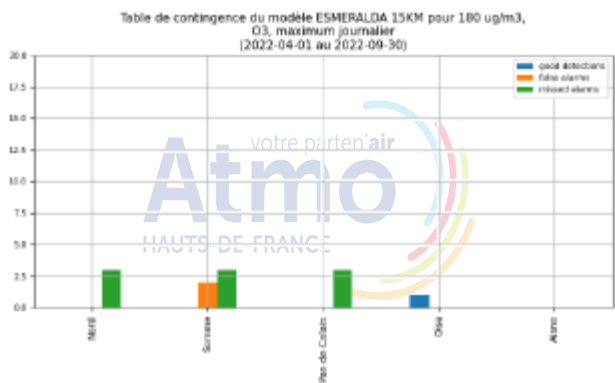
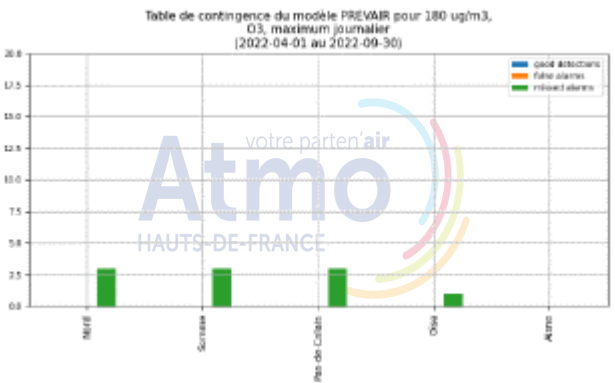
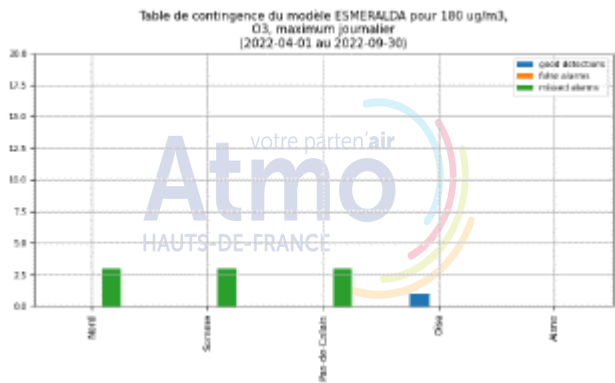


Figure 10 : Ozone : Éléments de la table de contingence pour l'année 2022 à l'échelle de la région Hauts-de-France et à l'échéance J+0 pour le seuil de 180 µg/m³ en maximum journalier.



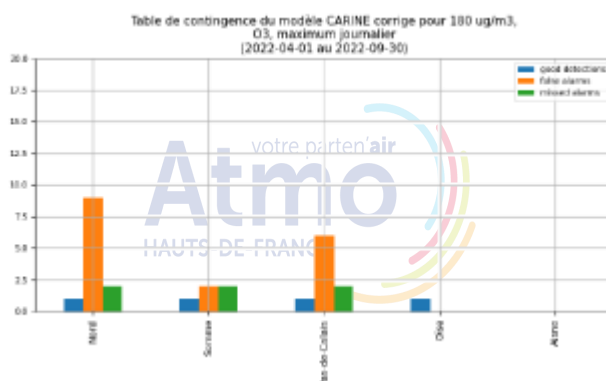


Figure 11 : Ozone : Eléments de la table de contingence par modèle, déclinés par département, pour l'année 2022 et l'échéance J+0 pour le seuil de 180 µg/m³ en maximum journalier.

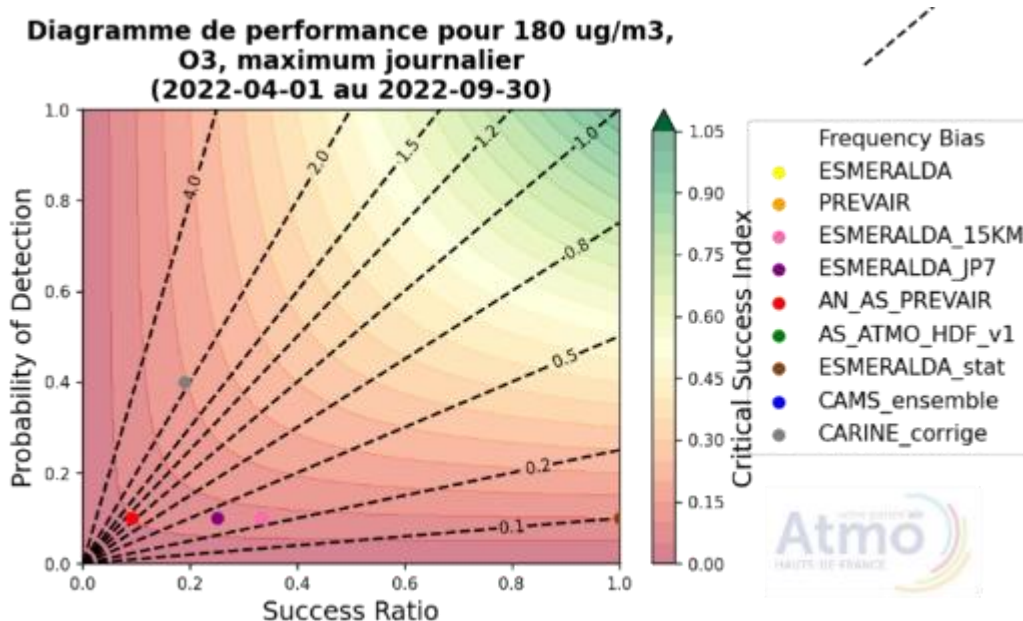


Figure 12 : Ozone : Diagramme de performance des prévisions en 2022 pour l'échéance J+0.

Des trois figures précédentes nous pouvons conclure que :

- Les modèles AS_ATMO_HDF_v1, CAMS_ensemble et PREVAIR n'ont détecté aucun des dépassements enregistrés durant l'année 2022 ;
- Aucune prévision ne parvient à détecter correctement un dépassement plus d'une fois sur deux ;
- La prévision avec la plus grande chance de le détecter est l'expertise CARINE_corrige, avec une probabilité de détection d'environ 40% pour un taux de succès à 20%. C'est cette dernière qui présente le meilleur Critical Success Index⁸ (indiquée par l'axe des couleurs), soit le meilleur le taux de bonnes prévisions de dépassements de seuil par rapport au nombre total d'évènements prédits et manqués.
- Le modèle ESMERALDA_stat n'a connu aucune fausse alerte en 2022, son taux de succès s'élève à 100%. Sa probabilité de détection est néanmoins faible puisque proche de 10%. Autrement dit, (i) quand

⁸ Cf. Annexe 2 pour une définition exacte.

ESMERALDA_stat prévoit un dépassement, il y a une forte chance que celui-ci se produise, mais (ii) quand un dépassement va réellement se produire, il y a une faible chance qu'ESMERALDA_stat le prévoit.

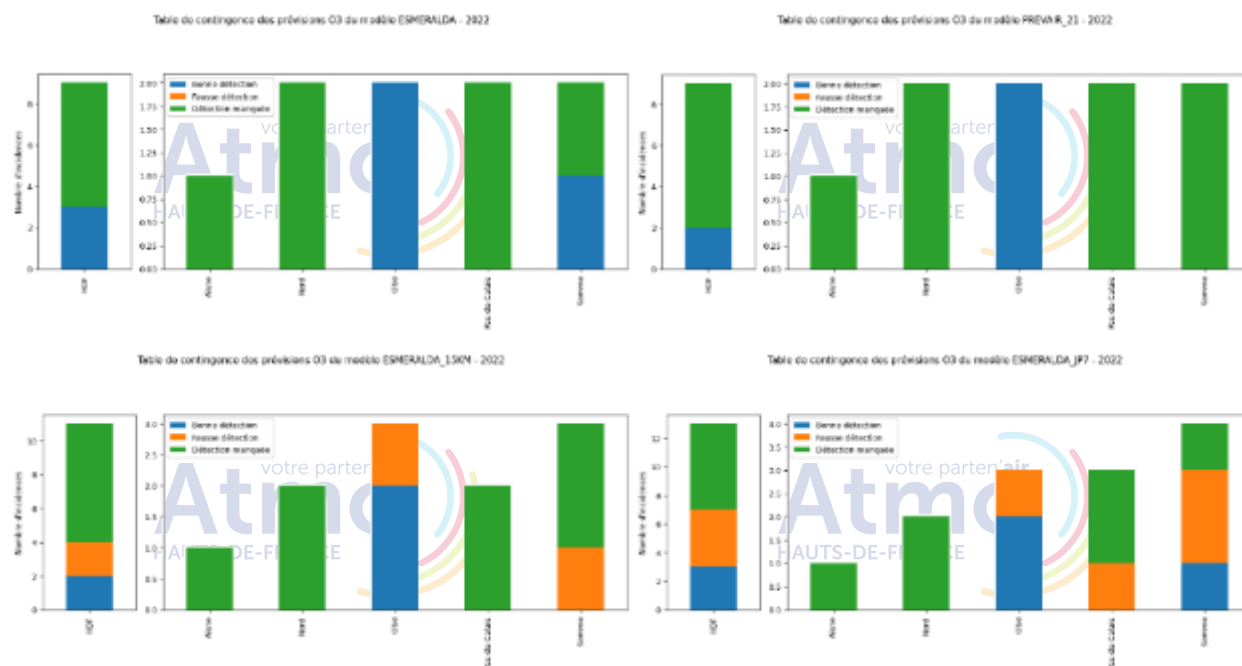
Évidemment, tous les résultats précédents doivent être nuancés au regard du peu de jours de dépassements (prévus et/ou constatés) sur lesquels se basent ces statistiques : rappelons que les Hauts-de-France ont connu au total 3 épisodes à l'ozone sur 4 journées en 2022.

2. Scores en lien avec les critères AMU pour J+0

La Figure 13 ci-dessous présente les éléments de la table de contingence concernant les critères AMU en place dans les départements des Hauts-de-France. Ici, une bonne détection correspond à une bonne prévision du dépassement des critères AMU à l'échelle d'un département. Par contraste, dans la section précédente, une bonne détection correspondait à une bonne détection du dépassement du seuil d'information et de recommandation à une station de mesure.

Ces tables de contingence sont établies d'après la cohérence de la validité des critères surfaciques et d'exposition de la population prévue par les prévisions à J+0 par rapport à l'évaluation de ces mêmes critères par l'analyse (issue d'une procédure d'assimilation de donnée pour les journées considérées). En l'occurrence, la référence utilisée pour l'analyse est ici la spatialisation opérée par AS_ATMO_HDF_v1 à J-1.

Le cas idéal est celui d'une prévision où le nombre d'incidences⁹ est uniquement composé de bonnes détections (autrement dit d'une barre colorée uniquement de bleu), c'est-à-dire sans fausse détection (en orange) et sans détection manquée (en vert). Nous rappelons par ailleurs que la proportion de bleu dans la barre correspond au CSI¹⁰.



⁹ Une incidence étant par définition soit une bonne détection, soit une détection manquée, soit une fausse alerte.

¹⁰ Cf. Annexe 2 pour une définition exacte.

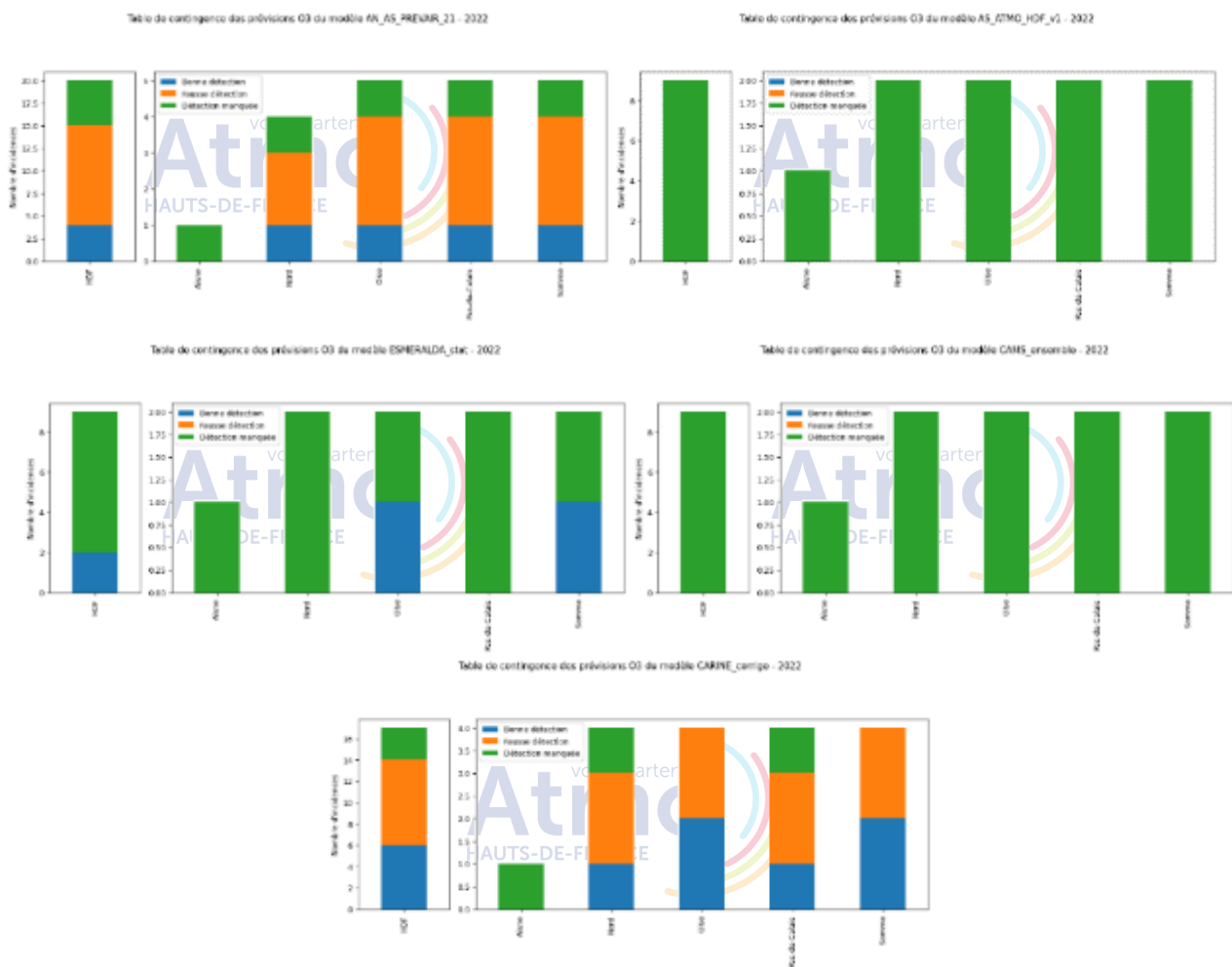


Figure 13 : Ozone : Eléments de la table de contingence des critères AMU (critères surfaciques et de de population confondus) en 2022 à l'échéance J+0.

La Figure 13 indique que :

- La performance des prévisions est **hétérogène** ;
- De manière cohérente avec ce qui a été observé aux stations dans la section précédente, les modèles AS_ATMO_HDF_v1 et CAMS_ensemble n'ont détecté aucun des dépassements AMU enregistrés en 2022 ;
- À l'inverse, l'expertise **CARINE corrigé** est celle qui compte le plus de bonnes détections. Elle est d'ailleurs la prévision qui présente le meilleur CS1¹¹, égal à 35% contre 23% pour le modèle ESMERALDA_stat.

3. Scores aux stations pour J+1

a) Séries temporelles

La Figure 14 ci-dessous trace le **suivi journalier du nombre de dépassements** prévus par les modèles ou l'expertise (en couleur) et observés aux stations (pointillés gris) durant l'année 2022 pour l'échéance J+1. Nous y retrouvons les deux périodes de dépassements effectifs de mi-juin et de mi-août.

¹¹ Cf. Annexe 2 pour une définition exacte.

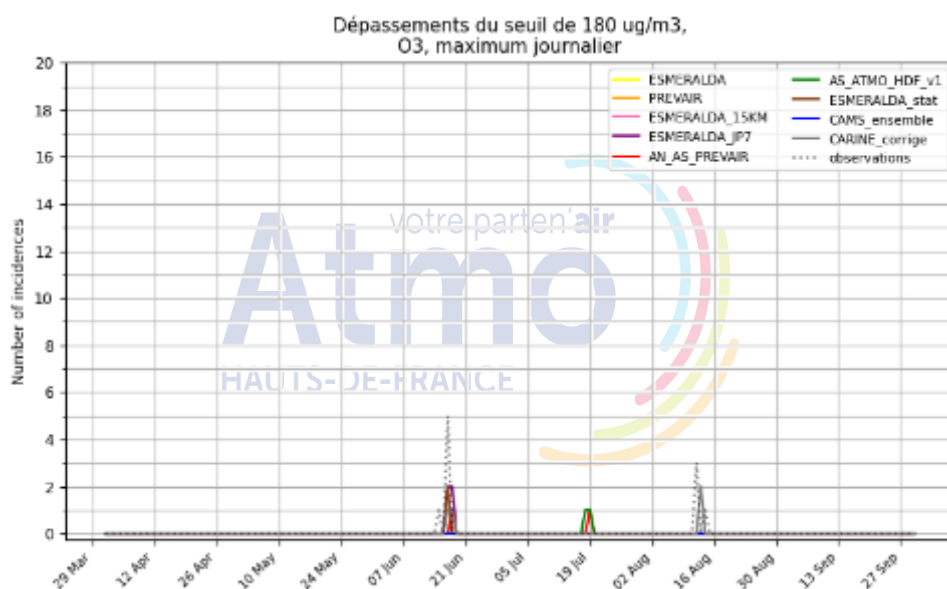


Figure 14 : Ozone Dépassements du seuil d'information et de recommandation mesurés et prévus à J+1.

b) Éléments de la table de contingence

Les indicateurs présentés ici sont les mêmes que ceux détaillés dans la section 6.1.2.1, mais cette fois pour l'échéance J+1. Les cas d'incidences à J+1 sont répertoriés sur la Figure 15 au niveau régional, et par département sur la Figure 16.

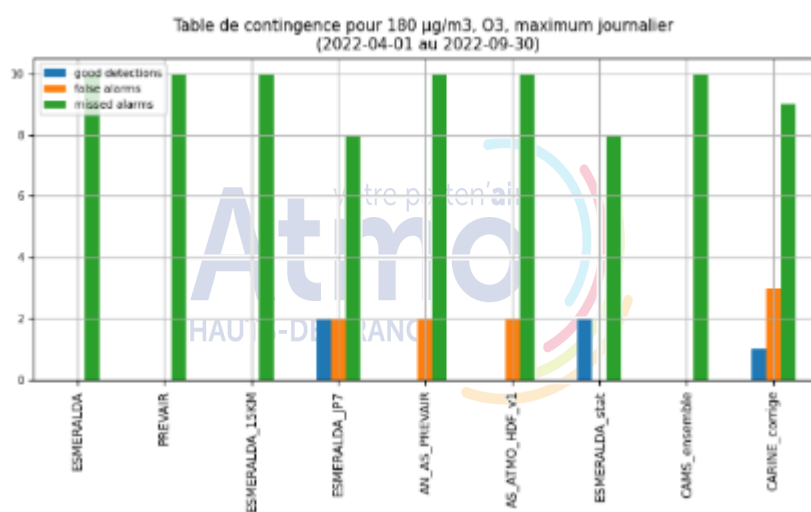
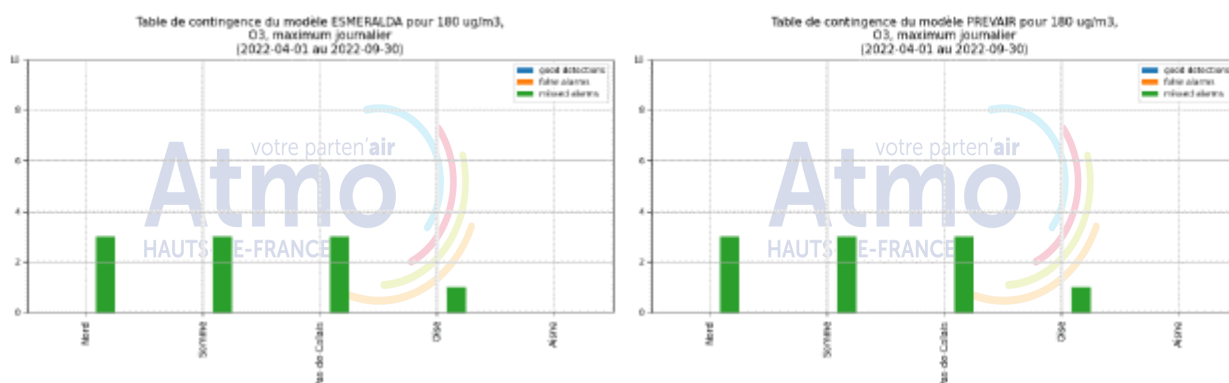


Figure 15 : Ozone : Éléments de la table de contingence pour l'année 2022 et l'échéance J+1 pour le seuil de 180 µg/m³ en maximum journalier.



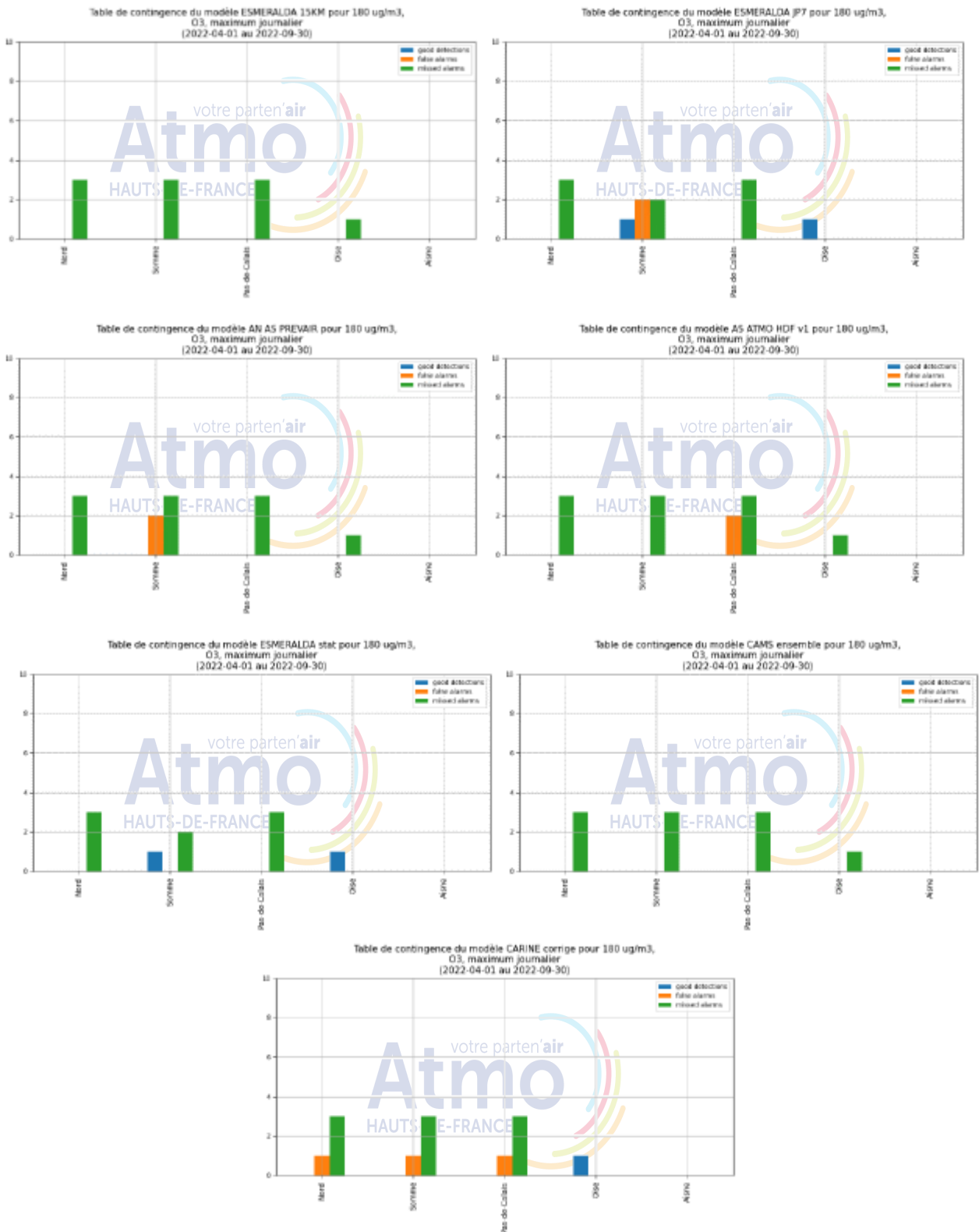


Figure 16 : Ozone : Eléments de la table de contingence déclinés par département pour l'année 2022 et l'échéance J+1 pour le seuil de 180 µg/m³ en maximum journalier.

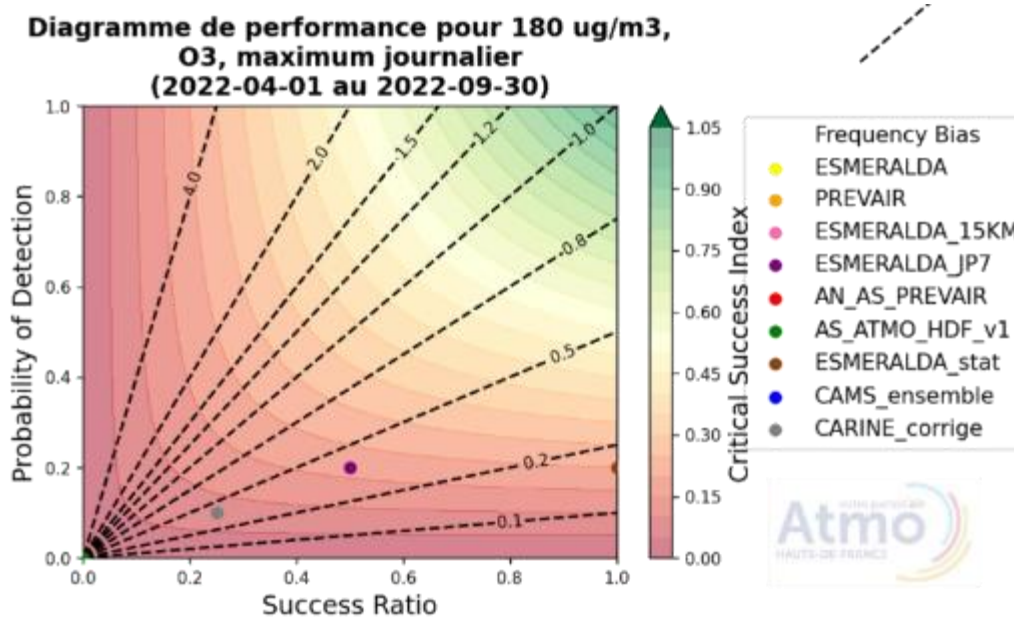


Figure 17 : Ozone : Diagramme de performance des prévisions en 2022 pour l'échéance J+1.

Le diagramme de performance (Figure 17) est une synthèse des performances des prévisions à J+1 en termes de dépassements aux stations (l'objectif étant, pour rappel, de se situer au plus proche du coin supérieur droit).

Au global, et comme constaté auparavant, les prévisions sont moins bonnes à J+1 qu'à J. Les prévisions se situent ici toutes assez loin du coin supérieur droit du graphique, témoignant, au moins sur les quelques jours qui servent de base aux scores, d'une faible capacité de détection et/ou d'un faible taux de succès.

4. Scores en lien avec les critères AMU pour J+1

La Figure 18 ci-dessous représente les éléments de la table de contingence à l'échéance J+1 concernant les critères AMU en place dans les départements. Quelle que soit la prévision, la performance est moindre à J+1 par rapport à J+0. À J+1, les prévisions avec le meilleur CSI¹² restent l'expertise CARINE_corrige (19%) et le modèle ESMERALDA_stat (13%).

¹² Cf. Annexe 2 pour une définition exacte.

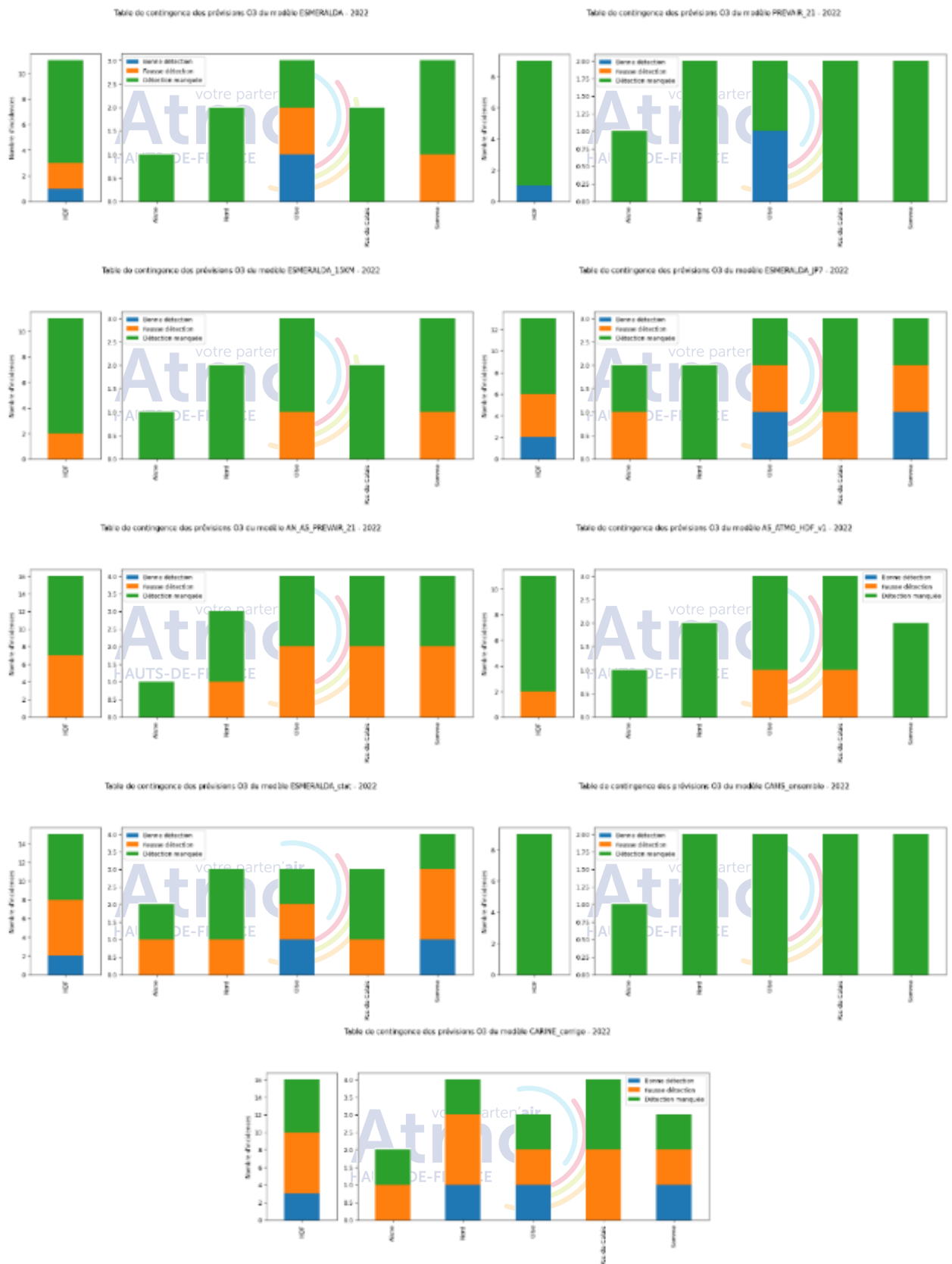


Figure 18 : Ozone : Eléments de la table de contingence des critères AMU (critères surfaciques et de population confondus) pour l'année 2022 et l'échéance J+1.

6.2. Évaluation des prévisions pour les particules PM₁₀

Cette section présente les résultats de l'évaluation de la performance des prévisions pour les PM₁₀ et l'année 2022. Contrairement à la partie précédente consacrée à l'ozone, la période d'étude est ici **l'année complète**, c'est-à-dire du 1^{er} janvier au 31 décembre.

Comme indiqué précédemment, en cohérence avec la définition du seuil d'information et de recommandation et du seuil d'alerte pour les PM₁₀ (Tableau 1), toutes les statistiques présentées dans cette section sont calculées sur la base des moyennes journalières (contrairement à l'ozone, pour lequel les statistiques étaient calculées sur la base des maxima journaliers des moyennes horaires).

6.2.1. Scores classiques (RMSE, biais et corrélation)

1. Par rapport aux objectifs de qualité

La Figure 19 présente, pour chaque zone géographique étudiée, les scores de RMSE, de biais moyen et de corrélation obtenus au cours de l'année 2022 par les prévisions J+0 de particules PM₁₀.

L'objectif de qualité de la RMSE est respecté par toutes les prévisions. Il en est de même pour **l'objectif du biais**, même si les modèles déterministes sous-estiment en moyenne les concentrations sur l'année 2022. Les modèles dont l'erreur d'estimation globale est la plus faible sont successivement : AS_ATMO_HDF_v1 (RMSE de 5.4 µg/m³), ESMEALDA_stat (5.8 µg/m³) et AN_AS_PREVAIR (6.3 µg/m³). A contrario, PREVAIR est celui qui présente les moins bonnes performances avec une RMSE de 10.1 µg/m³, soit un peu moins du double que les modèles précédemment cités.

L'objectif de corrélation est d'autre part satisfait par toutes les prévisions au niveau régional, et quasiment toutes les prévisions au niveau départemental (non-respect de PREVAIR sur l'Aisne uniquement).

Finalement, il est à noter que la hiérarchie des performances et la structure des scores sont **relativement stables d'un département à un autre**.

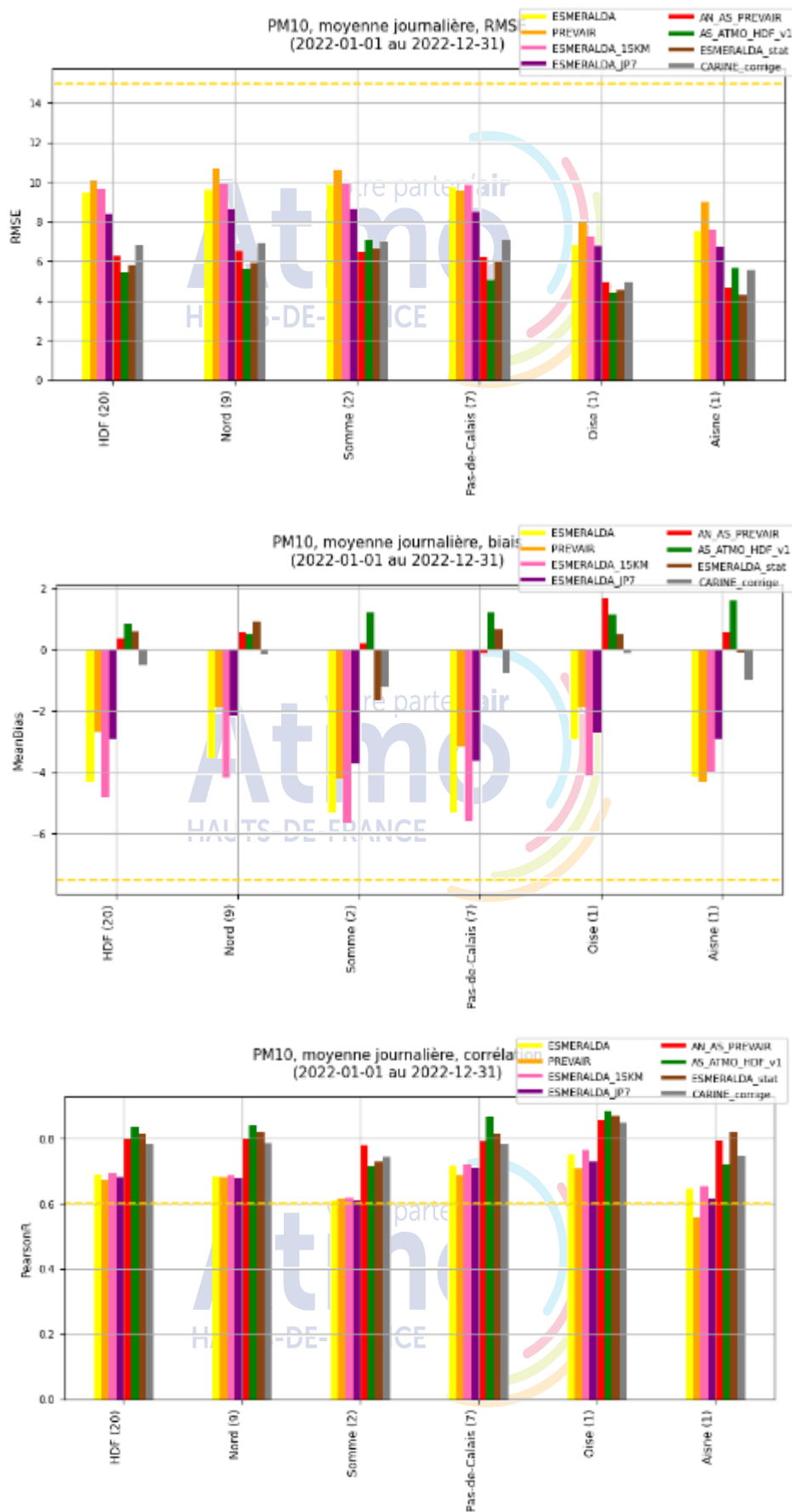


Figure 19 : PM₁₀ : Scores de RMSE, biais et corrélation en Hauts-de-France et par département des prévisions 2022 pour l'échéance J+0. Accolés entre parenthèses aux zones géographiques se trouvent les nombres de stations prises en compte pour le calcul. La ligne en pointillé orange indique l'objectif de qualité.

2. Par environnement d'implantation

La Figure 20 présente les scores de RMSE (barres colorées), de biais (points noirs) et de corrélation (pointillés gris) **en fonction de l'environnement d'implantation** des stations à l'échéance J+0. Les scores sont relativement **homogènes** entre les stations urbaines, périurbaines et rurales. On note toutefois que, si le modèle AS_ATMO_HDF_v1 présente la meilleure RMSE à la fois en milieu urbain et périurbain, il est devancé par les modèles ESMERALDA_stat et AN_AS_PREVAIR sur les stations rurales.

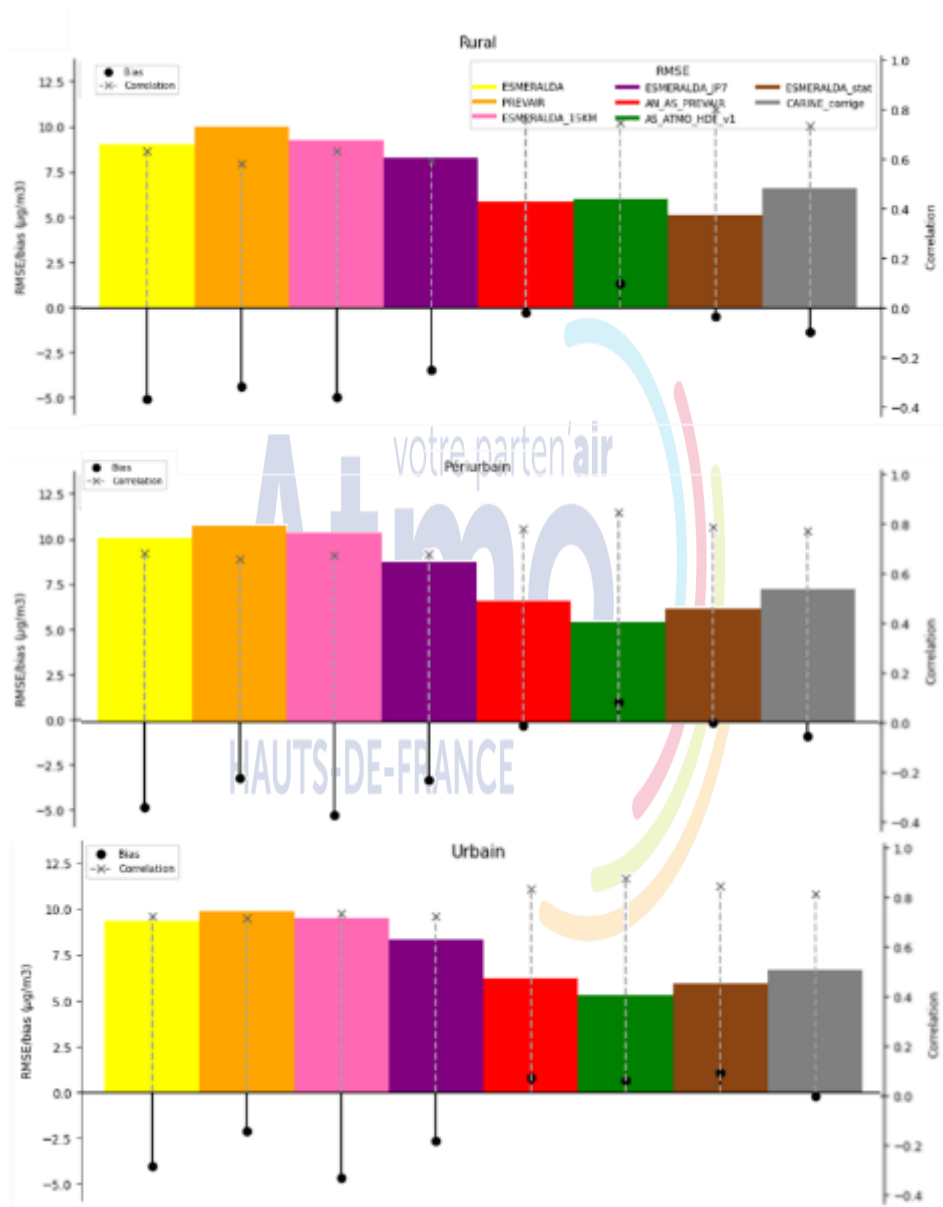


Figure 20 : PM₁₀ : Scores de RMSE (barres colorées), biais (points noirs) et corrélation (pointillés gris) en fonction de l'environnement d'implantation des stations (urbain, périurbain, rural), pour les prévisions 2022 à l'échéance J+0.

3. Par échéance de prévision

La Figure 21 présente les statistiques de scores classiques, séparément pour chaque échéance de prévision (J+0 et J+1). L'analyse du biais (points noirs) montre une propension des prévisions à « reproduire les mêmes erreurs » d'une échéance à une autre. Il apparaît en effet qu'une prévision en sous-estimation (respectivement en surestimation) à J+0 aura également un biais moyen négatif (respectivement positif) à J+1.

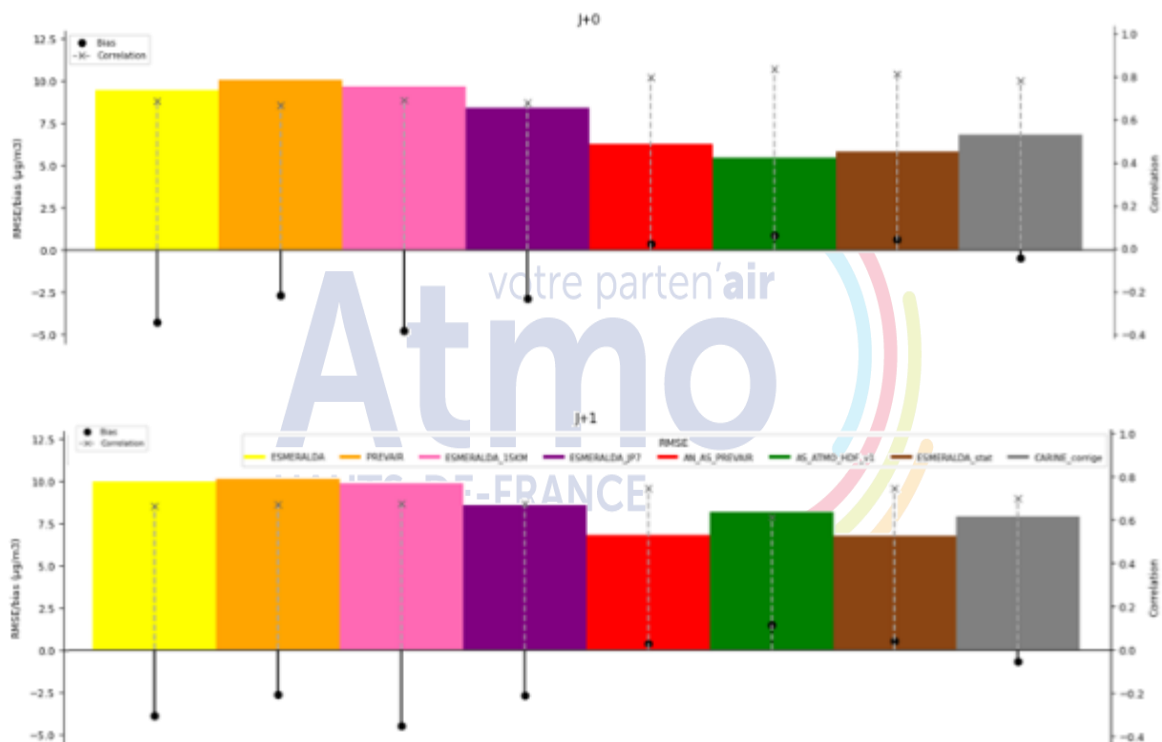


Figure 21 : PM₁₀ : Scores de RMSE (barres colorées), biais (points noirs) et corrélation (pointillés gris) pour les prévisions 2022 en fonction de l'échéance de prévision.

La RMSE (barres colorées) des prévisions est **moins bonne à J+1 qu'à J+0 pour tous les types de prévision**, mais certains d'entre eux souffrent plus que d'autres d'un horizon plus lointain à prévoir. C'est le cas par exemple du modèle AS_ATMO_HDF_v1, dont le coefficient de corrélation (pointillés gris) passe de 0.83 à J+0 à 0.61 à J+1. En comparaison, celui le modèle d'ESMERALDA_stat ne diminue « que » de 0.81 à 0.75.

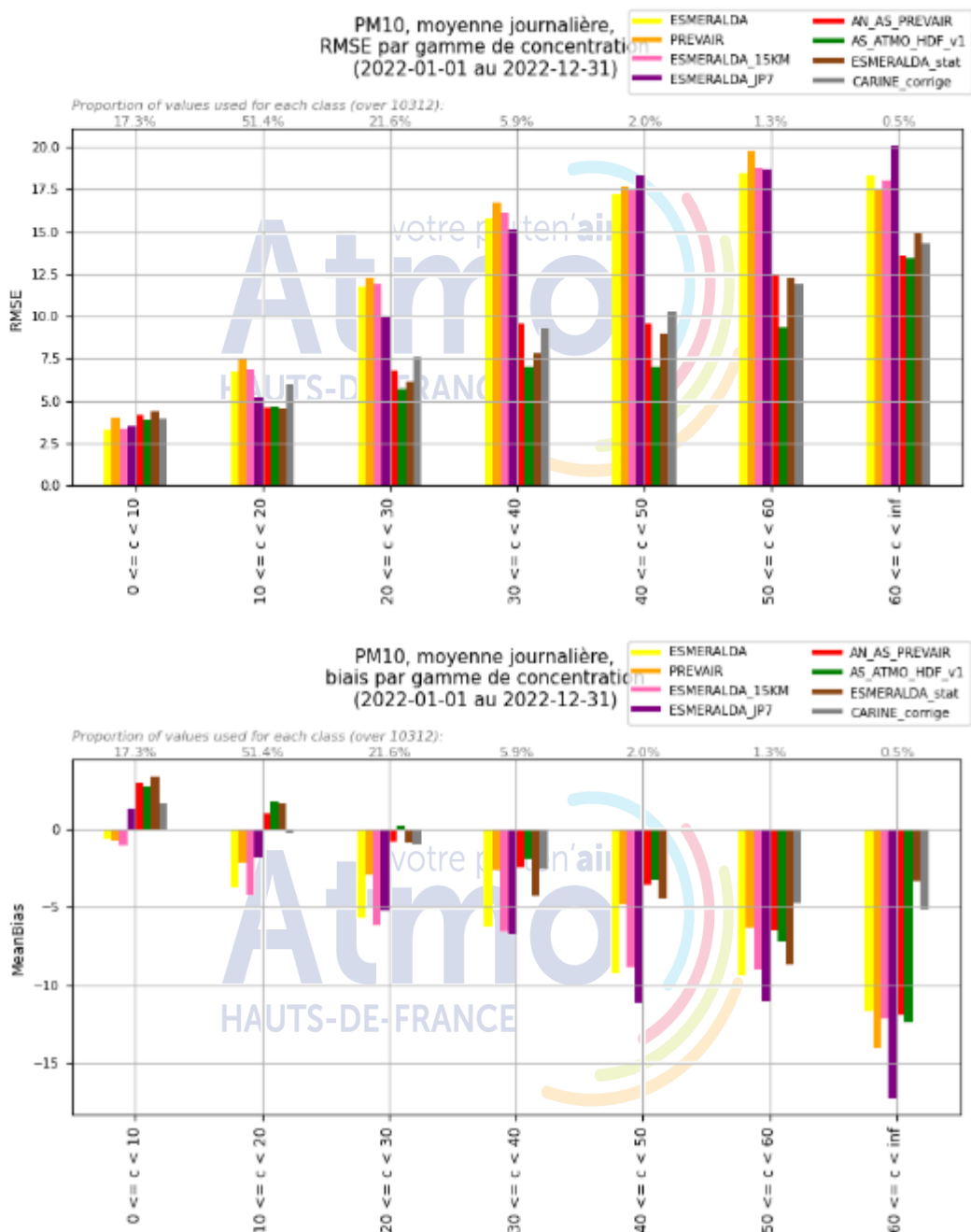
À J+1 comme à J+0, les objectifs de qualité pour le RMSE (15 µg/m³ maximum), le biais (+/-7.5 µg/m³), et la corrélation (0.6 minimum) sont tous respectés.

4. Par gamme de concentration

La Figure 22 présente les scores de RMSE et de biais **par gamme de concentrations** des prévisions à J+0 pour les PM₁₀. Le taux d'observation de chaque classe de concentrations est fourni dans le tableau qui suit les graphiques. Le taux d'observation est le pourcentage des mesures pour lesquelles la valeur tombe dans la classe de concentrations. En 2022, les concentrations de fond de la région se situent pour moitié entre 10 et 20 µg/m³ en moyenne journalière, puis sont de plus en plus rares pour les gammes de valeurs plus élevées, avec « seulement » 1.8% des moyennes observées qui sont supérieures ou égales à 50 µg/m³.

La Figure 22 ci-dessous met en évidence une difficulté croissante des prévisions (modèles ou expertise) à bien prévoir la moyenne journalière en fonction de la valeur de celle-ci. En d'autres termes, les prévisions ont du mal à anticiper les pics de concentrations. Comme nous le verrons dans la section 6.2.2, ce comportement a évidemment un impact sur la capacité des prévisions à détecter un dépassement.

La dégradation des performances en fonction des tranches est plus intense pour les modèles déterministes que pour les modèles statistiques. Par exemple l'**objectif de qualité de la RMSE de 15 µg/m³** n'est plus respecté à partir de 30 µg/m³ pour les modèles déterministes, alors qu'il reste respecté sur toutes les gammes par les modèles statistiques. Au-delà de 20 µg/m³, le modèle AS_ATMO_HDF_v1 présente systématiquement l'erreur moyenne la plus faible.



Moins de 10	10 à 20	20 à 30	30 à 40	40 à 50	50 à 60	Plus de 60
17.3%	51.4%	21.6%	5.9%	2.0%	1.3%	0.5%

Figure 22 : PM₁₀ : Scores de RMSE et biais par classe de concentration pour l'année 2022 et l'échéance J+0. Le tableau sous les figures indique les taux d'observation pour chaque classe de concentrations. Toutes les valeurs de concentration sont en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

5. Sur plusieurs années

La Figure 23 ci-dessous présente la performance des prévisions à échéance J+0 **sur les cinq dernières années**, en indiquant les scores annuels de RMSE (barres colorées), de biais (points noirs) et de corrélation (pointillés gris) entre 2018 et 2022. La Figure 23 indique entre autres que :

- Le biais moyen négatif de PREVAIR à l'échelle régionale est **récurrent** depuis au moins 2018, avec toutefois une sous-estimation qui est de moins en moins forte depuis 2020 ;
- Le biais moyen négatif des modèles ESMERALDA, ESMERALDA_15km et ESMERALDA_JP7 observé en 2022 constitue une rupture avec les années précédentes, où celui était soit nul soit légèrement positif ;

- Sur les cas où un suivi pluriannuel est possible, la hiérarchie des prévisions et la structure de leurs scores est assez stable ;
- Les **objectifs de qualité sont respectés au niveau régional dans la plupart des cas** depuis au moins 2018.



Figure 23 : PM₁₀ : Scores annuels de RMSE (barres colorées), biais moyen (points noirs) et corrélation (pointillés gris) des prévisions à l'échéance J0, depuis 2018.

6.2.2. Performances sur les seuils réglementaires

La présente section est divisée en deux sous-parties : les scores **aux stations** et les scores en lien avec les **critères AMU**. Ce travail est réalisé à **deux échéances : J+0 et J+1**.

6. Scores aux stations pour J0

a) Séries temporelles

La Figure 24 ci-dessous trace le **suivi journalier du nombre de dépassements** (parmi les stations) prévus par les modèles et l'expertise (en couleur) et observés aux stations (pointillés gris) durant l'année 2022 pour l'échéance J+0. Beaucoup des dépassements observés aux stations ont eu lieu entre janvier et avril puis courant décembre, avec entre ces deux périodes des dépassements observés et/ou prévus plus ponctuels.

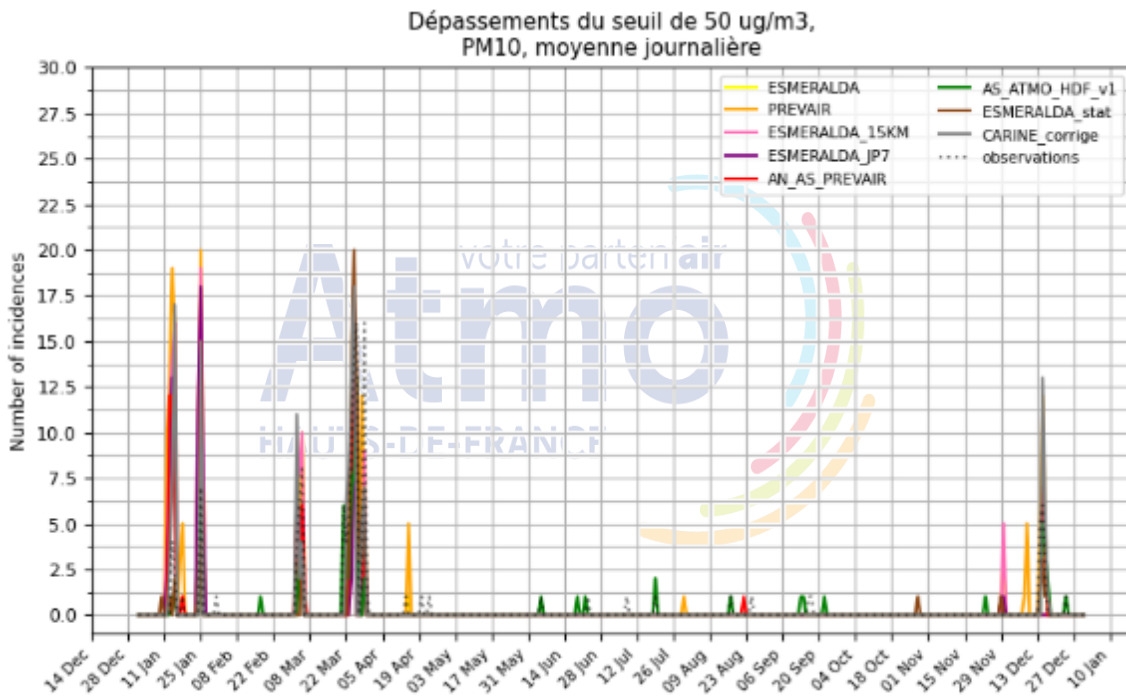


Figure 24 : PM₁₀ : Dépassements du seuil d'information et de recommandation mesurés et prévus à J+0.

b) Éléments de la table de contingence

Cette section étudie les éléments de la table de contingence. Nous renvoyons le lecteur peu familier avec ces notions au début de section 6.1.2.1.b), les clés d'interprétation des figures qui vont suivre y étant fournis.

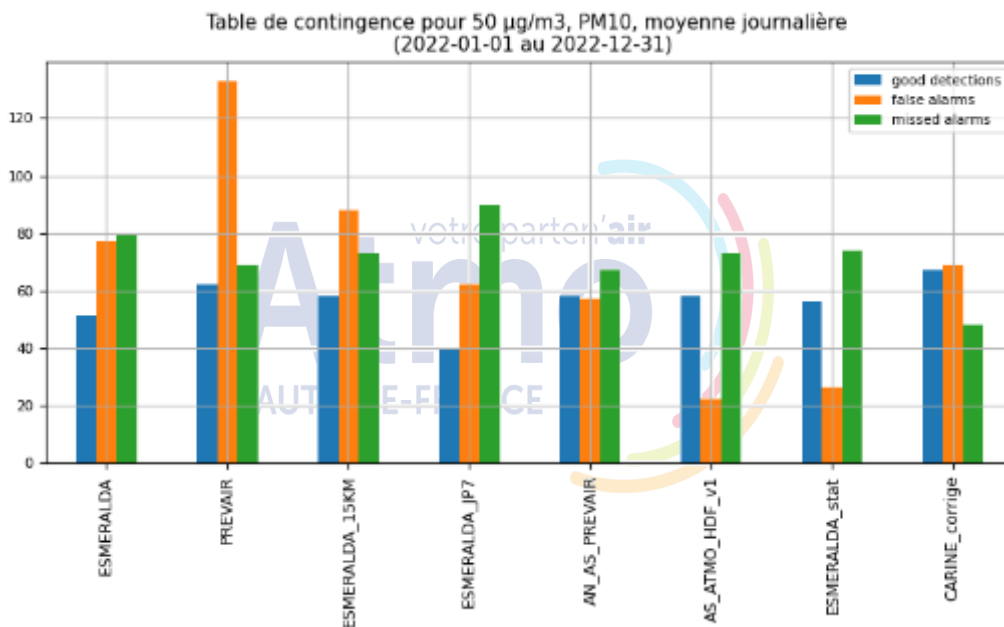


Figure 25 : PM₁₀ : Éléments de la table de contingence pour l'année 2022 à l'échelle de la région Hauts-de-France et à l'échéance J+0 pour le seuil de 50 µg/m³ en moyenne journalière.

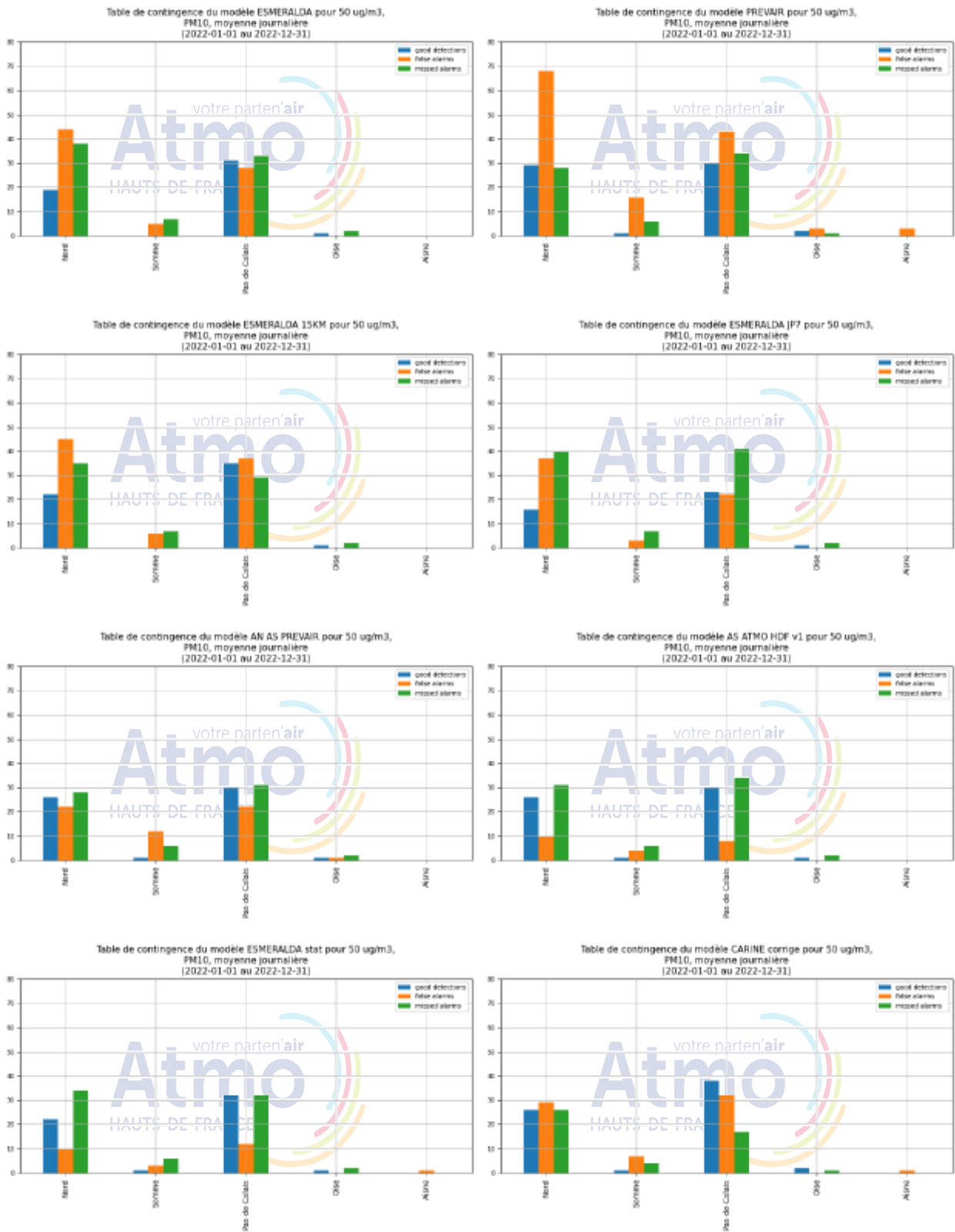


Figure 26 : PM₁₀ : Eléments de la table de contingence par modèle, déclinés par département, pour l'année 2022 et l'échéance J+0 pour le seuil de 50 µg/m³ en moyenne journalière.

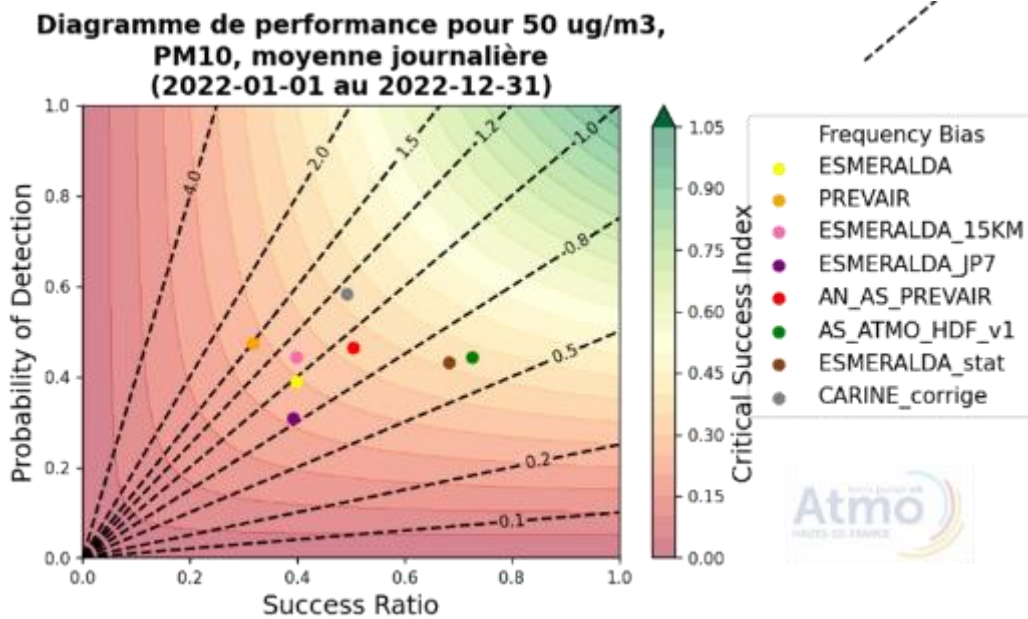


Figure 27 : PM₁₀ : Diagramme de performance des prévisions en 2022 pour l'échéance J+0.

D'après la Figure 27 :

- La seule prévision parvenant à détecter un dépassement plus d'une fois sur deux est l'expertise CARINE_corrige (c'est-à-dire le prévisionniste d'Atmo Hauts-de-France) avec une probabilité de détection d'environ 60%, contre, par exemple, un peu plus de 40% pour les modèles statistiques ;
- Si les modèles ESERALDA_stat et AS_ATMO_HDF_v1 ont une plus faible probabilité de détection que l'expertise CARINE_corrige, ils présentent un meilleur taux de succès, synonyme de fausses alertes moins fréquentes pour ces derniers ;
- Par comparaison à la Figure 12 dédiée aux dépassements en ozone, les prévisions semblent ici meilleures (les événements sont également plus nombreux).

7. Scores en lien avec les critères AMU pour J+0

La Figure 28 ci-dessous présente les éléments de la table de contingence concernant les critères AMU en place dans les départements des Hauts-de-France. Ici, une bonne détection correspond à une bonne prévision du dépassement des critères AMU à l'échelle d'un département. Par contraste, dans la section précédente, une bonne détection correspondait à une bonne détection du dépassement du seuil d'information et de recommandation à une station de mesure.

Ces tables de contingence sont établies d'après la cohérence de la validité des critères surfaciques et d'exposition de la population prévue par les prévisions à J+0 par rapport à l'évaluation de ces mêmes critères par l'analyse (issue d'une procédure d'assimilation de donnée pour les journées considérées). En l'occurrence, la référence utilisée pour l'analyse est ici la spatialisée opérée par AS_ATMO_HDF_v1 à J-1.

Le cas idéal est celui d'une prévision où le nombre d'incidences est uniquement composé de bonnes détections (autrement dit d'une barre colorée uniquement de bleu), c'est-à-dire sans fausse détection (en orange) et sans

détection manquée (en vert). Nous rappelons par ailleurs que la proportion de bleu dans la barre correspond au CSI¹³.

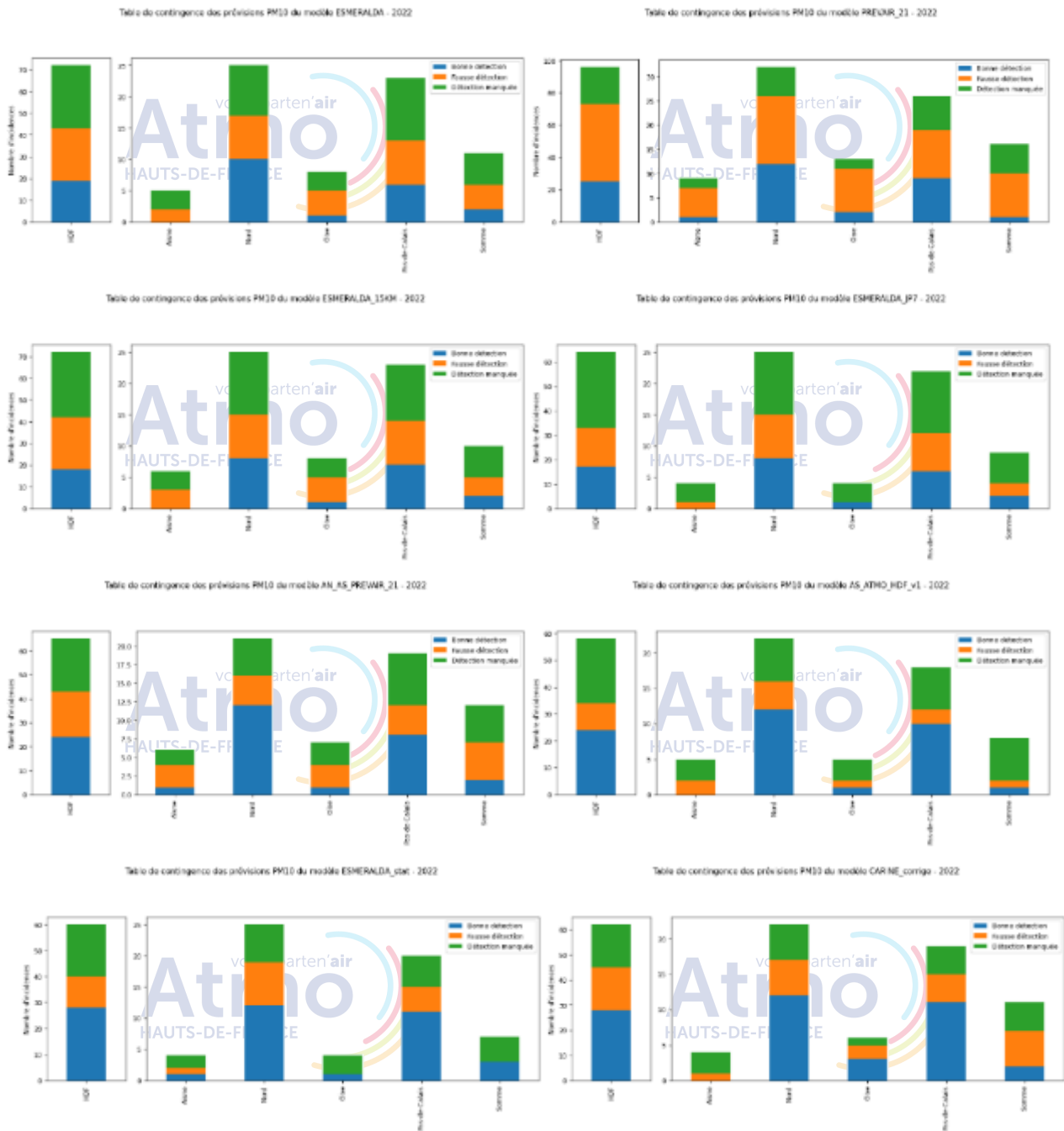


Figure 28 : PM₁₀ : Eléments de la table de contingence des critères AMU (critères surfaciques et de de population confondus) en 2022 à l'échéance J+0.

L'expertise CARINE_corrige et le modèle ESERALDA_stat se partagent les meilleurs CSI, d'environ 30% pour les deux. Notons que si les deux prévisions ont un même CSI, ils présentent un biais qui est différent : le modèle ESERALDA_stat a tendance à plus manquer de réels dépassements qu'à faire de fausses alertes, là où la

¹³ Cf. Annexe 2 pour une définition exacte.

prévision de l'expert est plus équilibrée sur ce point, avec quasiment autant de détections manquées que de fausses alertes.

8. Scores aux stations pour J+1

a) Séries temporelles

La Figure 29 ci-dessous trace le **suivi journalier du nombre de dépassements** prévus par les modèles et l'expertise (en couleur) et observés aux stations (pointillés gris) durant l'année 2022 pour l'échéance J+1.

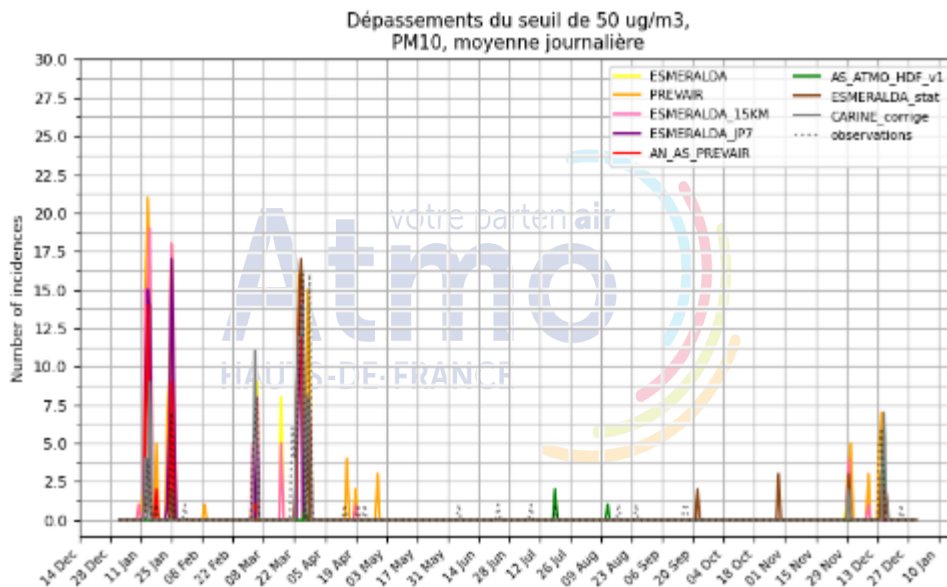


Figure 29 : PM_{10} : Dépassements du seuil d'information et de recommandation mesurés et prévus à J+1.

b) Éléments de la table de contingence

Les indicateurs présentés ici sont les mêmes que ceux détaillés dans la section 6.2.2.1, mais cette fois pour l'échéance J+1. Les cas d'incidences à J+1 au niveau régional et par département sont répertoriés respectivement sur les Figure 30 et 31.

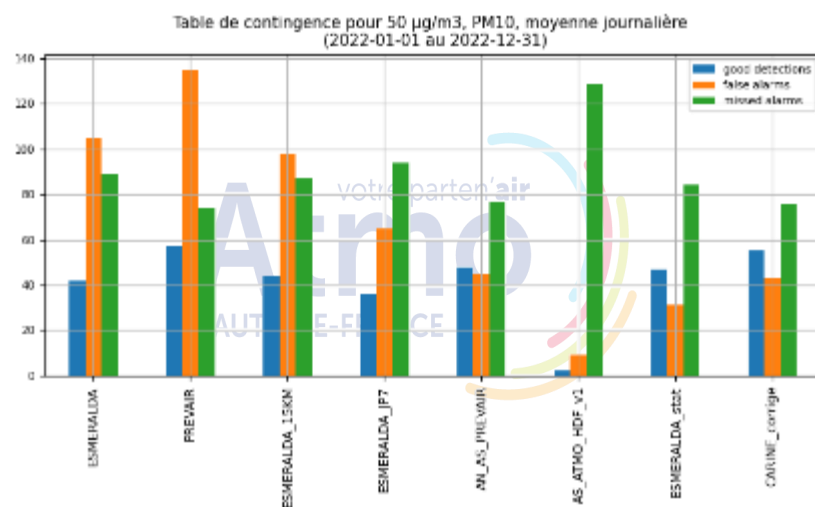


Figure 30 : PM_{10} : Éléments de la table de contingence pour l'année 2022 et l'échéance J+1 pour le seuil de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière.

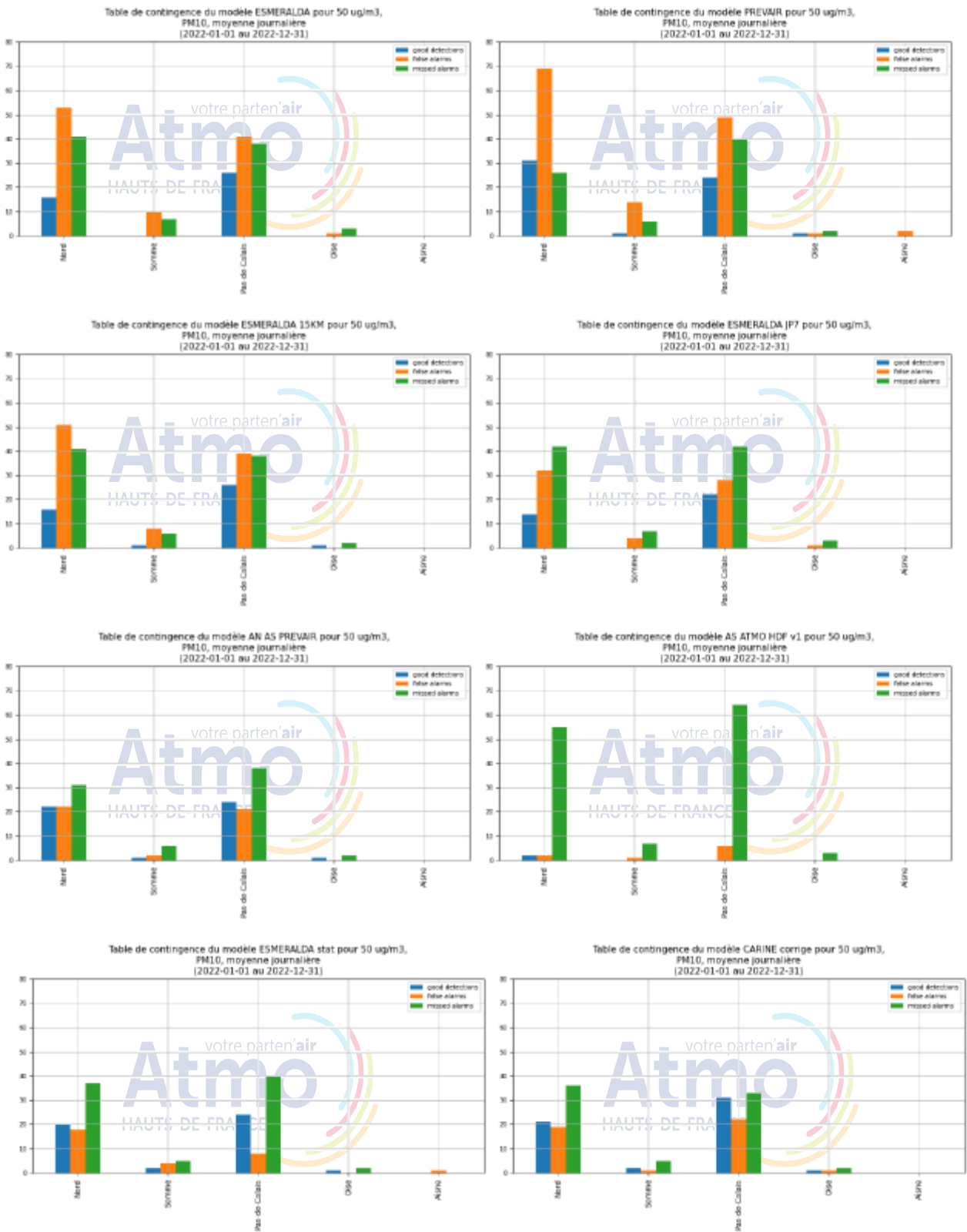


Figure 31 : PM₁₀ : Eléments de la table de contingence déclinés par département pour l'année 2022 et l'échéance J+1 pour le seuil de 50 µg/m³ en moyenne journalière.

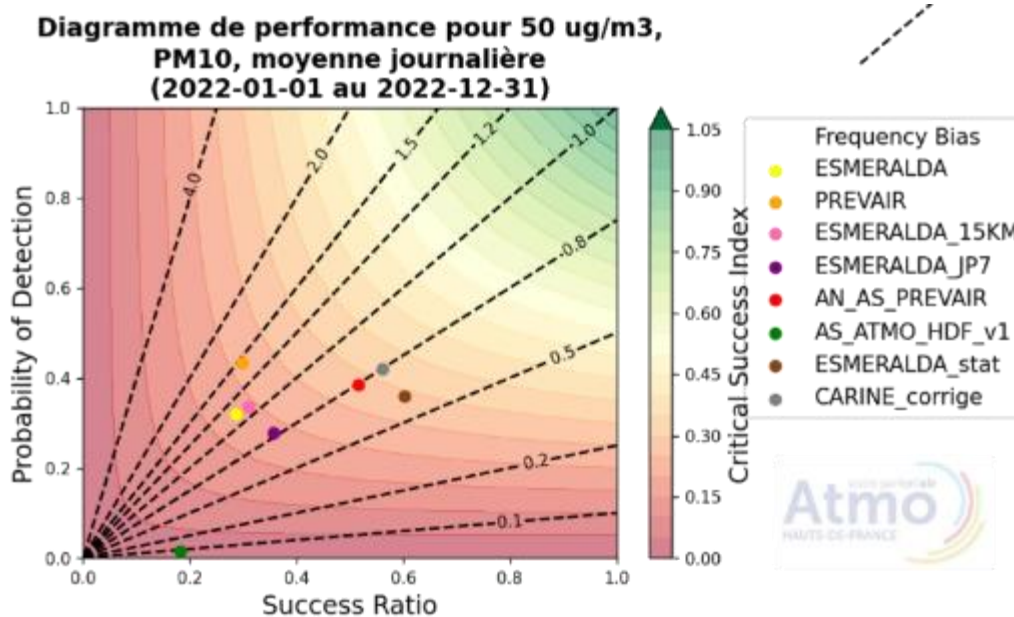


Figure 32 : PM₁₀ : Diagramme de performance des prévisions en 2022 pour l'échéance J+1.

Le diagramme de performance (Figure 32) est une synthèse des performances des prévisions en termes de dépassements aux stations (l'objectif étant, pour rappel, de se situer au plus proche du coin supérieur droit).

Comme déjà constaté précédemment, le passage à un horizon plus lointain affecte les scores de manière hétérogène. Par exemple, le modèle AS_ATMO_HDF_v1 souffre d'une probabilité de détection presque nulle à J+1, là où elle s'élevait à environ à 40% à J, accusant ainsi des performances inférieures aux modèles déterministes. L'expertise CARINE_corrige reste à l'inverse la prévision la plus performante (bien que sa précision soit également diminuée), celle dont le CSI est le plus élevé (le moins éloigné du coin supérieur droit).

9. Scores en lien avec les critères AMU pour J+1

La Figure 33 ci-dessous représente les éléments de la table de contingence à l'échéance J+1 concernant les critères AMU en place dans les départements. Quelle que soit la prévision, la performance est moindre à J+1 par rapport à J+0, surtout pour le modèle AS_ATMO_HDF_v1. Il faut noter que les modèles AN_AS_PREVAIR, ESMERALDA_stat et l'expertise CARINE_corrige sont plutôt équivalents (CSI d'environ 30% chacun), avec pour tous les trois une tendance à faire plus de détections manquées que de fausses alertes.

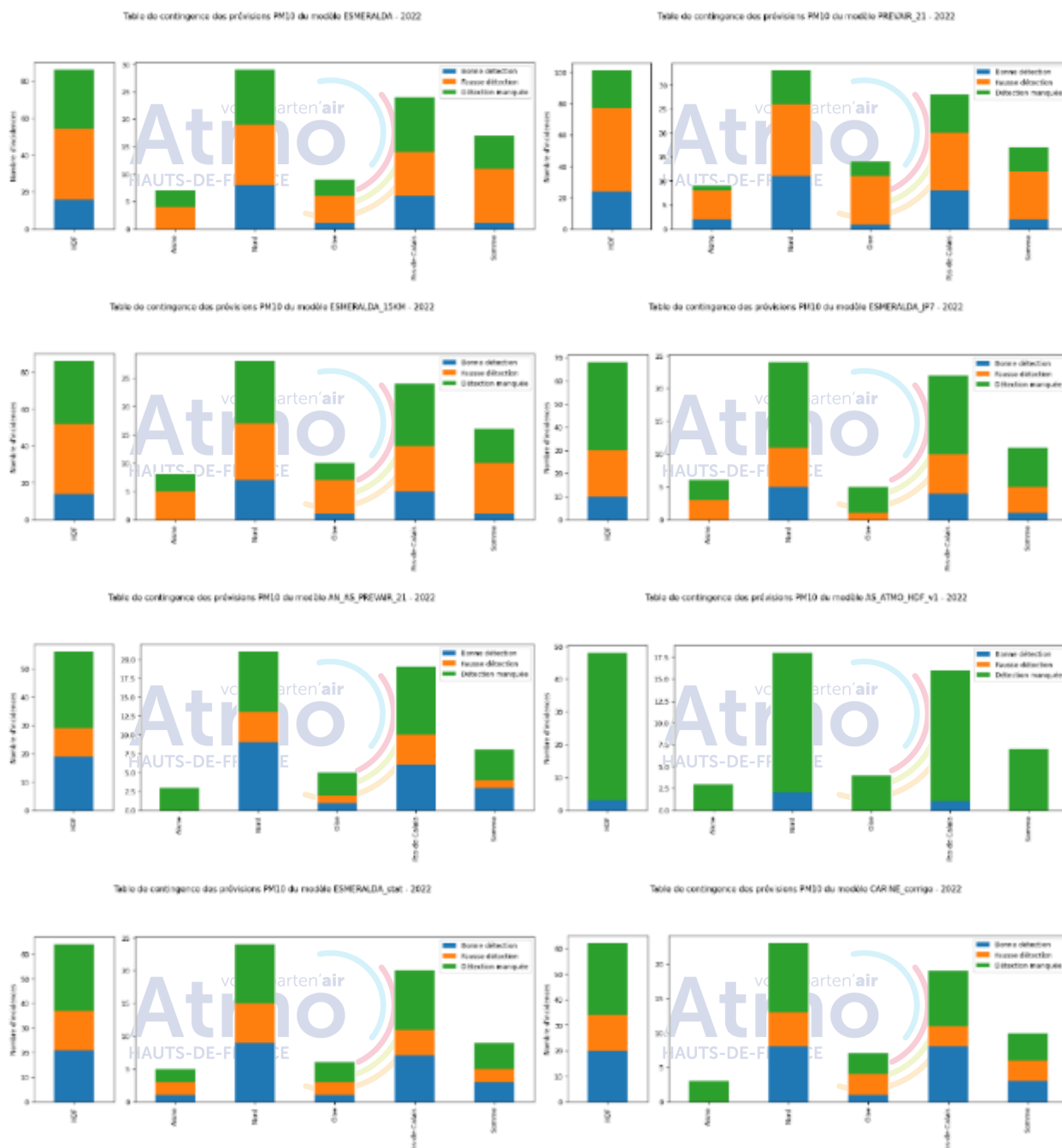


Figure 33 : PM₁₀ : Eléments de la table de contingence des critères AMU (critères surfaciques et de population confondus) pour l'année 2022 et l'échéance J+1.

6.3. Conclusions de l'évaluation statistique

Ozone. D'avril à septembre 2022, c'est-à-dire la période étudiée, les prévisions (modèles et expertise) ont toutes respecté les objectifs de qualité imposés par le référentiel technique national. Seul un cas de non-respect a été observé. Il concerne ESHERALDA_JP7, soit un modèle à vocation hebdomadaire qui est finalement peu utilisé pour les prévisions du jour et du lendemain. L'analyse des scores montre que c'est le modèle ESHERALDA_stat qui affiche en moyenne les meilleures performances, à J comme à J+1. À J par exemple, ESHERALDA_stat présente une erreur d'estimation moyenne environ 15% plus basse que son plus proche homologue (à savoir AS_ATMO_HDF_v1).

Sur les quelques dépassements constatés et prévus dans l'année, les modèles ont tous montré des lacunes plus ou moins aiguës en termes de détections manquées et/ou de fausses alertes. Comme en témoignent les valeurs de « Critical Success Index » obtenues à la fois aux stations et dans le cadre AMU, les corrections du BILAN 2022 DES EPISODES DE POLLUTION DANS LES HAUTS-DE-FRANCE

prévisionniste qui s'expriment au travers de l'expertise CARINE_corrige peuvent améliorer cette situation.

PM10. Pour les particules PM10, la présente étude met en évidence la relativement bonne performance des prévisions (modèles et expertise) sur les gammes de concentrations les plus fréquentes, avec en moyenne sur l'année, un respect des objectifs de qualité définis pour ce polluant. Comme pour l'ozone, les concentrations les plus élevées sont plus difficilement estimées par les modèles. Ceux qui prévoient le mieux en moyenne les concentrations de ce polluant sont AS_ATMO_HDF_v1 à J et ESERALDA_stat à J+1. Les scores de prévision des dépassements du seuil d'information et de recommandation sont plus satisfaisants sur les particules PM10 que sur l'ozone. Au regard des scores de CSI de l'expertise CARINE_corrige, dans ces situations, **l'expert permet là encore une amélioration des prévisions.**

7. Evaluation épisode-par-épisode de la plateforme de prévision

La section 6 a présenté une évaluation de la performance des prévisions (modèles et expertise) sur la base de statistiques calculées en considérant l'année 2022 dans son ensemble pour les PM₁₀ et la période avril-septembre 2022 pour l'ozone.

Par contraste, cette section présente un bilan des performances de la plateforme de modélisation, séparément pour chacun des 23 jours d'épisode de pollution qu'a connus la région Hauts-de-France en 2022. Sont également présentées ici les prévisions faites par les prévisionnistes d'Atmo Hauts-de-France pour ces 23 jours.

Sauf mention contraire, toutes les concentrations citées dans cette section sont des moyennes journalières en PM₁₀ exprimées en µg/m³. De même, sauf mention contraire, tous les écarts entre les modèles et les mesures sont calculés à partir des moyennes journalières de PM₁₀ et sont exprimés en µg/m³. L'écart est positif si le modèle surestime la concentration par rapport à la mesure, et négatif dans le cas contraire.



Cette section ne présente les écarts modèle-mesure que pour les stations de fond qui ont enregistré un dépassement du seuil d'information et de recommandation ou du seuil d'alerte. La section 6 ci-dessus présentait des statistiques calculées en prenant en compte l'ensemble des stations de fond de la région.



14/01

15/01

7.1. Episode de pollution PM₁₀ du 14 au 15 janvier 2022

I. Synthèse météorologique

Un anticyclone est situé au-dessus de la région Hauts-de-France avec des vents calmes (≈ 5 km/h) durant le 14 janvier et s'évacue progressivement vers l'est le 15 janvier 2022.

De manière générale, les conditions de dispersion restent mauvaises durant la période du 14 au 15 janvier :

- Fortes pressions et vents faibles
- Hauteurs de couche limite faibles (< 250 m)
- Inversions de température au sol, surtout en matinée (cf. exemples ci-dessous)
- Les températures minimales sont proches de zéro et parfois négatives.
- Les masses d'air arrivant en Hauts-de-France le 15 janvier ont circulé sur le nord de la France et la Belgique, favorisant ainsi l'accumulation des particules PM₁₀.

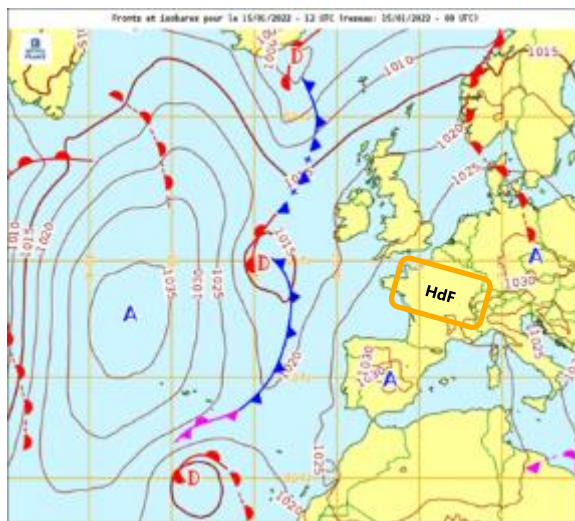


Figure 34 : Isobares pour le 15/01/2022.

Le 16 janvier, l'anticyclone présent sur les Hauts-de-France depuis plusieurs jours a quitté la région et ce jour a été caractérisé par un renforcement des vents sur l'ensemble de la région (5 et 15 km/h) relatant la bascule météorologique et la fin de l'épisode :

- Hauteur de couche limite plus élevée : ~ 500 m
- Aucune inversion de température
- Masses d'air arrivant en Hauts-de-France ont voyagé sur l'Atlantique, peu chargées en particules.

15-01-2022 : Retrotrajectoires pour le 15-01-2022

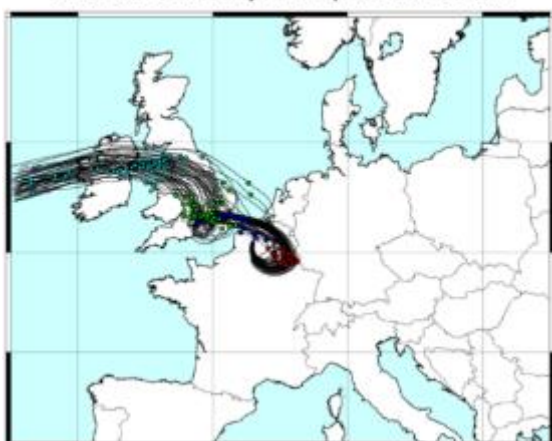


Figure 35 : Rétro-trajectoires des masses d'air arrivant à Lille le 15 janvier.

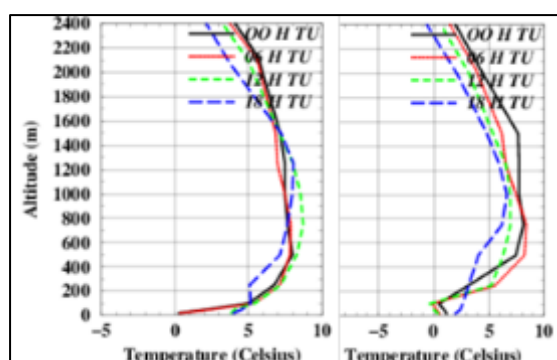


Figure 36 : Profils verticaux de température à Lille le 14/01/2022 (à gauche) et le 15/01/2022 (à droite).

II. Synthèse qualité de l'air

Le 13 janvier, les concentrations journalières se situent autour de 30-35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans la partie Nord de la région, et augmentent au cours de la journée. Dans l'Aisne et l'Oise, les concentrations journalières n'ont pas dépassé le 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Le 14 janvier, les concentrations maximales journalières se situent autour de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans la région, et ce seuil d'information et de recommandation des PM_{10} a été dépassé sur 3 stations du département du Nord. En revanche, aucun dépassement n'est constaté pour les autres départements de la région pour ce jour. Le 15 janvier, des dépassements du seuil d'information et de recommandation ont été constatés dans la Somme et l'Oise. Néanmoins, dans les départements du Nord et du Pas-de-Calais, les moyennes journalières maximales en situation de fond mesurées par les stations d'Atmo sont restées autour de 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

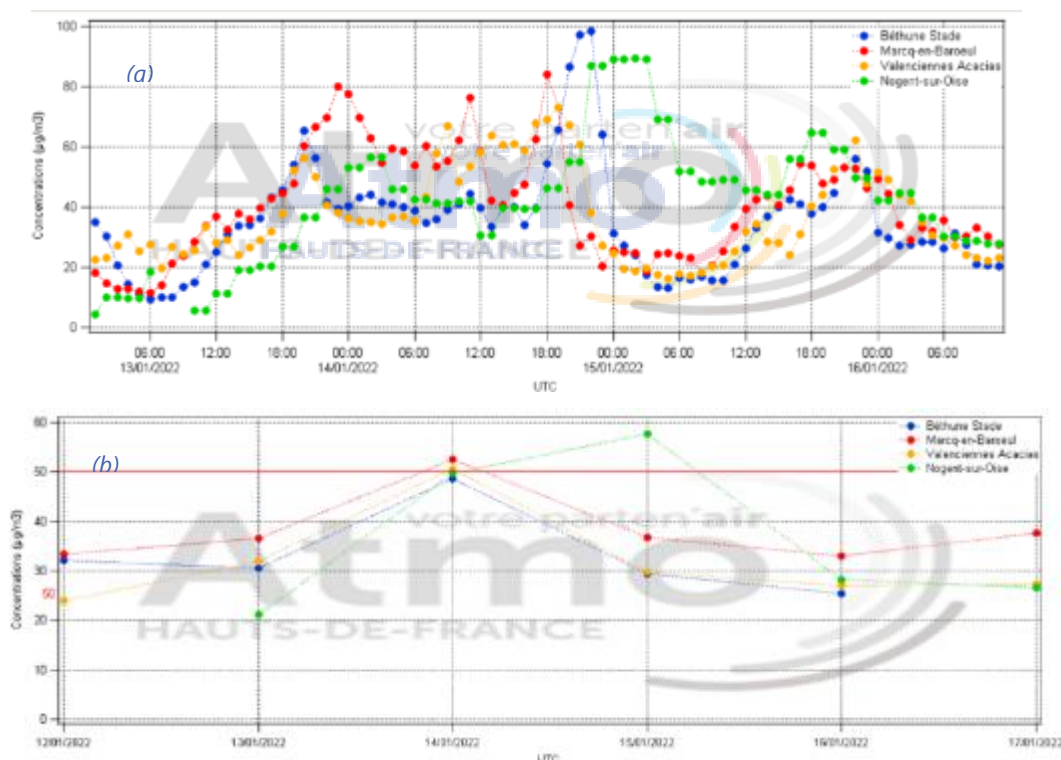


Figure 37 : Moyennes (a) horaires et (b) journalières en particules PM_{10} du 12 au 17 janvier

Tableau 8 : Moyennes journalières en particules PM_{10} du 13 au 16 janvier					
	Nord	Pas-de-Calais	Somme	Aisne	Oise
13/01/2022	36.5	30.6	28.7	14.3	24.5
14/01/2022	52.6	48.6	43.1	36.0	49.7
15/01/2022	38.2	33.4	50.6	45.3	57.7
16/01/2022	33.0	32.2	32.1	31.6	25.5

Les données de composition chimiques des particules PM_1 via l'ACSM sur le site de Creil Faïencerie montrent une prédominance des composés organiques (62% de la masse des NR- PM_1 , en vert sur le graphe) le 15 janvier. Les particules inorganiques secondaires (nitrate d'ammonium et sulfate d'ammonium) contribuent environ à 35% des particules NR- PM_1 pour la journée de 14 janvier. La concentration estimée en lévoglucosan, qui est considéré comme un traceur de combustion de biomasse, a augmenté depuis le 13 janvier à Creil.

A partir de 21h (15/01), tous les composants des particules NR- PM_1 ont diminué et les niveaux restent

bas le matin du 16 janvier.

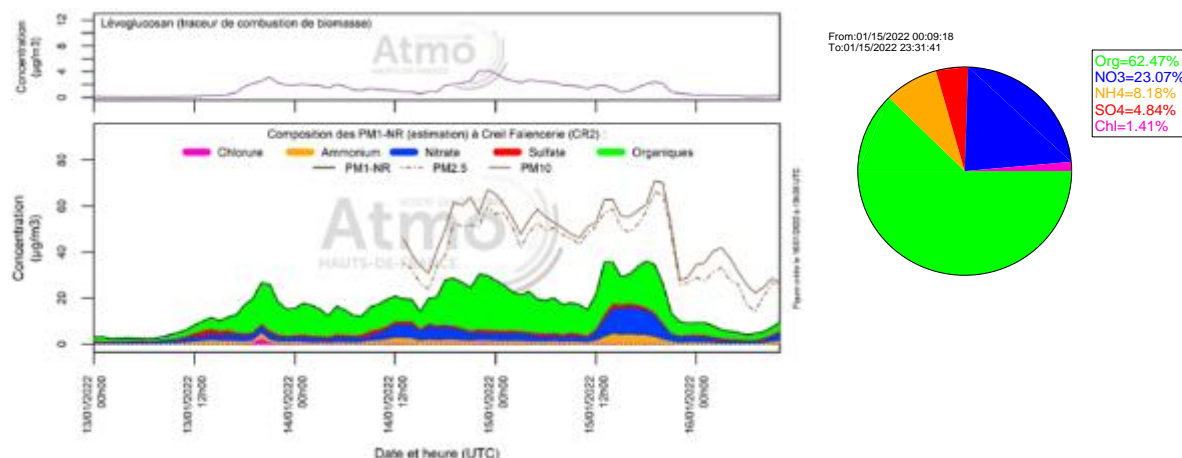


Figure 39 : Mesures ACSM – Creil Faiencerie

Les mesures du Black Carbon à Creil montrent que les sources primaires (trafic routier et combustion de biomasse) contribuent majoritairement (jusqu'à 80% des particules PM₁₀) durant la journée du 15 janvier. Les particules PM₁₀ sont dominées par les sources locales, notamment le chauffage au bois. La contribution du trafic routier est d'environ 10-15 µg/m³ en moyenne horaire, et celle du chauffage au bois est d'environ 30-40 µg/m³. Ces concentrations ont diminué depuis le soir du 15 janvier.

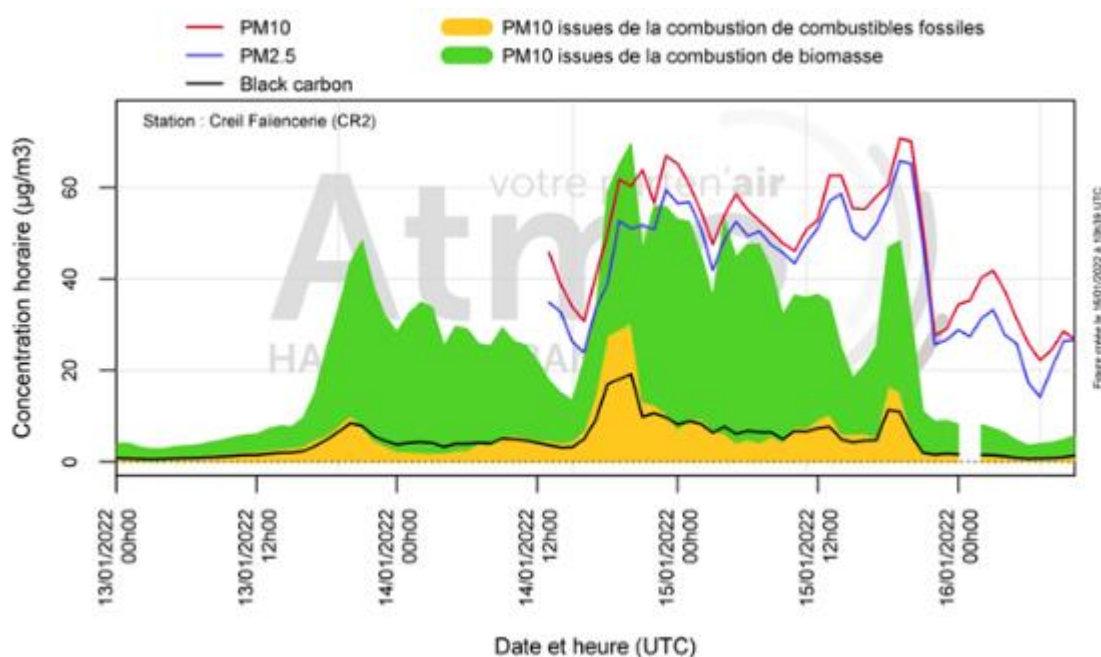


Figure 38 : Mesures black carbon – Lille Fives

Les conditions météorologiques qui ne favorisent pas une dispersion des polluants et les rétro-trajectoires au secteur nord de la France et la Belgique tendent vers la circulation d'une masse d'air pollué qui a été accumulé dans la région.

III. Synthèse modélisation

a. Critères AMU

Le début d'épisode est anticipé par les prévisionnistes le 13 janvier mais il n'a pas été constaté. Cet épisode a commencé le 14 janvier, il a été prévu par les prévisionnistes pour le jour J et le lendemain. Le niveau

alerte sur persistance a été activé le 14 janvier pour le département du Nord et le 15 janvier pour le département de l'Oise, la Somme n'ayant été concernée que par le niveau d'information et de recommandation le 15 janvier. Les tableaux avec les détails en prévisions et constats des critères AMU par les modèles et par les prévisionnistes d'Atmo Hauts-de-France, pour les jours J-1, J et J+1 se trouvent sur Annexe 3.

Tableau 9 : Prévisions et constats d'Atmo Hauts-de-France pour les épisodes de pollution aux particules PM₁₀ par des prévisionnistes d'Atmo Hauts-de-France. P/C indique un épisode prévu la veille et/ou le jour même et constaté le lendemain (bonne détection). P/C indique un épisode prévu la veille et/ou le jour même et constaté le lendemain, mais pas avec le même seuil (niveau d'information et de recommandation prévu mais niveau d'alerte constaté et/ou l'inverse). P/NC indique un épisode prévu la veille et/ou le jour même mais pas constaté le lendemain (fausse détection). NP/C indique un épisode prévu ni la veille ni le jour même mais constaté le lendemain (non-détection). RAS indique « Rien A Signaler ».*

Date	Echéance	Nord	Pas-de-Calais	Somme	Aisne	Oise
13/01/2022	J-1 pour J	P/NC	P/NC	RAS	RAS	RAS
	J pour J	P/NC	P/NC	RAS	RAS	RAS
	Constat	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS
14/01/2022	J-1 pour J	NP/C	RAS	RAS	RAS	RAS
	J pour J	P/C	P/NC	RAS	RAS	P/NC
	Constat	NAP	RAS	RAS	RAS	RAS
15/01/2022	J-1 pour J	P/NC	P/NC	NP/C	RAS	P/C
	J pour J	P/NC	P/NC	P/C	RAS	P/C
	Constat	RAS	RAS	NIR	RAS	NAP

b. Comparaison modèle - mesure

L'écart entre les moyennes journalières en PM₁₀ mesurées et celles estimées par les modèles, pour les stations de fond qui ont atteint ou dépassé le seuil d'information et de recommandation est présenté sur la figure suivante pour le jour même et le lendemain. La majorité des modèles disponibles le 14 janvier avait surestimé la moyenne journalière, avec un écart compris entre +12.8 et +44.9 µg/m³ pour la prévision à J+1 (AS_ATMO_HDF_v1 : -5.1 µg/m³) et entre +11.0 et 45.7 µg/m³ pour la prévision à J (AS_ATMO_HDF_v1 : -6.3 µg/m³). Pour le 15 janvier, les écarts se trouvent majoritairement entre -7.0 et 2.5 µg/m³ pour la prévision à J+1 (AS_ATMO_HDF_v1 : -10.2 µg/m³) et entre -11.0 et + 10.0 µg/m³ pour la prévision à J (AS_ATMO_HDF_v1 : -2.3 µg/m³), sauf quelques exceptions.

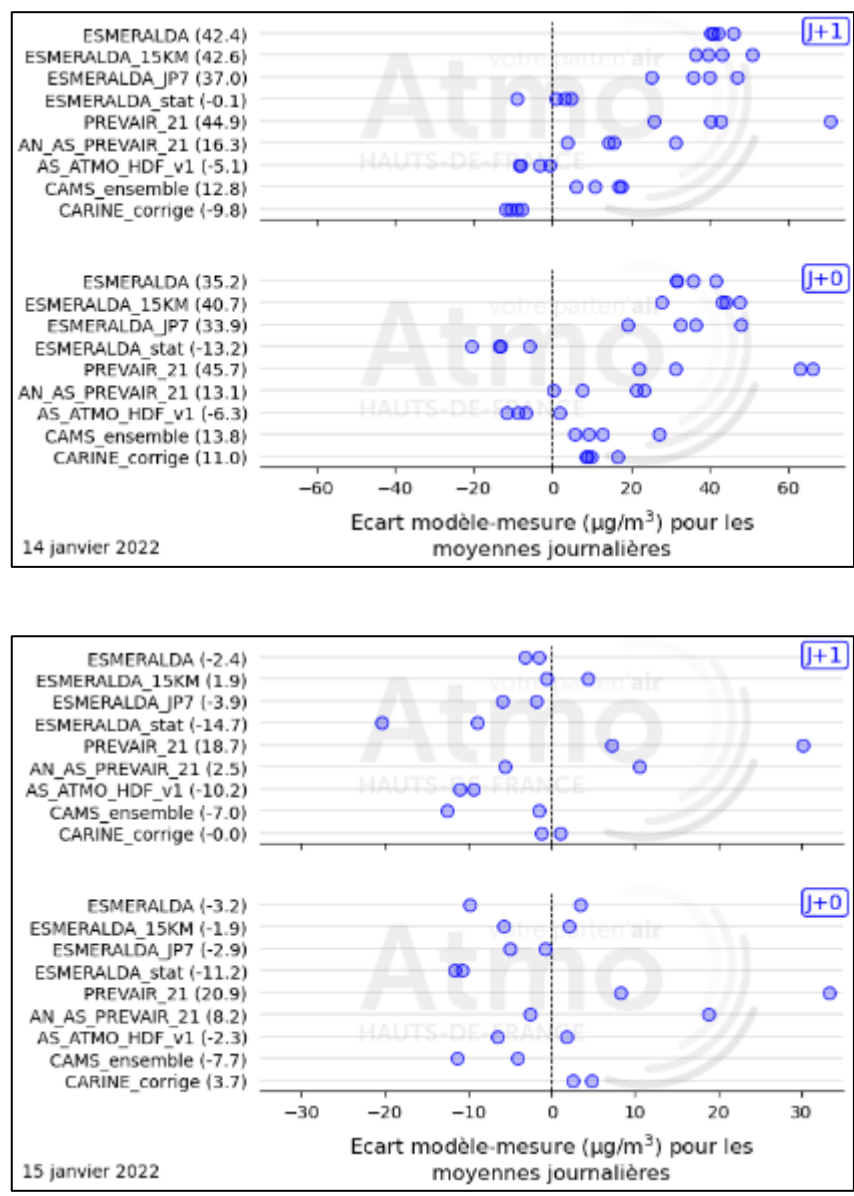


Figure 40 : Ecart entre les moyennes journalières en PM₁₀ mesurées et celles estimées par les modèles, pour les stations de fond qui ont atteint ou dépassé le seuil d'information et de recommandation. Pour chaque modèle, le nombre entre parenthèse indique l'écart moyen modèle-mesure pour ces stations. "ND" signifie "modèle non-disponible".

IV. Conclusion épisode

En résumé, la présence des composés organiques dans les particules montrent une source liée au chauffage au bois et au trafic routier. A cela s'ajoute, dans une moindre mesure, la formation de particules secondaires. Cet épisode a été bien prévu par les prévisionnistes d'Atmo Hauts-de-France.



25/01

7.2. Episode de pollution PM10 du 25 janvier 2022

I. Synthèse météorologique

Le 25 janvier, la situation météorologique était stable et peu propice à la dispersion des polluants émis :

- Situation anticyclonique (> 1030 hPa)
- Vent variable faible et localement nul
- Hauteurs de couche limite basses
- Inversions de température au sol, surtout en matinée.

Les masses d'air, venant du secteur nord-est de l'Europe, sont passées par la Belgique avant d'arriver au Nord de la France, ce qui favorise le transport et l'accumulation des particules.

Les températures du début de matinée sont généralement comprises entre -1 et -3°C et des bancs de brouillard sont parfois présents à l'intérieur des terres.

Le 26 janvier, la situation météorologique évolue peu mais devient davantage propice à la dispersion des polluants émis : l'anticyclone s'étend encore sur l'Atlantique et une large partie de l'Europe (>1035 hPa), mais il s'est décalé vers le sud. Les hauteurs de couche limite et les températures sont en hausse et les brouillards deviennent de plus en plus rares.

Enfin, le vent se renforce dans le courant de la journée jusqu'à atteindre les 10 km/h dans le sud-est de la région.

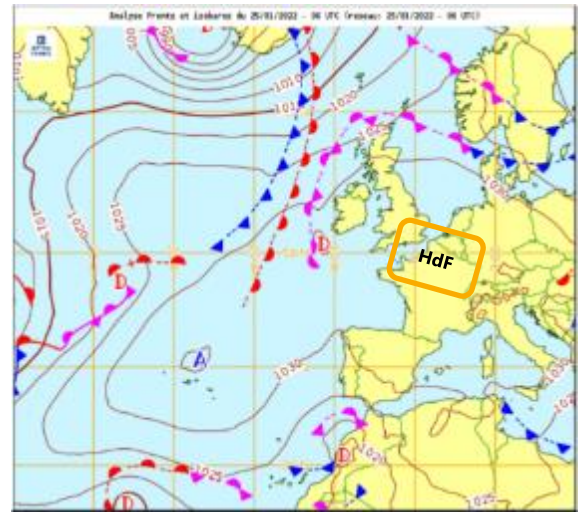


Figure 41 : Isobares pour le 25/01/2022

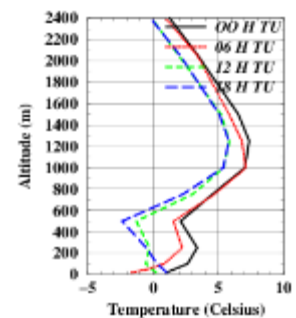


Figure 42 : Profils verticaux de température à Lille le 25/01/2022

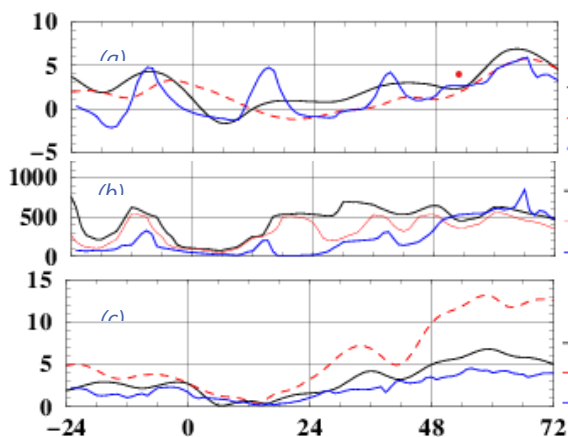


Figure 43 : (a) Température (en °C) et (b) hauteur de couche limite (en mètres) et (c) vitesse de vent (en m/s) prévues à Lille pour les journées de J-1, J=25/01, J+1, et J+2



Figure 44 : Rétro-trajectoires des masses d'air arrivant à Lille le 25/01

II. Synthèse qualité de l'air

Les concentrations en particules commencent à augmenter sur la partie nord de la région dans la soirée du 24 janvier. Un dépassement du seuil d'information et de recommandation ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) pour les PM_{10} a été constaté pour le mardi 25 janvier dans les départements du Nord et du Pas-de-Calais, mais pas dans les autres départements de la région. Le 26 janvier, les concentrations maximales journalières restent au-dessous du $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans l'ensemble de la région.

<i>Tableau 10 : Moyennes journalières en particules PM_{10} du 24 au 26 janvier</i>					
	Nord	Pas-de-Calais	Somme	Aisne	Oise
24/01/2022	35.5	36.5	31.0	22.5	31.3
25/01/2022	53.6	64.0	48.2	28.8	33.7
26/01/2022	36.9	34.0	39.5	30.2	34.9

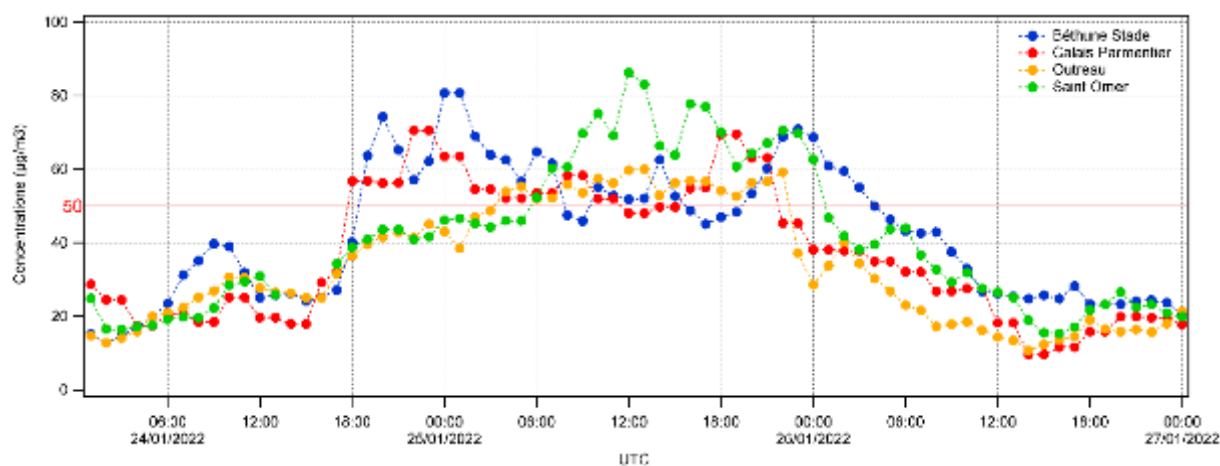


Figure 45 : Moyennes horaires en particules PM_{10} du 13 au 16 janvier

Les mesures du Black Carbon à Lille, Calais et Creil montrent que les sources primaires (trafic routier et combustion de biomasse) contribuent grandement à cet épisode de pollution. Les particules PM_{10} sont dominées par les sources locales, notamment le chauffage au bois. Leur contribution est en hausse le 25 janvier, avec une contribution du trafic routier d'environ $10\text{-}20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne horaire, et celle du chauffage au bois d'environ $20\text{-}30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et qui diminue le 26 janvier.

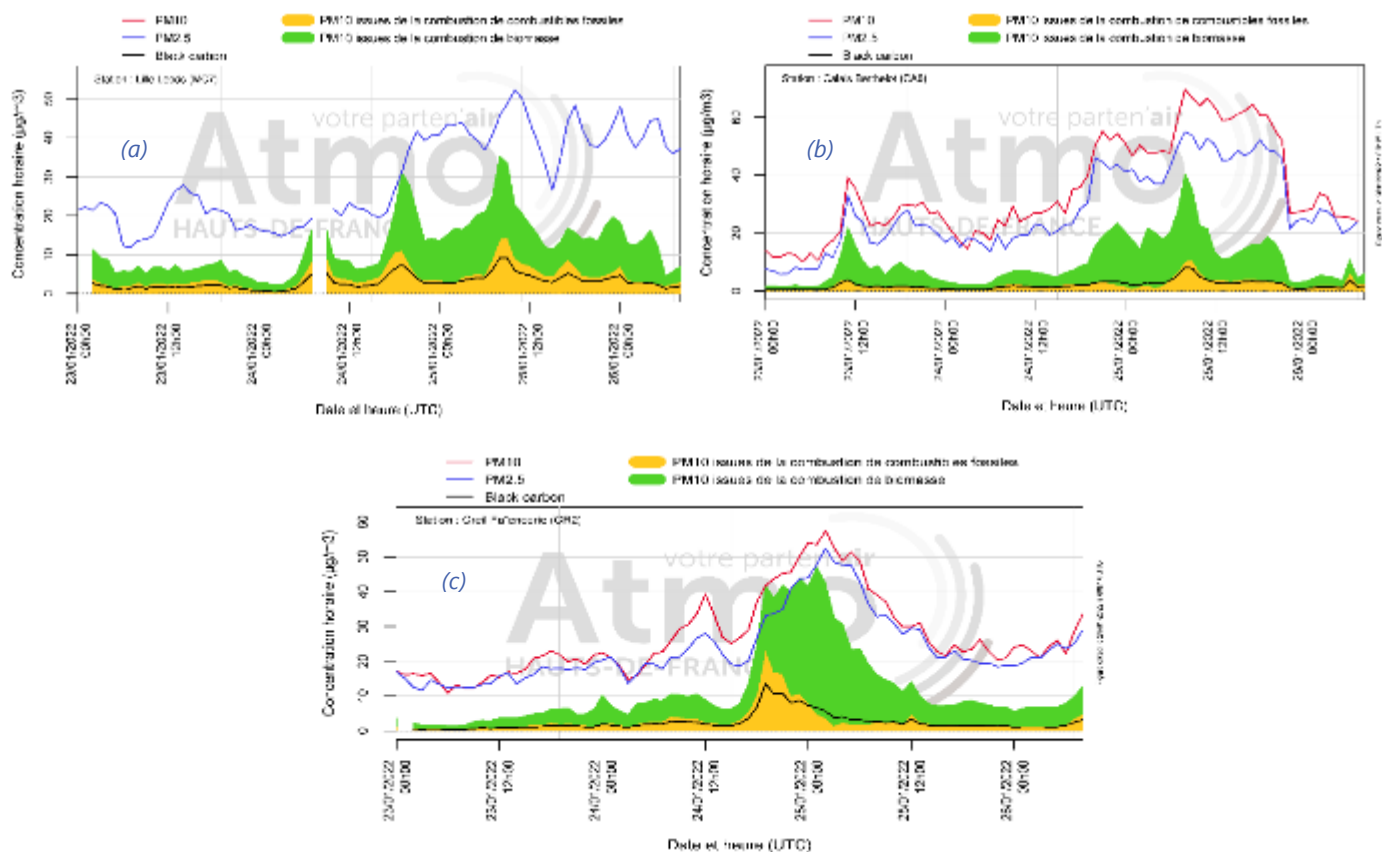


Figure 46 : Mesures de black carbon (a) à Lille, (b) à Calais et (c) à Creil

III. Synthèse modélisation

a. Critères AMU

L'épisode est prévu par les prévisionnistes le jour même pour le jour J. Le niveau d'information et de recommandation a été activé pour les départements du Nord et du Pas-de-Calais. Les tableaux avec les détails en prévisions et constats des critères AMU par les modèles et par les prévisionnistes d'Atmo Hauts-de-France, pour les jours J-1, J et J+1 se trouvent sur Annexe 3.

Tableau 11 : Prévisions et constats d'Atmo Hauts-de-France pour les épisodes de pollution aux particules PM10 par des prévisionnistes d'Atmo Hauts-de-France. **P/C** indique un épisode prévu la veille et/ou le jour même et constaté le lendemain (bonne détection). **P/C*** indique un épisode prévu la veille et/ou le jour même et constaté le lendemain, mais pas avec le même seuil (niveau d'information et de recommandation prévu mais niveau d'alerte constaté et/ou l'inverse). **P/NC** indique un épisode prévu la veille et/ou le jour même mais pas constaté le lendemain (fausse détection). **NP/C** indique un épisode prévu ni la veille ni le jour même mais constaté le lendemain (non-détection). **RAS** indique « Rien A Signaler ».

Date	Echéance	Nord	Pas-de-Calais	Somme	Aisne	Oise
25/01/2022	J-1 pour J	NP/C	NP/C	RAS	RAS	RAS
	J pour J	P/C	P/C	RAS	RAS	RAS
	Constat	NIR	NIR	RAS	RAS	RAS

b. Comparaison modèle - mesure

L'écart entre les moyennes journalières en PM10 mesurées et celles estimées par les modèles, pour les stations de fond qui ont atteint ou dépassé le seuil d'information et de recommandation est présenté sur

la figure suivante pour le jour même et le lendemain. Les modèles disponibles le 25 janvier avaient sous- ou surestimé la moyenne journalière, avec un écart compris entre -15.8 et +25.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la prévision à J+1 (AS_ATMO_HDF_v1 : -12.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et entre -7.5 et 24.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la prévision à J (AS_ATMO_HDF_v1 : -2.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

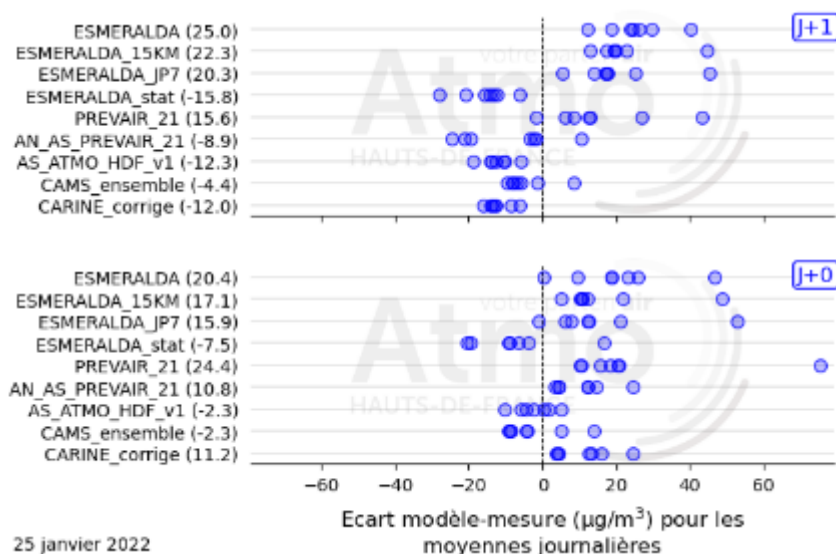


Figure 47 : Ecart entre les moyennes journalières en PM_{10} mesurées et celles estimées par les modèles, pour les stations de fond qui ont atteint ou dépassé le seuil d'information et de recommandation. Pour chaque modèle, le nombre entre parenthèse indique l'écart moyen modèle-mesure pour ces stations. "ND" signifie "modèle non-disponible".

IV. Conclusion épisode

En résumé, cet épisode est considéré comme un épisode dominé par les sources de combustion : biomasse (chauffage au bois), et trafic routier. Il a été bien prévu par les prévisionnistes d'Atmo Hauts-de-France.



7.3. Episode de pollution PM10 du 3 au 5 mars 2022

I. Synthèse météorologique

La situation météorologique est stable et peu propice à la dispersion des polluants (vents variables, inversion de température pendant la nuit) pendant la période du 3 au 5 mars 2022.

Les températures se situent autour du 0°C pour les minima et s'élèvent à 10°C sur la région de Lille. Les nuits enregistrent quelques brumes, les journées sont plutôt ensoleillées.

Un renforcement du vent (15 km/h) est arrivé en fin de la journée du 5 mars jusqu'au 6 mars (20 km/h) qui a favorisé la dispersion des polluants (vents plus forts, hausse couche de mélange).

Les masses d'air sont issues sur l'Île-de-France et de la région Grand-Est pour la journée du 3 mars et basculent à l'Est du le 4. Elles restent établies sur cette direction jusqu'à la fin de l'épisode le 6 mars.

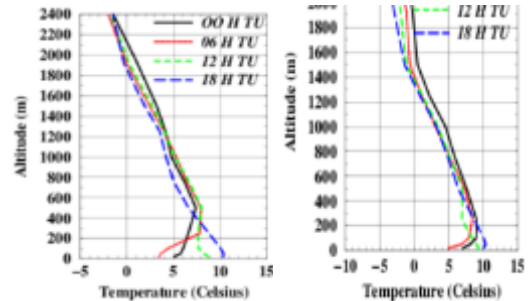


Figure 48 : Profils verticaux de température à Lille le 03/03/2022 (gauche) et le 04/03/2022

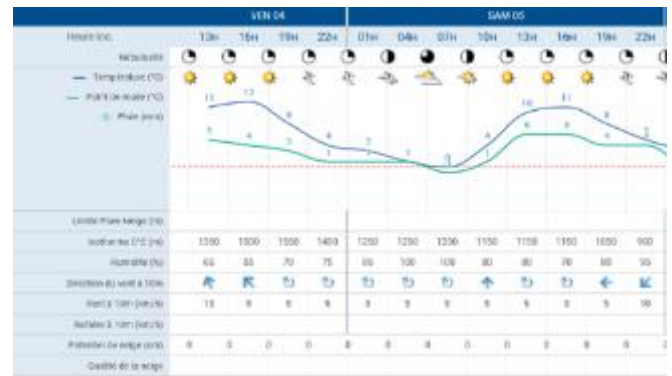


Figure 49 : Conditions météorologiques à Lille pour les journées de 04/03 et 05/03/2022.

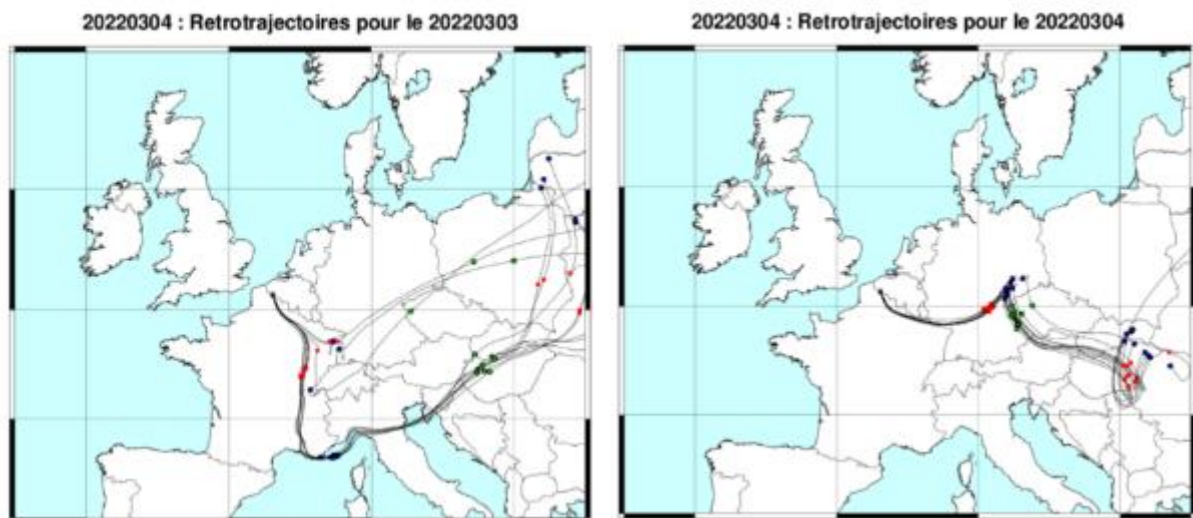


Figure 50 : Rétro-trajectoires des masses d'air arrivant à Lille le 03/03 (gauche) et le 04/03 (droite).

II. Synthèse qualité de l'air

Les concentrations sont de l'ordre des 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ le 2 mars 2022 dans la Somme et l'Aisne. Elles commencent à augmenter sur la partie nord de la région (45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), franchissant le seuil d'information et de recommandation dans la matinée du 3 mars (5 stations du Nord, du Pas-de-Calais et de l'Oise ont dépassé ce seuil). Les niveaux hauts des concentrations continuent jusqu'au 5 mars dans les départements du Nord et du Pas-de-Calais. Les stations à Béthune stade et à Nœux-les-Mines, 2 stations à Dunkerque (Malo-les-Bains et Cappelle-la-Grande), à Marcq-en-Barœul et à Harnes ont dépassé le seuil d'information et de recommandation le 4 mars, le 5 mars les stations à Douai, à Saint Omer et à Saint-Pol-sur-Mer ont de plus dépassé ce seuil. Dans la nuit du 6 mars, les concentrations ont commencé à baisser, aucun dépassement n'a été constaté pour ce jour et l'épisode prend fin dans le Nord et le Pas-de-Calais.

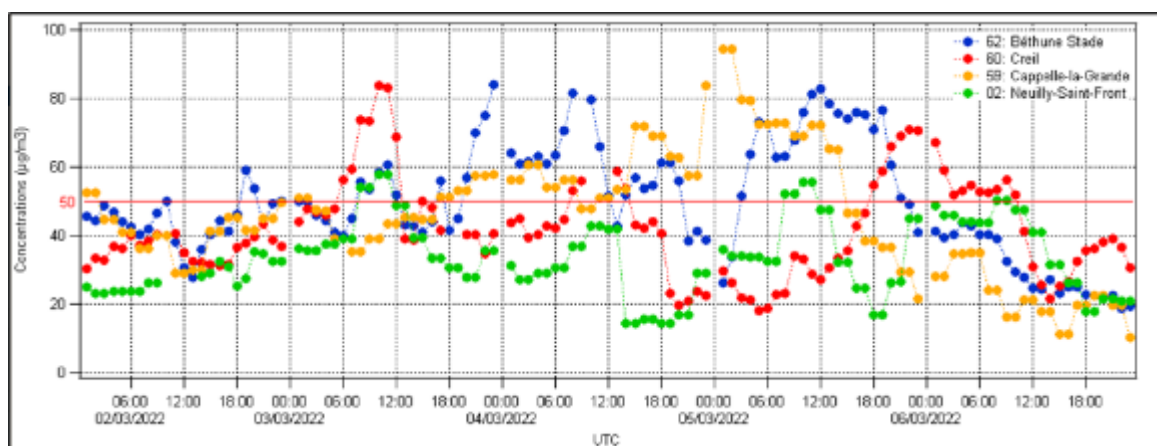


Figure 51 : Moyennes horaires en particules PM_{10} du 02 au 06 mars

Tableau 12 : Moyennes journalières en particules PM_{10} du 02 au 06 mars

	Nord	Pas-de-Calais	Somme	Aisne	Oise
02/03/2022	45.5	44.2	31.6	28.2	36.2
03/03/2022	50.1	52.6	40.1	39.5	52.3
04/03/2022	60.4	57.0	25.6	27.7	39.2
05/03/2022	58.2	63.5	35.4	36.9	39.7
06/03/2022	39.2	29.6	28.3	35.3	41.9

Les données de composition chimique des particules PM_1 via l'ACSM sur le site de Creil Faïencerie montrent la présence de particules d'origine organique mais également secondaire avec la présence de nitrate (bleu). Les niveaux de particules observés sont donc liés d'une part à de la production primaire de particules (chauffage) mais également à de la production secondaire en lien avec les activités agricoles.

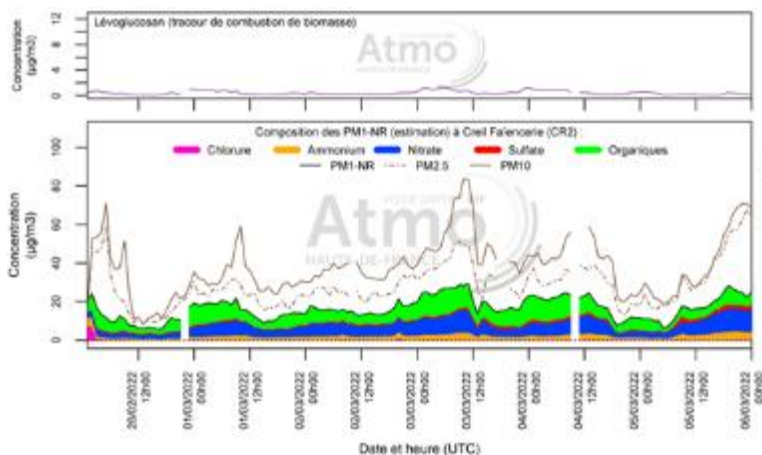


Figure 52 : Mesures ACSM – Creil Faïencerie

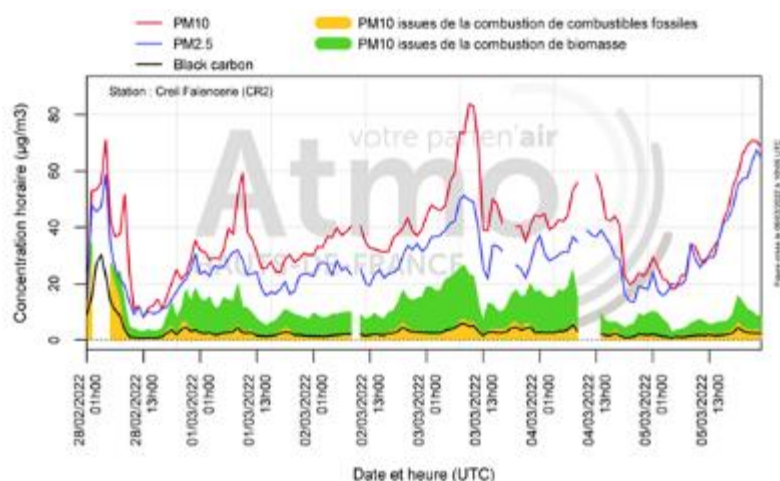


Figure 53 : Mesures black carbon – Creil

Les mesures du Black Carbon à Lille, Calais et Creil montrent que les sources primaires (combustion de biomasse et trafic routier) contribuent grandement à cet épisode de pollution.

III. Synthèse modélisation

a. Critères AMU

L'épisode est anticipé par les prévisionnistes le 2 mars pour le jour J+1 et le J+2. Le niveau alerte sur persistance a été activé pour les départements du Nord et du Pas-de-Calais pour les trois jours et qu'un seul jour pour le département de l'Oise. Les tableaux avec les détails en prévisions et constats des critères AMU par les modèles et par les prévisionnistes d'Atmo Hauts-de-France, pour les jours J-1, J et J+1 se trouvent sur Annexe 3.

Tableau 13 : Prévisions et constats d'Atmo Hauts-de-France pour les épisodes de pollution aux particules PM₁₀ par des prévisionnistes d'Atmo Hauts-de-France. **P/C** indique un épisode prévu la veille et/ou le jour même et constaté le lendemain (bonne détection). **P/C*** indique un épisode prévu la veille et/ou le jour même et constaté le lendemain, mais pas avec le même seuil (niveau d'information et de recommandation prévu mais niveau d'alerte constaté et/ou l'inverse). **P/NC** indique un épisode prévu la veille et/ou le jour même mais pas constaté le lendemain (fausse détection). **NP/C** indique un épisode prévu ni la veille ni le jour même mais constaté le lendemain (non-détection). **RAS** indique « Rien A Signaler ».

Date	Echéance	Nord	Pas-de-Calais	Somme	Aisne	Oise
03/03/2022	J-1 pour J	NP/C	NP/C	RAS	RAS	NP/C
	J pour J	P/C	P/C	RAS	RAS	P/C
	Constat	NAP	NAP	RAS	RAS	NAP
04/03/2022	J-1 pour J	P/C	P/C	RAS	RAS	P/NC
	J pour J	P/C	P/C	RAS	RAS	P/NC
	Constat	NAP	NAP	RAS	RAS	RAS
05/03/2022	J-1 pour J	P/C	P/C	RAS	RAS	RAS
	J pour J	P/C	P/C	RAS	RAS	RAS
	Constat	NAP	NAP	RAS	RAS	RAS

b. Comparaison modèle - mesure

L'écart entre les moyennes journalières en PM₁₀ mesurées et celles estimées par les modèles, pour les stations de fond qui ont atteint ou dépassé le seuil d'information et de recommandation est présenté sur la figure suivante pour le jour même et le lendemain. Tous les modèles disponibles le 3 mars avaient sous-estimé la moyenne journalière, avec un écart compris entre -4.5 et -17.9 µg/m³ pour la prévision à J+1 (AS_ATMO_HDF_v1 : -16.3 µg/m³) et entre -14.5 et +4.6 µg/m³ pour la prévision à J (AS_ATMO_HDF_v1 : -10 µg/m³). De manière identique pour les deux jours suivants, les prévisions par les modèles pour les J+1

ont eu un écart de l'ordre de -20.0 à $-1.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, et entre -19.5 et $1.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le jour même le 4 mars (AS_ATMO_HDF_v1 : -20 et $-7.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivement) et un peu plus élevées pour les 5 mars (-27.8 à $1.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le J+1 et -23.2 à $13.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le J).

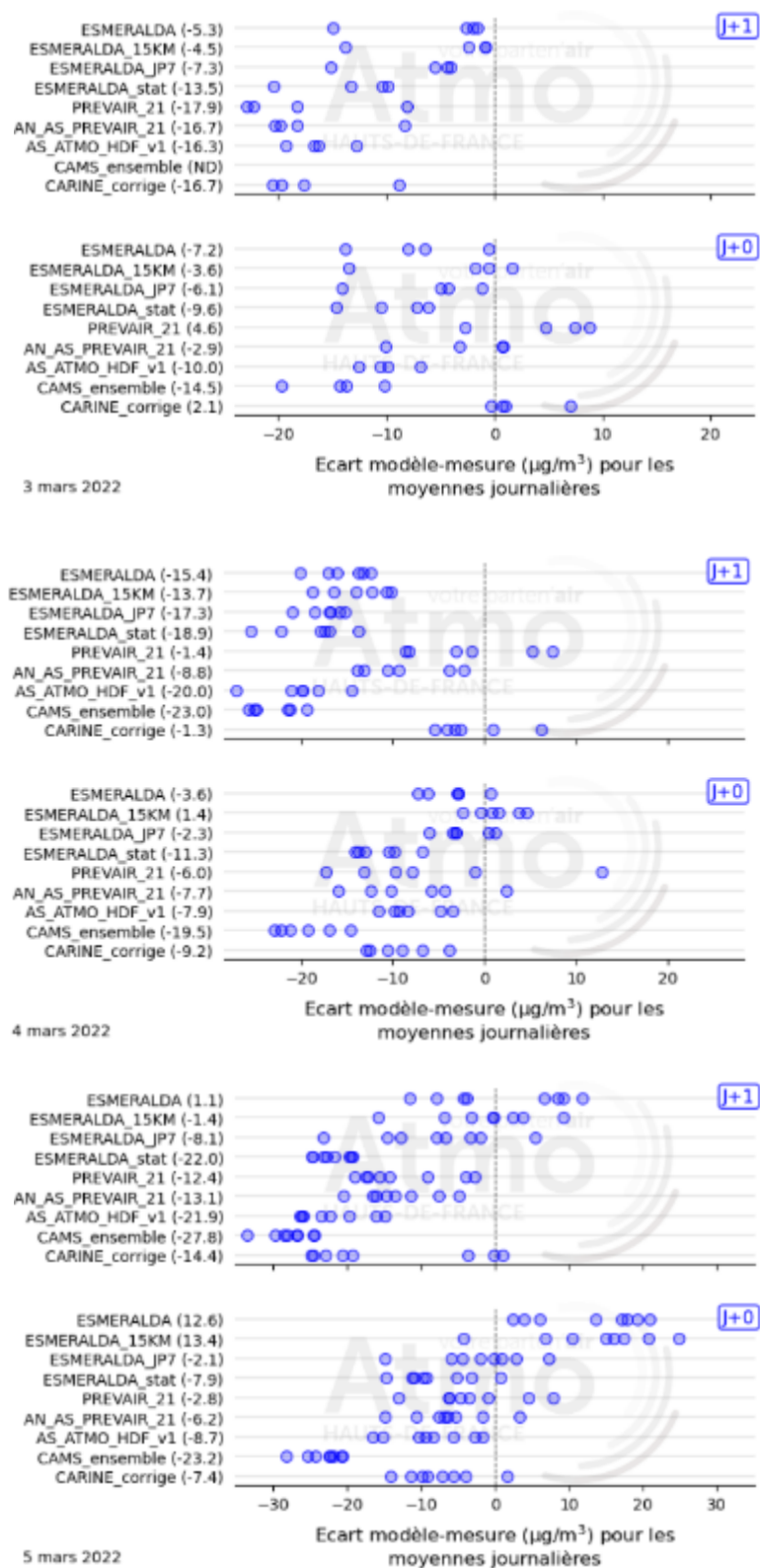


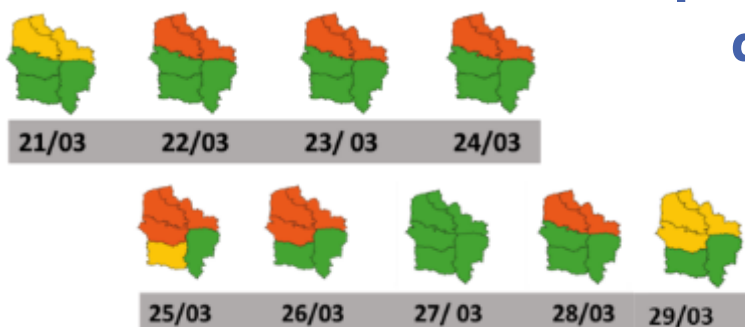
Figure 54 : Ecart entre les moyennes journalières en PM_{10} mesurées et celles estimées par les modèles, pour les stations de fond qui ont atteint ou dépassé le seuil d'information et de recommandation. Pour chaque modèle, le nombre entre parenthèse indique l'écart moyen modèle-mesure pour ces stations. "ND" signifie "modèle non-disponible".

IV. Conclusion épisode

En résumé, cet épisode est considéré comme un épisode dominé par les sources de combustion : biomasse (chauffage au bois), et trafic routier. Cet épisode a été bien prévu par les prévisionnistes d'Atmo Hauts-de-France.



7.4. Episode de pollution PM₁₀ du 21 au 29 mars 2022



I. Synthèse météorologique

Le territoire national se trouve en situation météorologique stable et peu propice à la dispersion des polluants. Les températures minimales se situent entre 4°C et 6°C, les maximales s'élèvent autour de 13 / 14°C sur la côte et 17 / 18°C dans l'intérieur de la région.

L'anticyclone qui reste présent sur la région pendant plusieurs jours jusqu'au 28 mars, les vents qui sont faibles et à direction variable, ainsi que les inversions de température rendent difficile l'amélioration de la situation.

À partir du 25 mars, le renforcement bref du vent et les retro trajectoires du secteur Nord-Est, qui apportent des masses d'air chargées en particules, et l'ensoleillement la journée, qui favorise la production de particules secondaires, ne conduisent pas à la baisse des concentrations en local.

De plus, le 28 mars, après le bref renforcement du vent, il faiblit de nouveau en même temps que l'inversion thermique matinale demeure. Cette situation reste identique jusqu'au 29 mars, ou le renforcement du vent en même temps que l'arrivée d'une dépression sur la région, favorisent l'amélioration de la situation et la dispersion des polluants..

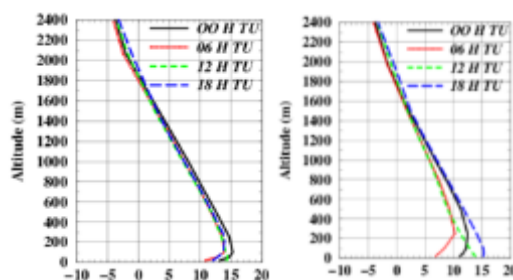


Figure 55 : Profils verticaux de température à Calais (gauche) et à Lille (droite) le 23/03/2022.



Figure 56 : Rétro-trajectoires des masses d'air arrivant à Lille le 25/03.

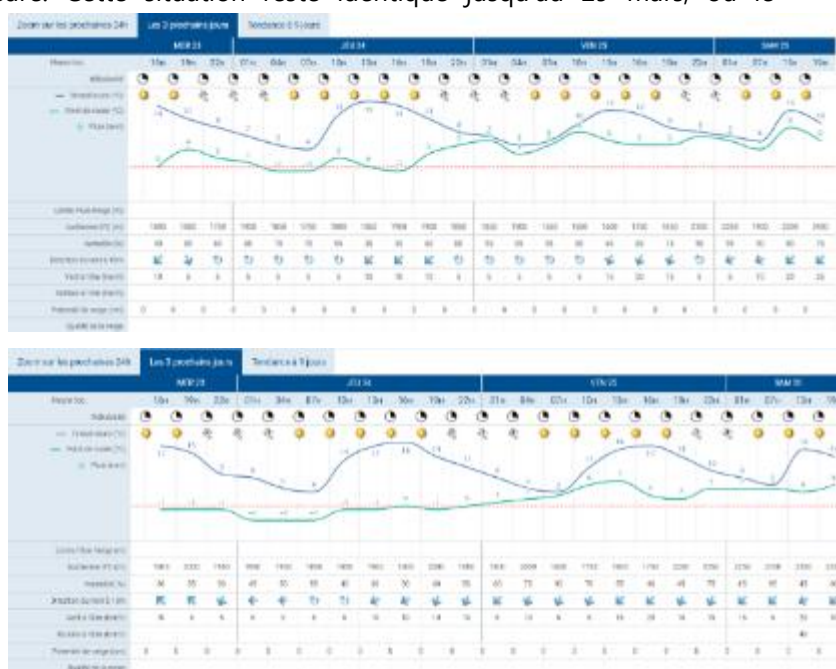


Figure 57 : Conditions météorologiques à Calais (a) et à Lille (b) pour les journées de 23-26/03/2022.

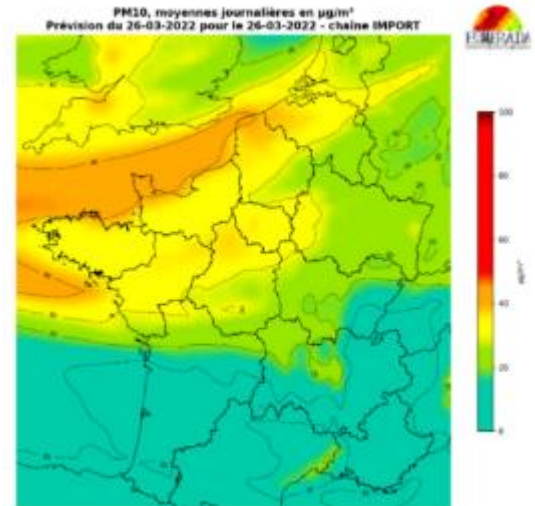
II. Synthèse qualité de l'air

Les concentrations sont de l'ordre des 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ le 20 mars 2022 dans le Nord et Pas de Calais et elles commencent à augmenter à partir du 21 mars, franchissant le seuil d'information et de recommandation dans la nuit du 21 mars (6 stations du Nord et du Pas-de-Calais). Des dépassements ont été observés depuis le lundi 21 mars sur la Belgique aussi. Les niveaux hauts des concentrations continuent jusqu'au 27 mars dans les deux départements.

Les stations sur la côte (Dunkerque et Calais), ainsi que celles à Saint-Omer et à Béthune ont dépassé le seuil d'information et de recommandation le 21 mars, alors qu'entre le 24 et le 25 mars, les concentrations ont atteint des niveaux d'ordre de 65-85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mais le dépassement du seuil d'alerte à la station de Saint-Pol n'a été pas constaté car les critères AMU ne sont pas remplis. Le 25 mars, le seuil d'information et de recommandation a également été dépassé sur une station du département de l'Oise (Creil), alors que le 26 mars, ce seuil a été dépassé sur une station du département de la Somme (Amiens).

La part des particules importées reste importante sur la région avec des concentrations comprises entre 30 (en jaune) et 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (orange) du Sud au Nord de la région. Les vents étant toujours orientés au Nord-Est, cette quantité vient s'ajouter à la production locale.

Le renforcement bref du vent le 26 mars a favorisé la baisse des concentrations durant la journée du 27 mars, en revanche le 28 et 29 mars, 2-3 stations dans la partie nord de la région et la Somme ont dépassé de nouveau le seuil d'information et de recommandation. La prolongation de cet épisode jusqu'au 29 mars n'a été pas prévue, mais elle est en lien avec le maintien de concentrations élevées sur le Nord de la France et en Belgique.



Cette carte est une carte de prévision des concentrations de particules importées et doit être considérée comme telle.

Figure 58 : Modélisation des concentrations en particules importées (source esmeralda).

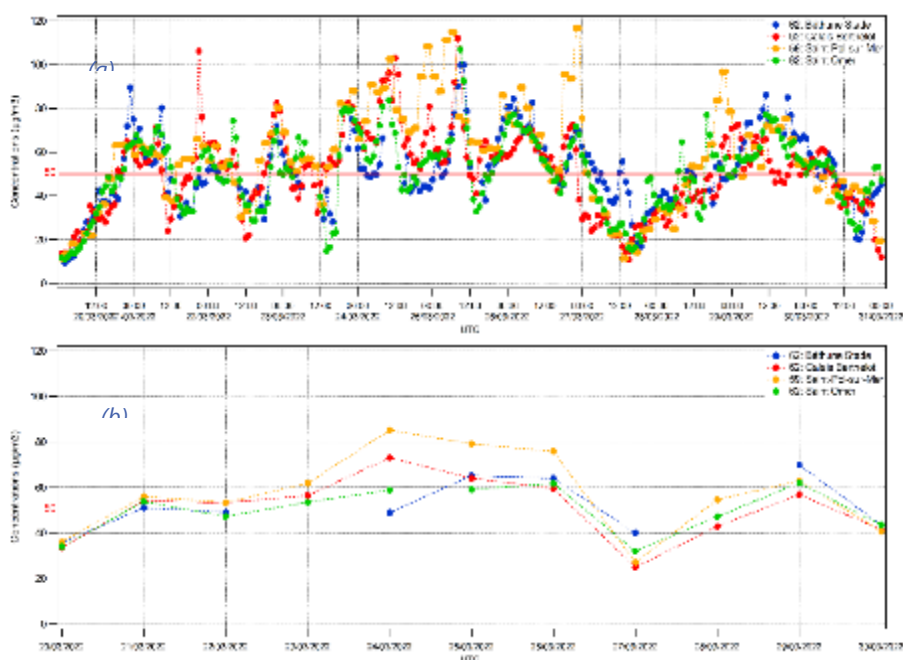


Figure 59 : Moyennes (a) horaires et (b) journalières en particules PM10 du 20 au 30 mars.

Tableau 14 : Max des moyennes journalières en particules PM₁₀ du 20 au 30 mars.

	Nord	Pas-de-Calais	Somme	Aisne	Oise
20/03/2022	37.2	35.6	26.4	16.3	16.3
21/03/2022	56.1	54.1	33.0	28.1	29.3
22/03/2022	53.4	53.3	32.8	28.6	34.6
23/03/2022	61.9	66.5	39.1	41.3	43.4
24/03/2022	85.2	73.3	39.6	43.3	42.9
25/03/2022	79.2	65.3	47.1	43.9	52.7
26/03/2022	75.9	64.0	54.5	35.4	47.8
27/03/2022	34.9	40.1	43.7	25.2	33.5
28/03/2022	54.7	50.5	37.8	29.6	42.6
29/03/2022	66.3	69.9	59.6	37.3	42.8
30/03/2022	40.7	46.9	50.4	34.4	38.5

Les données de composition chimique des particules PM₁ via l'ACSM sur le site de Villeneuve d'Ascq montrent la présence de particules d'origine organique mais également secondaire avec la présence de nitrate d'ammonium (bleu et jaune) qui va en diminuant à partir du jeudi 25 mars. L'ammonium est un traceur de l'activité agricole. A l'inverse, la quantité de sulfates, traceur de l'âge des particules, est en nette hausse le dimanche 27 mars. Ceci indique la recirculation de la masse d'air sur la zone comprise entre l'Allemagne, la Belgique et le Nord de la France. Les données pour la période du 28 au 29 mars montrent toujours une contribution importante du nitrate d'ammonium aux concentrations et un transport de masse d'air pollué sur les premières heures du 29 mars.

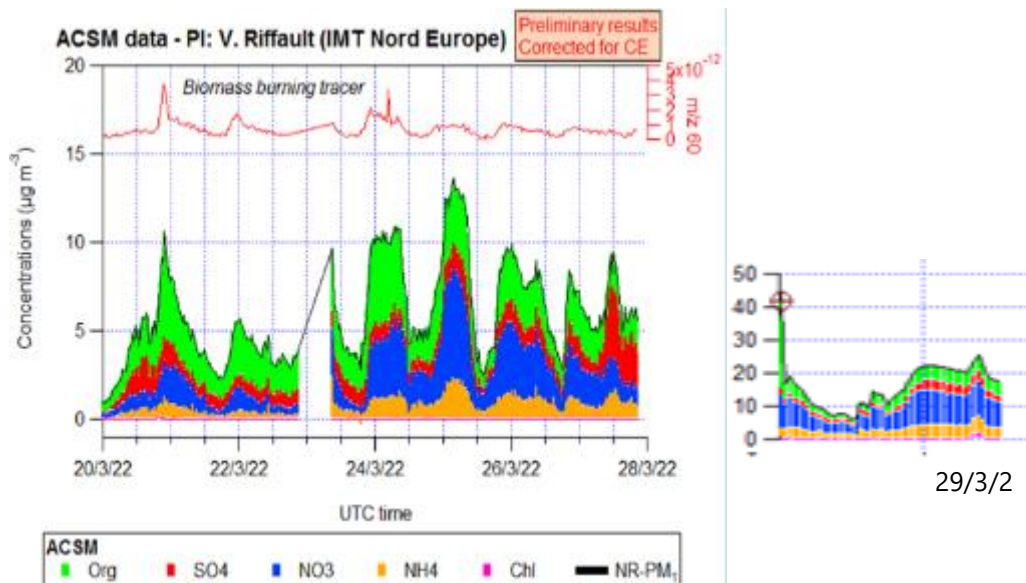
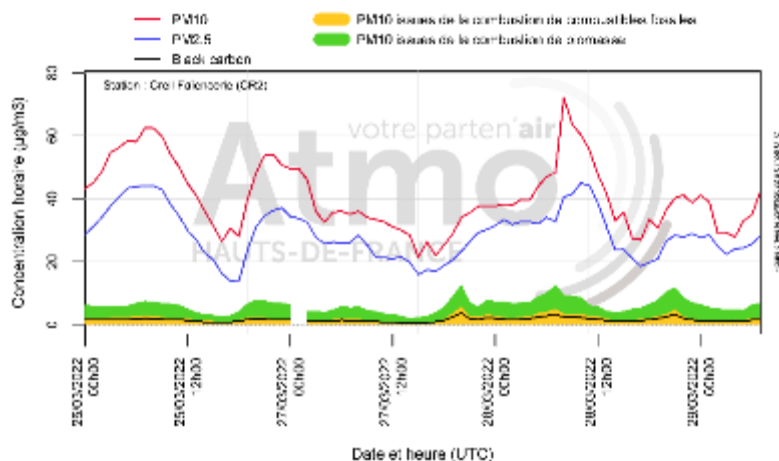


Figure 60 : Mesures ACSM – Villeneuve d'Ascq (source Labex CaPPA-IMT Nord-Europe).



Les concentrations en black carbon (ci-dessus) sont faibles, témoignant d'une influence locale modérée du trafic routier et du chauffage bois.

Figure 61 : Mesures black carbon – Creil.

III. Synthèse modélisation a. Critères AMU

L'épisode n'a pas été anticipé le 21 mars et a été constaté le 22 mars. Le niveau d'alerte en persistance a été activé pour les départements du Nord et du Pas-de-Calais, au vu du comportement des stations et des prévisions météorologiques le 22 mars matin. Les tableaux avec les détails en prévisions et constats des critères AMU par les modèles et par les prévisionnistes d'Atmo Hauts-de-France, pour les jours J-1, J et J+1 se trouvent sur Annexe 3.

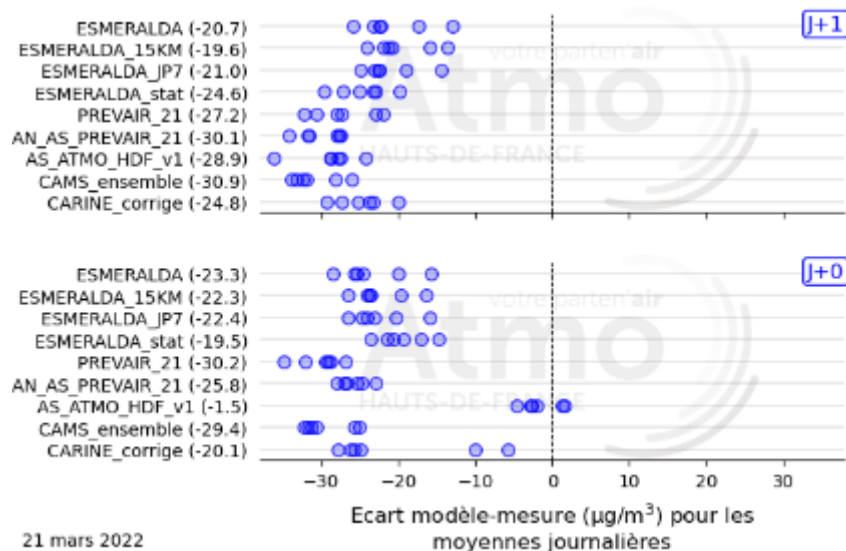
Tableau 15 : Prévisions et constats d'Atmo Hauts-de-France pour les épisodes de pollution aux particules PM₁₀ par des prévisionnistes d'Atmo Hauts-de-France. P/C indique un épisode prévu la veille et/ou le jour même et constaté le lendemain (bonne détection). P/C indique un épisode prévu la veille et/ou le jour même et constaté le lendemain, mais pas avec le même seuil (niveau d'information et de recommandation prévu mais niveau d'alerte constaté et/ou l'inverse). P/NC indique un épisode prévu la veille et/ou le jour même mais pas constaté le lendemain (fausse détection). NP/C indique un épisode prévu ni la veille ni le jour même mais constaté le lendemain (non-détection). RAS indique « Rien A Signaler ».*

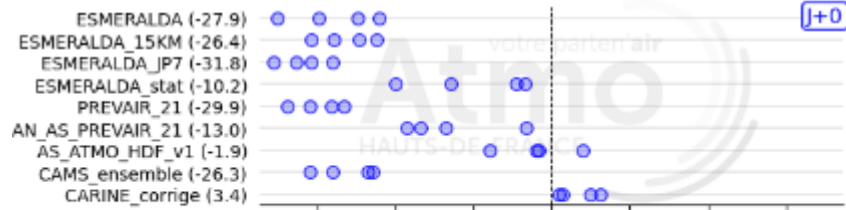
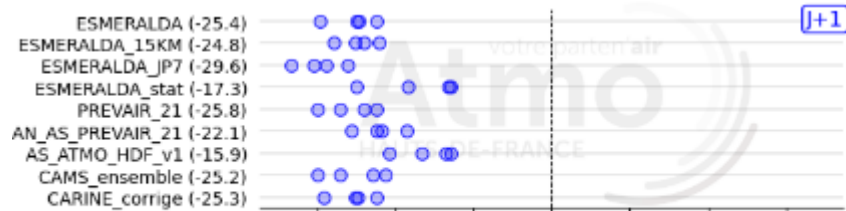
Date	Echéance	Nord	Pas-de-Calais	Somme	Aisne	Oise
21/03/2022	J-1 pour J	NP/C	NP/C	RAS	RAS	RAS
	J pour J	NP/C	NP/C	RAS	RAS	RAS
	Constat	NIR	NIR	RAS	RAS	RAS
22/03/2022	J-1 pour J	NP/C	NP/C	RAS	RAS	RAS
	J pour J	P/C	P/C	RAS	RAS	RAS
	Constat	NAP	NAP	RAS	RAS	RAS
23/03/2022	J-1 pour J	P/C	P/C	RAS	RAS	RAS
	J pour J	P/C	P/C	RAS	RAS	RAS
	Constat	NAP	NAP	RAS	RAS	RAS
24/03/2022	J-1 pour J	P/C	P/C	RAS	RAS	RAS
	J pour J	P/C	P/C	RAS	RAS	RAS
	Constat	NAP	NAP	RAS	RAS	RAS
25/03/2022	J-1 pour J	P/C	P/C	NP/C	RAS	NP/C
	J pour J	P/C*	P/C	P/C	RAS	NP/C
	Constat	NAP	NAP	NAP	RAS	NIR
26/03/2022	J-1 pour J	P/C*	P/C	P/C	RAS	RAS
	J pour J	P/C	P/C	P/C	RAS	RAS
	Constat	NAP	NAP	NAP	RAS	RAS

27/03/2022	J-1 pour J	P/NC	P/NC	RAS	RAS	RAS
	J pour J	P/NC	P/NC	RAS	RAS	RAS
	Constat	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS
28/03/2022	J-1 pour J	P/C	P/C	RAS	RAS	RAS
	J pour J	P/C	P/C	RAS	RAS	RAS
	Constat	NAP	NAP	RAS	RAS	RAS
29/03/2022	J-1 pour J	NP/C	NP/C	NP/C	RAS	RAS
	J pour J	NP/C	NP/C	NP/C	RAS	RAS
	Constat	NIR	NIR	NIR	RAS	RAS

b. Comparaison modèle – mesure

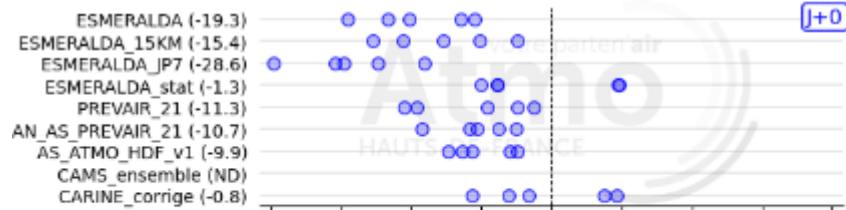
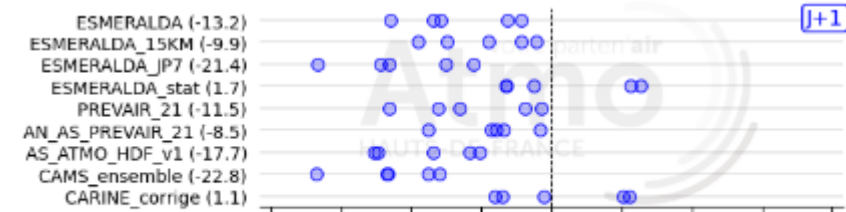
L'écart entre les moyennes journalières en PM10 mesurées et celles estimées par les modèles, pour les stations de fond qui ont atteint ou dépassé le seuil d'information et de recommandation est présenté sur la figure suivante pour le jour même et le lendemain. Tous les modèles disponibles du 21 au 29 mars avaient sous-estimé la moyenne journalière, avec un écart de -25, -30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (majoritairement AS_ATMO_HDF_v1) à +12.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la prévision à J+1 et de -20, -30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à +10.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la prévision à J.





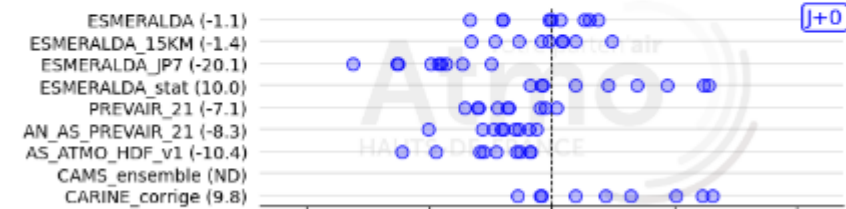
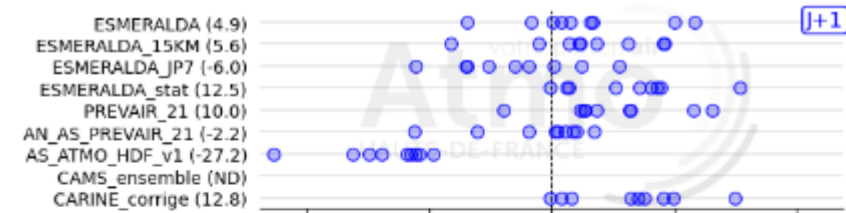
22 mars 2022

Ecart modèle-mesure ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) pour les moyennes journalières



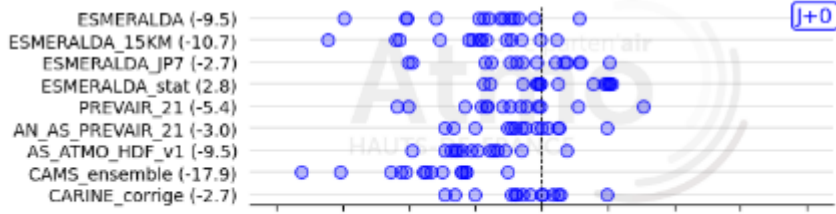
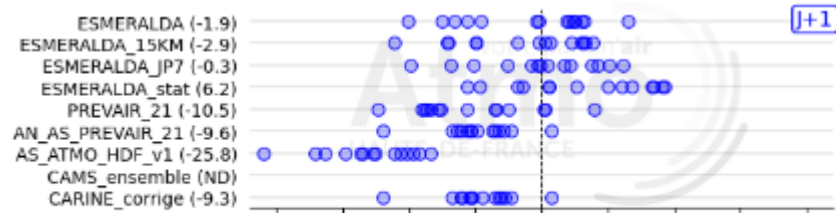
23 mars 2022

Ecart modèle-mesure ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) pour les moyennes journalières



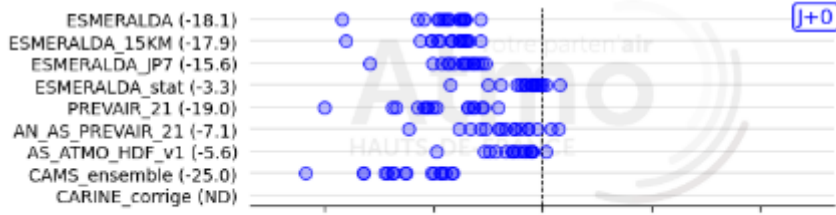
24 mars 2022

Ecart modèle-mesure ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) pour les moyennes journalières



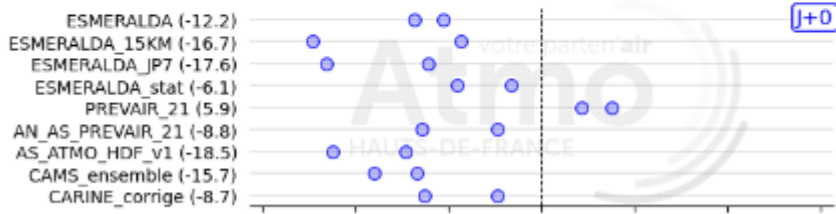
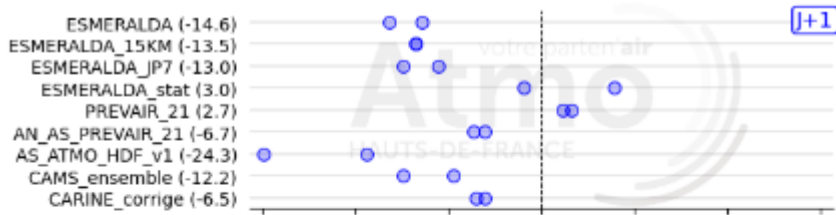
25 mars 2022

Ecart modèle-mesure ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) pour les moyennes journalières



26 mars 2022

Ecart modèle-mesure ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) pour les moyennes journalières



28 mars 2022

Ecart modèle-mesure ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) pour les moyennes journalières

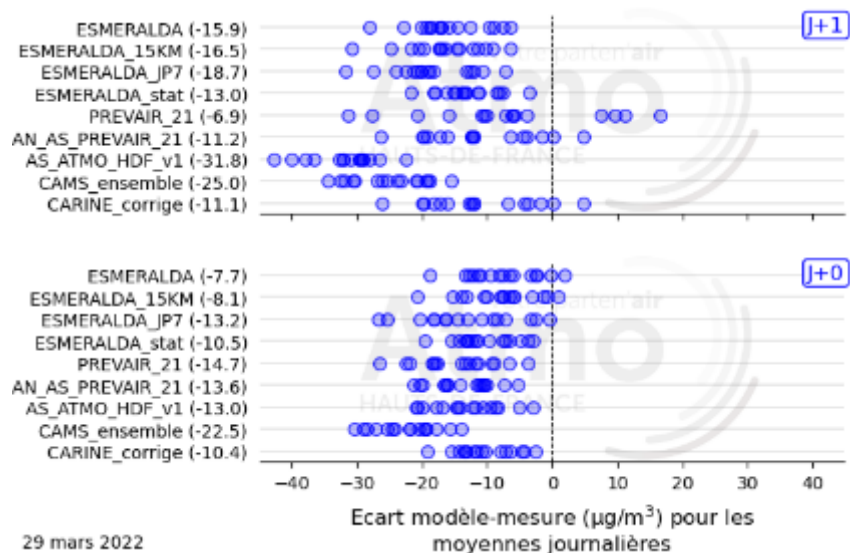


Figure 62 : Ecart entre les moyennes journalières en PM₁₀ mesurées et celles estimées par les modèles, pour les stations de fond qui ont atteint ou dépassé le seuil d'information et de recommandation. Pour chaque modèle, le nombre entre parenthèse indique l'écart moyen modèle-mesure pour ces stations. "ND" signifie "modèle non-disponible".

IV. Conclusion

En résumé, cet épisode est caractérisé par de sources multiples, émissions locales (chauffage au bois et trafic) sur le début d'épisode et également des particules secondaires (nitrate d'ammonium et aérosols organiques secondaires). En plus des émissions de notre territoire, cet épisode s'explique également par une arrivée de masse d'air chargée en particules provenant de l'Est. Le début (21 mars) et la fin (29 mars) n'ont pas été prévues par les prévisionnistes d'Atmo Hauts-de-France, en revanche cet épisode a été bien suivi et prévu du 22 mars à 28 mars le jour même et la veille.



15/06

16/06

17/06

I. Synthèse météorologique

Le territoire des Hauts-de-France est touché par une vague de chaleur. Les températures maximales sont comprises entre 21 et 23 °C sur le littoral et montent jusqu'à 28 – 29 °C vers le 17 juin. A l'intérieur des terres les températures sont aussi élevées, entre 26 et 31 °C.

Les vents sont de direction nord à nord-est au début, avec des vitesses relativement faibles à l'intérieur des terres (≈ 5 à 10 km/h) et ils tournent à la direction sud à sud-est vers le 17 juin.

Les jours sont ensoleillés avec quelques nuages hauts. Cela favorise la formation d'ozone.

Les masses d'air arrivant dans les

Hauts-de-France le 16 juin 2022 ont recirculé sur une zone couvrant la Belgique, les Pays-Bas, et la mer du Nord. La recirculation est souvent propice à l'accumulation des polluants.

Le 18 juin, les vents basculent au secteur nord-est, se renforcent (20 - 30 km/h) et sont accompagnés de rafales. Des précipitations sont arrivées sur la région le 19 juin avec des cumuls compris entre 2 mm à Creil et 7 mm sur le littoral.

Les températures sont en baisse avec des maximales entre 20 – 21 °C à Lille et 14 et 16 °C sur la côte.

Les conditions météorologiques restent dispersives, les masses d'air qui arrivent sur la région proviennent de la mer du Nord et l'épisode prend fin ce jour-là.

7.5. Episode de pollution O₃ du 15 au 17 juin 2022

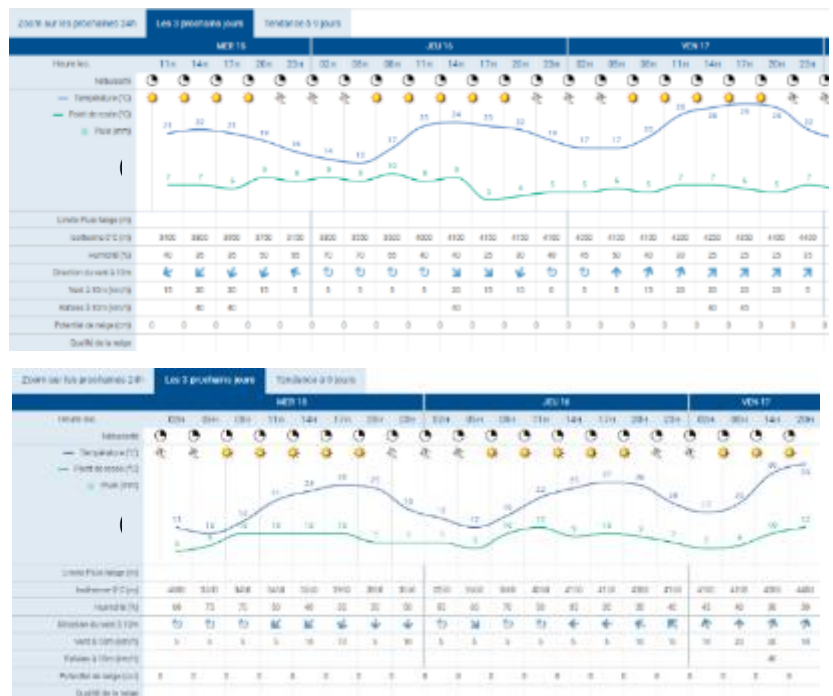


Figure 63 : Conditions météorologiques à (a) Calais et (b) Béthune pour les journées de 15-17/06/2022.

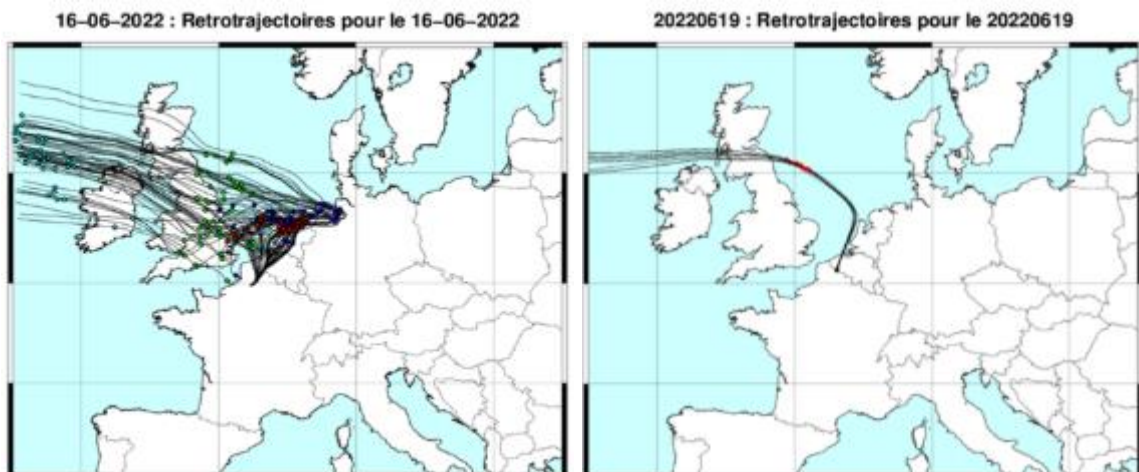


Figure 64 : Rétro-trajectoires des masses d'air arrivant à Amiens le 16 juin 2022 (gauche) et à Lille le 19 juin 2022 (droite).

II. Synthèse qualité de l'air

Le fort ensoleillement et les températures élevées rencontrées depuis le début de la semaine favorisent la hausse des concentrations en ozone. Les concentrations journalières enregistrées dans la région montrent une augmentation entre le 14 et 15 juin, de l'ordre de 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Les concentrations horaires maximales en ozone la journée du 16 juin varient entre 130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et montent jusqu'à 220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ le

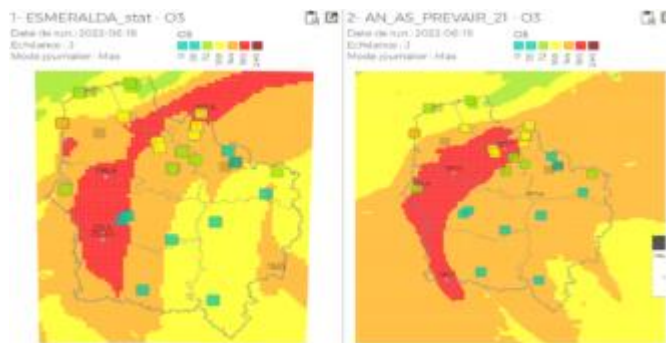


Figure 65 : Prévisions des concentrations d'ozone par les modèles.

17 juin, où les valeurs le plus élevées sont enregistrées dans le Nord et le Pas-de-Calais sur la côte. Pour la journée de 18 juin, les concentrations horaires maximales en ozone sont autour de 150-160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les 5 départements de la région. Les modèles ont montré une poche de concentrations en ozone à l'Oise jusqu'au département du Nord avec de dépassement du seuil d'information et de recommandation, mais ce niveau n'a été pas constaté sur aucune des départements.

Tableau 16 : (a) Max des moyennes journalières d'ozone du 14 au 18 juin

	Nord	Pas-de-Calais	Somme	Aisne	Oise
14/06/2022	84.5	84.4	73.2	76.2	75.5
15/06/2022	111.9	105.1	100	102.5	98.7
16/06/2022	101	112.4	99.3	100	104
17/06/2022	126.2	136.8	116.6	91.8	109.5
18/06/2022	105.4	101.4	94.3	75.6	72.1

(b) Max des concentrations horaires d'ozone du 14 au 18 juin

	Nord	Pas-de-Calais	Somme	Aisne	Oise
14/06/2022	125.5	127.2	112	124.7	109.5
15/06/2022	184.3	172.6	155.7	146.3	138.4
16/06/2022	161.4	161	156.7	146.7	137.1
17/06/2022	178.8	193.5	193.9	128.8	224.1
18/06/2022	160.1	151.8	134.7	143.5	142.7

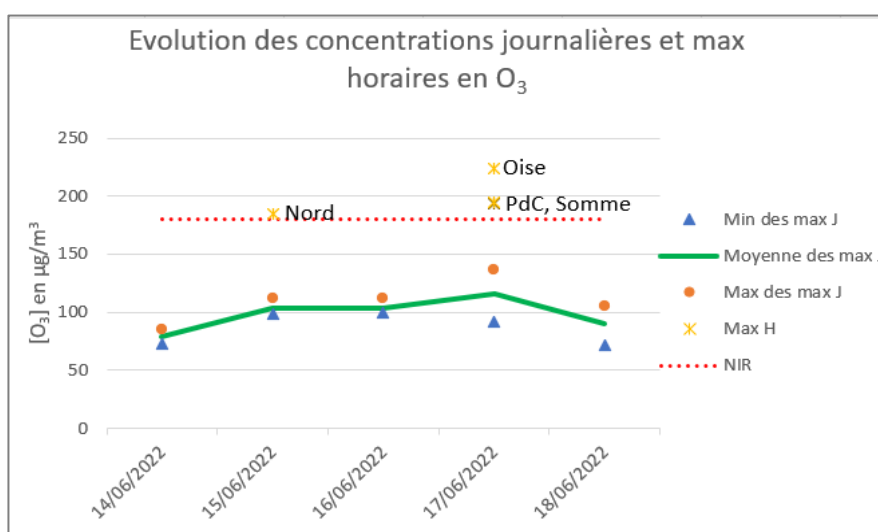


Figure 66 : Evolution des concentrations en O_3 sur HdF.

III. Synthèse modélisation

a. Critères AMU

L'épisode n'a pas été anticipé le 15 juin et a été constaté le lendemain. Le niveau de recommandation et d'information a été activé pour le département du Nord. De plus, un épisode a été prévu pour le 16, le 17 et le 18 juin et le niveau d'alerte en persistance a été activé pour les départements du Pas-de-Calais, du Somme et de l'Oise, mais il n'a été constaté que pour le 17 juin. Les tableaux avec les détails en prévisions et constats des critères AMU par les modèles et par les prévisionnistes d'Atmo Hauts-de-France, pour les jours J-1, J et J+1 se trouvent sur Annexe 3.

*Tableau 17 : Prévisions et constats d'Atmo Hauts-de-France pour les épisodes de pollution d'ozone par des prévisionnistes d'Atmo Hauts-de-France. **P/C** indique un épisode prévu la veille et/ou le jour même et constaté le lendemain (bonne détection). **P/C*** indique un épisode prévu la veille et/ou le jour même et constaté le lendemain, mais pas avec le même seuil (niveau d'information et de recommandation prévu mais niveau d'alerte constaté et/ou l'inverse). **P/NC** indique un épisode prévu la veille et/ou le jour même mais pas constaté le lendemain (fausse détection). **NP/C** indique un épisode prévu ni la veille ni le jour même mais constaté le lendemain (non-détection). **RAS** indique « Rien A Signaler ».*

Date	Echéance	Nord	Pas-de-Calais	Somme	Aisne	Oise
15/06/2022	J-1 pour J	NP/C	RAS	RAS	RAS	RAS
	J pour J	NP/C	RAS	RAS	RAS	RAS
	Constat	NIR	RAS	RAS	RAS	RAS
16/06/2022	J-1 pour J	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS
	J pour J	P/NC	P/NC	P/NC	P/NC	P/NC
	Constat	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS
17/06/2022	J-1 pour J	P/NC	P/C	P/C	P/NC	P/C
	J pour J	P/NC	P/C	P/C	RAS	P/C
	Constat	RAS	NAP	NAP	RAS	NAP

b. Comparaison modèle – mesure

L'écart entre les moyennes journalières en O₃ mesurées et celles estimées par les modèles, pour les stations de fond qui ont atteint ou dépassé le seuil d'information et de recommandation est présenté sur la figure suivante pour le jour même et le lendemain. Tous les modèles disponibles le 17 juin avaient sous-estimé la valeur max journalière, avec un écart de -62.8 µg/m³ (AS_ATMO_HDF_v1 : -52.0 µg/m³) à -24.4 µg/m³ pour la prévision à J+1 et de -61.0 µg/m³ à -21.0 µg/m³ pour la prévision à J (AS_ATMO_HDF_v1 : -39.1 µg/m³).

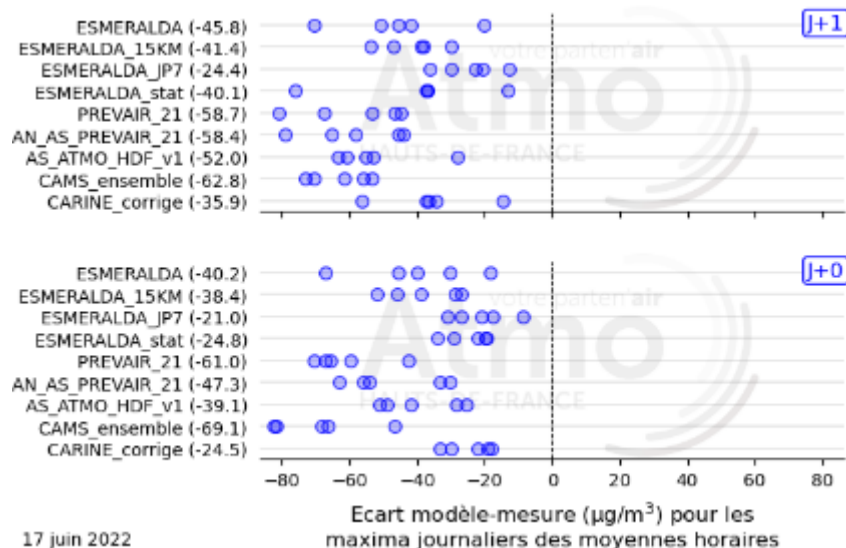


Figure 67 : Ecart entre les moyennes journalières en O₃ mesurées et celles estimées par les modèles, pour les stations de fond qui ont atteint ou dépassé le seuil d'information et de recommandation. Pour chaque modèle, le nombre entre parenthèse indique l'écart moyen modèle-mesure pour ces stations. "ND" signifie "modèle non-disponible".

IV. Conclusion épisode

Cette situation a été identifiée à risque, en raison des températures, de l'ensoleillement élevé qui favorisent la formation photochimique de l'ozone dans l'atmosphère ainsi que de l'apport de masses d'air chargé en ozone, parmi d'autres polluants, en provenance de la région parisienne (déclenchement du niveau d'alerte sur persistance pour 17 et 18 juin sur cette région). Un dépassement du seuil d'information et de recommandation de l'ozone a été constaté le 15 juin 2022 dans le département du Nord et plus particulièrement dans la Métropole Européenne de Lille. Ce dépassement n'a pas été prévu ni par les modèles ni par les prévisionnistes d'Atmo Hauts-de-France. Cependant, l'épisode du 17 juin a été bien prévu par les prévisionnistes d'Atmo Hauts-de-France le jour même et la veille.



7.6. Episode de pollution O₃ du 18 juillet 2022

18/07

I. Synthèse météorologique

Le territoire des Hauts-de-France se trouve sous des conditions d'une vague de chaleur le 18 juillet, avec les températures maximales qui touchent les 35 °C à l'intérieur des terres et qui montent jusqu'à 38 °C le 19 juillet.

Les vents sont de direction sud à sud-est, avec des vitesses relativement faibles (≈ 5 à 10 km/h).

Les jours sont ensoleillés avec quelques nuages hauts, ce qui favorise la formation d'ozone.

Les masses d'air arrivant dans les Hauts-de-France ont recirculé sur la Belgique.

En revanche, le 19 juillet, les conditions sont relativement dispersives (vents plus forts, ≈ 20 à 25 km/h) ne favorisant pas le dépassement du seuil d'information et de recommandation, malgré les fortes températures.

20220718 : Retrotrajectoires pour le 20220718



Figure 68 : Rétro-trajectoires des masses d'air arrivant à Lille le 18 juillet 2022.

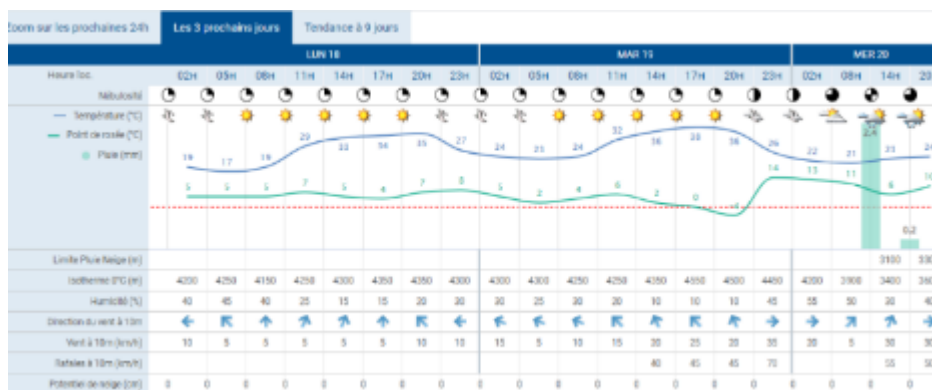


Figure 69 : Conditions météorologiques à Lille pour les journées de 18-20/07/2022.

II. Synthèse qualité de l'air

Aucun dépassement en station n'a été constaté pour la journée du 18 juillet 2022. En revanche, tous les modèles constatent un dépassement du seuil d'information et de recommandation dans le secteur sud-ouest de l'Oise. Ce seuil est également dépassé à la station "zone rurale nord" en Ile-de-France et à 3 stations de l'agglomération de Rouen ("base de loisir Poses", "Mesnil Esnard", et "Centre Hospitalier"). Compte tenu des dépassements en station en Normandie et Ile de France, le constat par modélisation est validé.

Tableau 18 : (a) Max des moyennes journalières d'ozone du 17 au 19 juillet					
	Nord	Pas-de-Calais	Somme	Aisne	Oise
17/07/2022	86.6	87	82.8	83	83.8
18/07/2022	107.6	109.3	106.5	93.7	82.5
19/07/2022	114	122.1	120.1	104.9	100
Tableau 18 : (b) Max des concentrations horaires d'ozone du 17 au 19 juillet					
	Nord	Pas-de-Calais	Somme	Aisne	Oise
17/07/2022	127.5	125.1	121.7	117.8	113.3
18/07/2022	169.7	148.0	147.5	135.7	144.2
19/07/2022	147.9	161.4	170.6	145.4	151.9

III. Synthèse modélisation

a. Critères AMU

L'épisode n'a pas été anticipé le 18 juillet et il a été constaté le lendemain. Aucun dépassement en station n'a été constaté. En revanche, tous les modèles constatent un dépassement du seuil d'information et de recommandation dans le secteur sud-ouest de l'Oise. Les tableaux avec les détails en prévisions et constats des critères AMU par les modèles et par les prévisionnistes d'Atmo Hauts-de-France, pour les jours J-1, J et J+1 se trouvent sur Annexe 3.

Tableau 19 : Prévisions et constats d'Atmo Hauts-de-France pour les épisodes de pollution d'ozone par des prévisionnistes d'Atmo Hauts-de-France. **P/C** indique un épisode prévu la veille et/ou le jour même et constaté le lendemain (bonne détection). **P/C*** indique un épisode prévu la veille et/ou le jour même et constaté le lendemain, mais pas avec le même seuil (niveau d'information et de recommandation prévu mais niveau d'alerte constaté et/ou l'inverse). **P/NC** indique un épisode prévu la veille et/ou le jour même mais pas constaté le lendemain (fausse détection). **NP/C** indique un épisode prévu ni la veille ni le jour même mais constaté le lendemain (non-détection). **RAS** indique « Rien A Signaler ».

Date	Echéance	Nord	Pas-de-Calais	Somme	Aisne	Oise
18/07/2022	J-1 pour J	RAS	RAS	RAS	RAS	NP/C
	J pour J	RAS	RAS	RAS	RAS	NP/C
	Constat	RAS	RAS	RAS	RAS	NIR

b. Comparaison modèle – mesure

L'épisode n'a pas été anticipé le 18 juillet et il a été constaté le lendemain. Aucun dépassement en station n'a été constaté. En revanche, tous les modèles constatent un dépassement du seuil d'information et de recommandation dans le coin sud-ouest de l'Oise.

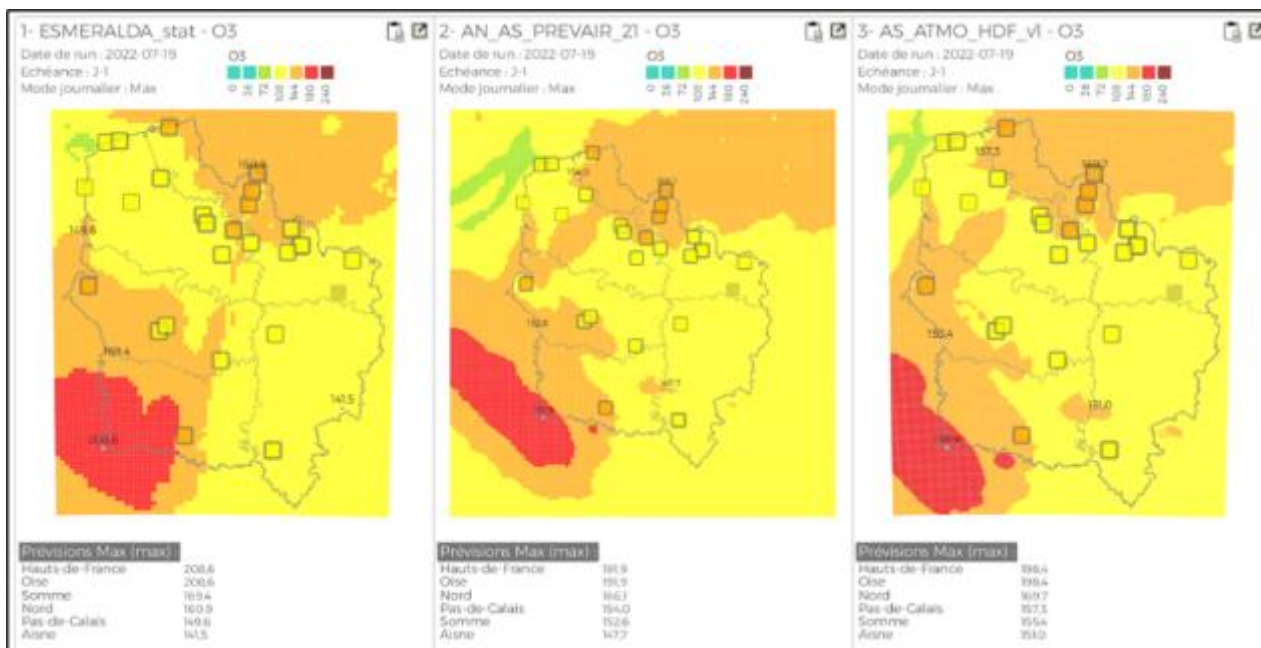


Figure 70 : Prévion Esmeralda Stat, Prev'Air AS, et Atmo AS le 19 juillet pour la journée du 18 juillet 2022.

IV. Conclusion épisode

L'épisode n'a pas été anticipé le 18 juillet et il a été constaté le lendemain.



19/07

7.7. Episode de pollution PM₁₀ du 19 juillet 2022

I. Synthèse météorologique

Le territoire des Hauts-de-France se trouve sous des conditions d'une vague de chaleur le 18 juillet, avec les températures maximales qui touchent les 37 °C à l'intérieur des terres et qui montent jusqu'à 39 °C le 19 juillet.

Les vents sont de direction est à sud-est, avec des vitesses relativement faibles pendant la nuit (≈ 5 à 10 km/h) qui renforcent la journée du 19 juillet. Les conditions donc sont relativement dispersives (vitesses de vents 20 à 25 km/h).

Les profils verticaux de température à Amiens montrent des inversions thermiques en cours et en fin de nuit, se résorbant en journée.

Les masses d'air arrivant dans les Hauts-de-France ont recirculé sur l'Allemagne et sur la partie est de la France, ce qui peut conduire à une masse d'air chargée en particules.

Le 20 juillet, la pluie est arrivée dans la région, entraînant la baisse des concentrations et la fin de l'épisode de pollution particulaire.

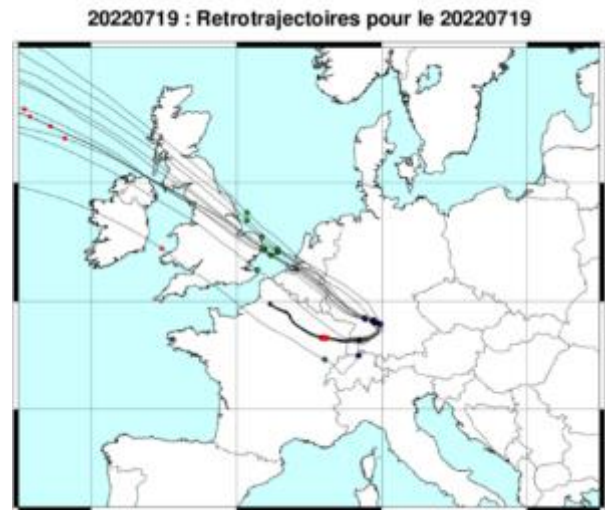


Figure 71 : Rétro-trajectoires des masses d'air arrivant à Amiens le 19 juillet 2022.

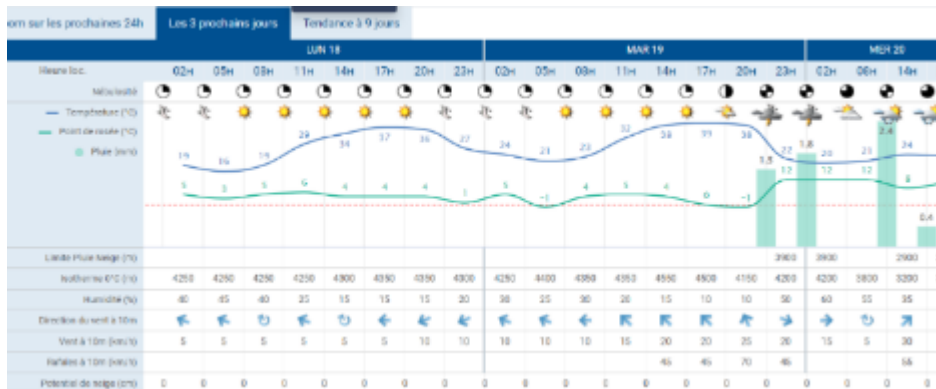


Figure 72 : Conditions météorologiques à Amiens pour les journées de 18-

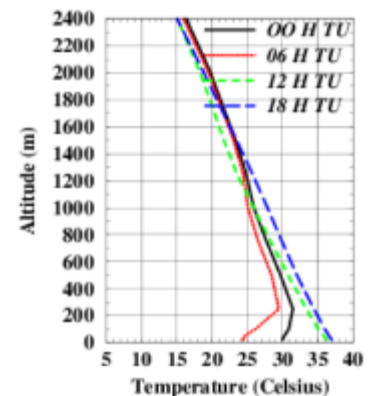


Figure 73 : Profils verticaux de température à Amiens le 19/07/2022

II. Synthèse qualité de l'air

Un seul dépassement en station a été observé à Arrest (RU3) dans la Somme, avec une moyenne journalière en PM₁₀ égale à 52.9 µg/m³.

Tableau 20 : Max des moyennes journalières en particules PM ₁₀ du 18 au 30 juillet					
	Nord	Pas-de-Calais	Somme	Aisne	Oise
18/07/2022	27.9	31.3	30.2		21.6
19/07/2022	44.6	42.6	52.9		43.7
20/07/2022	33.1	29.7	39.7	29.5	24.7

Une hypothèse (non vérifiée) pour expliquer ce dépassement, est le passage d'un panache de fumées issues des feux de forêt qui a touché le sud-ouest de la France à cette période. En effet, quelques éléments suggèrent qu'un tel panache est passé dans l'ouest de la région Hauts-de-France dans la soirée du 19/07. Par exemple, une hausse des concentrations en PM_{2.5} et PM₁₀ est observée à Creil vers 18h TU et à Malo-les-Bains vers 20h TU.

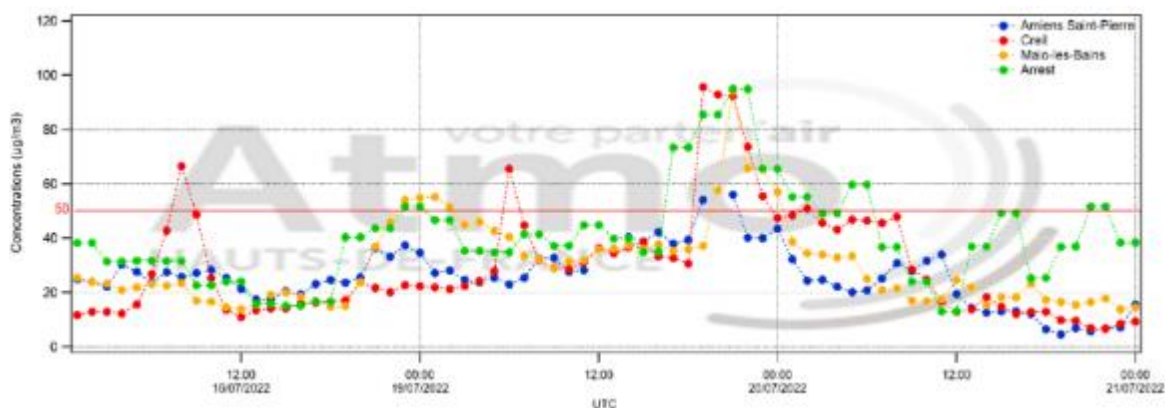


Figure 75: Données ACSM des AASQAs, consultées le 20/07/2022



Figure 75 : Moyennes horaires en particules PM₁₀ du 18 au 20 juillet

De plus, l'ACSM de Paris indique une hausse des concentrations en composés organiques dans les PM₁ le 19 juillet au soir.

En revanche, quelques éléments ne sont pas totalement cohérents avec cette hypothèse :

- La hausse des concentrations en PM2.5 à Arrest était relativement faible (max horaire 33.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
- Les mesures de black carbon ne suggèrent pas non plus de contribution importante de la combustion de biomasse (BCwb).
- L'ACSM à Calais n'indique pas de hausse particulière en composés organiques dans les PM1

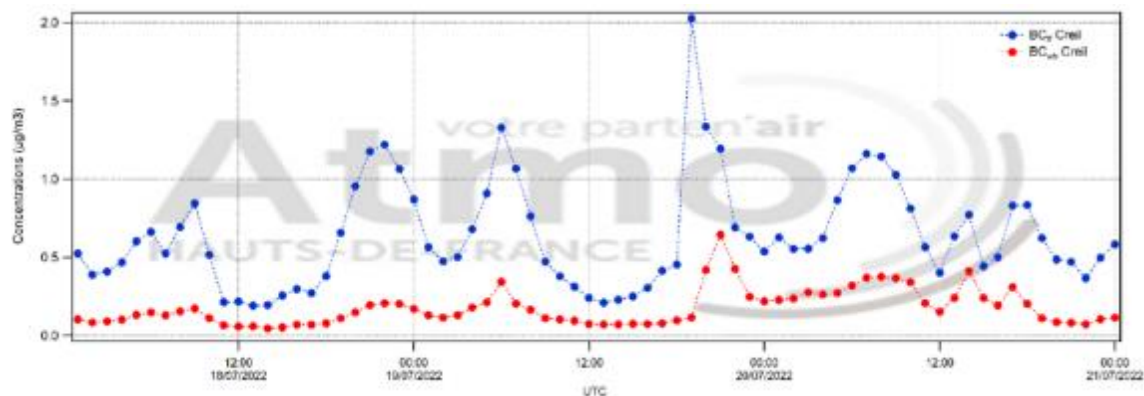


Figure 77 : Moyennes horaires en BC_{ff} et BC_{wh} du 18 au 20 juillet à Creil

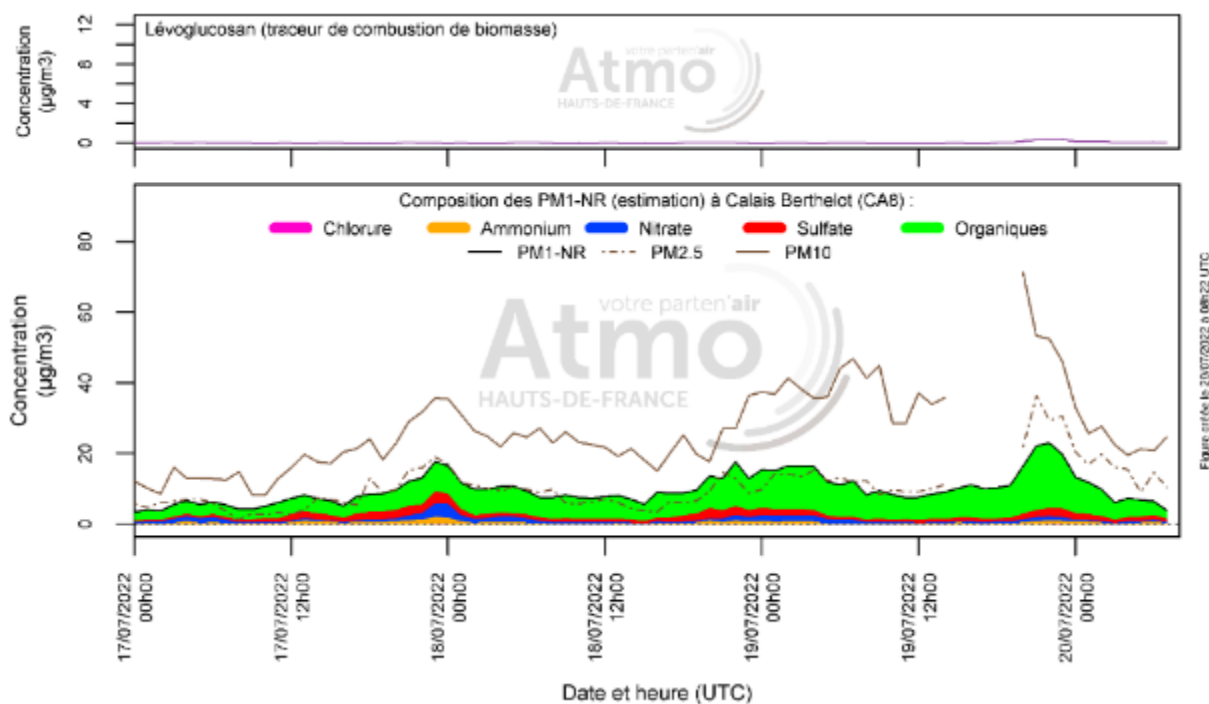


Figure 77 : Mesures de l'ACSM à Calais (station CA8)

III. Synthèse modélisation

a. Critères AMU

L'épisode n'a pas été anticipé le 19 juillet et il a été constaté le lendemain. Un seul dépassement en station a été observé dans le département du Somme. Les tableaux avec les détails en prévisions et constats des critères AMU par les modèles et par les prévisionnistes d'Atmo Hauts-de-France, pour les jours J-1, J et J+1 se trouvent sur Annexe 3.

Tableau 21 : Prévisions et constats d'Atmo Hauts-de-France pour les épisodes de pollution aux particules PM₁₀ par des prévisionnistes d'Atmo Hauts-de-France. **P/C** indique un épisode prévu la veille et/ou le jour même et constaté le lendemain (bonne détection). **P/C*** indique un épisode prévu la veille et/ou le jour même et constaté le lendemain, mais pas avec le même seuil (niveau d'information et de recommandation prévu mais niveau d'alerte constaté et/ou l'inverse). **P/NC** indique un épisode prévu la veille et/ou le jour même mais pas constaté le lendemain (fausse détection). **NP/C** indique un épisode prévu ni la veille ni le jour même mais constaté le lendemain (non-détection). **RAS** indique « Rien A Signaler ».

Date	Echéance	Nord	Pas-de-Calais	Somme	Aisne	Oise
19/07/2022	J-1 pour J	RAS	RAS	NP/C	RAS	RAS
	J pour J	RAS	RAS	NP/C	RAS	RAS
	Constat	RAS	RAS	NIR	RAS	RAS

b. Comparaison modèle – mesure

L'écart entre les moyennes journalières en PM₁₀ mesurées et celles estimées par les modèles, pour les stations de fond qui ont atteint ou dépassé le seuil d'information et de recommandation est présenté sur la figure suivante pour le jour même et le lendemain. Tous les modèles disponibles le 19 juillet avaient sous-estimé la moyenne journalière, avec un écart de -28.0 µg/m³ à -44.2 µg/m³ pour la prévision à J+1 (AS_ATMO_HDF_v1 : -15.6 µg/m³) et de -20.0 µg/m³ (AS_ATMO_HDF_v1) à -43.8 µg/m³ pour la prévision à J.

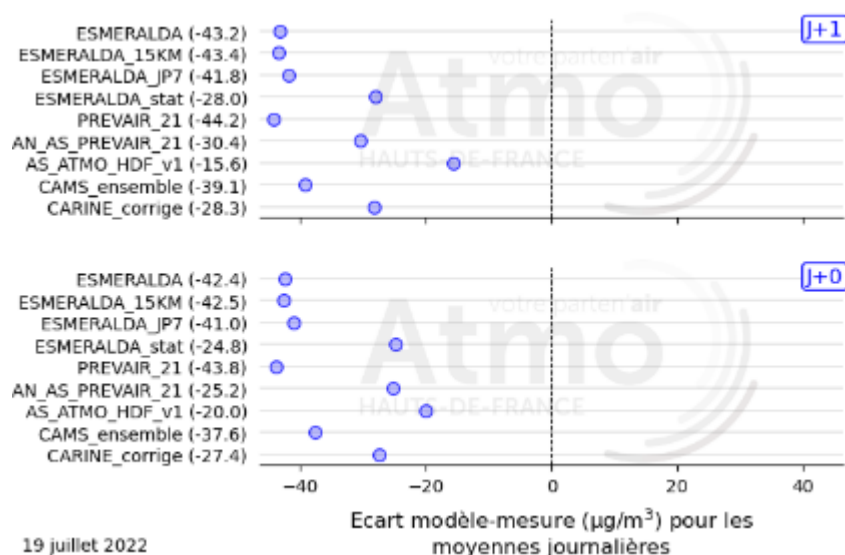


Figure 78 : Ecart entre les moyennes journalières en PM₁₀ mesurées et celles estimées par les modèles, pour les stations de fond qui ont atteint ou dépassé le seuil d'information et de recommandation. Pour chaque modèle, le nombre entre parenthèse indique l'écart moyen modèle-mesure pour ces stations. "ND" signifie "modèle non-disponible".

IV. Conclusion épisode

En résumé, cet épisode est caractérisé par de sources possiblement liées d'un passage d'un panache de fumées issues des feux de forêt qui a touché le sud-ouest de la France, il n'a pas été anticipé le 19 juillet mais il a été constaté le lendemain.



7.8. Episode de pollution O₃ du 12 août 2022

12/08

I. Synthèse météorologique

Le territoire des Hauts-de-France se trouve sous des conditions d'une vague de chaleur le 12 août, avec les températures maximales qui sont comprises entre 27 °C sur le littoral Mer du Nord et 34 °C au sud du département de l'Oise.

Les vents sont de direction est à nord-est, avec des vitesses modérées (\approx 10-20 km/h) dans les terres, et 25 km/h près du bord de mer.

Les jours sont ensoleillés, ce qui favorise la formation d'ozone en concordance avec les températures élevées.

Une dégradation nuageuse a abordé la région par le sud dans la nuit du 14 août. Les températures maximales sont restées élevées, de 27 à 32°C. Le vent s'est orienté progressivement au Sud-Ouest, 5 à 15 km/h.

Le processus photochimique de formation l'ozone dans l'atmosphère a été limité par la baisse du rayonnement solaire ce jour et les concentrations en ozone sont restées inférieures au seuil d'information et recommandations, ce qui marque la fin de cet épisode de pollution.

Température à 2m (°C) NCEP/AVN+MM5 pour le 2022-08-12 12:00TU

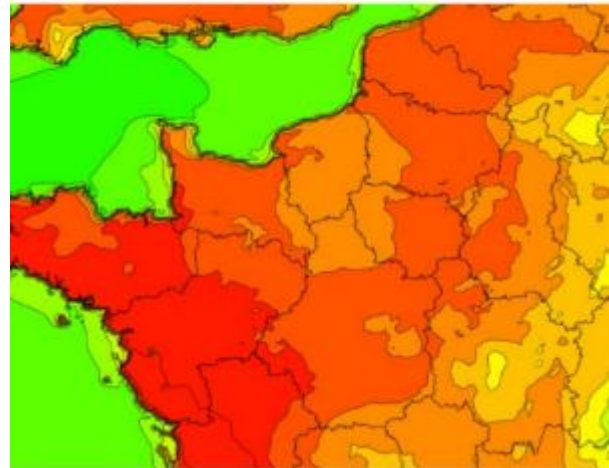


Figure 79 : Champs de température à 2 m pour le 12/08/2022.



Figure 80 : Conditions météorologiques à Lille pour les journées de 12-14/08/2022.

II. Synthèse qualité de l'air

Les concentrations horaires maximales en ozone pour la journée du vendredi 12 août varient entre 138 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et 193 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur les départements du Nord, du Pas-de-Calais et de la Somme.

Pour les départements de l'Aisne et l'Oise, les concentrations sont comprises entre 130 et 142 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les stations ayant dépassé le seuil de 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sont :

- Campagne les Boulonnais : 192.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à 18h (heures locales)
- Arrest : 182.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à 19h
- Denain : 182.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à 19h

Le constat a été fait sur les départements du Nord, du Pas-de-Calais et de la Somme. La surface de dépassement touchée est supérieure à 100km² (3695 km²).

Le 13 août, les concentrations d'ozone ont été inférieures au seuil et aucun dépassement du seuil a été constaté sur la région. Les concentrations maximales relevées en ozone ont atteint 153.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur la zone littorale, ailleurs elles étaient dans une gamme de concentrations comprises entre 115 et 145 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Les conditions météorologiques du samedi 13 ont été similaires à celle du vendredi 12, toutefois la masse d'air de samedi semble moins chargée en précurseurs. En effet une légère baisse des concentrations d'oxydes d'azote a été constaté sur la journée de samedi (notamment le matin) pouvant expliquer cette baisse de concentrations en ozone.

<i>Tableau 22 : (a) Max des moyennes journalières d'ozone du 11 au 13 août</i>					
	Nord	Pas-de-Calais	Somme	Aisne	Oise
11/08/2022	118.8	114.1	108	106.7	91
12/08/2022	127	134	121.9	106.7	81.6
13/08/2022	115.4	122.2	97.1	85.7	79.7
<i>(b) Max des concentrations horaires d'ozone du 11 au 13 août</i>					
	Nord	Pas-de-Calais	Somme	Aisne	Oise
11/08/2022	172.6	173.4	166.7	140.9	127.6
12/08/2022	182.4	192.5	182.8	142.1	130.1
13/08/2022	153.2	152.8	125.8	120.9	114.5

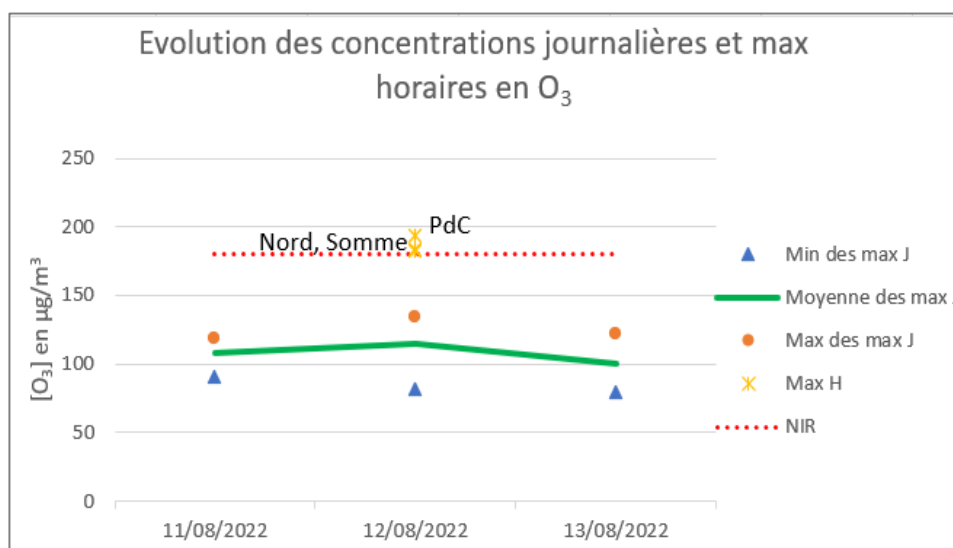


Figure 81 : Evolution des concentrations en O₃ sur HdF.

III. Synthèse modélisation

a. Critères AMU

L'épisode a été anticipé le 11 août et il a été prévu pour le 12 et le 13 août. Le niveau d'alerte sur persistance a été activé pour les départements du Nord, du Pas-de-Calais et du Somme. Les tableaux avec les détails en prévisions et constats des critères AMU par les modèles et par les prévisionnistes d'Atmo Hauts-de-France, pour les jours J-1, J et J+1 se trouvent sur Annexe 3.

Tableau 23 : Prévisions et constats d'Atmo Hauts-de-France pour les épisodes de pollution d'ozone par des prévisionnistes d'Atmo Hauts-de-France. **P/C** indique un épisode prévu la veille et/ou le jour même et constaté le lendemain (bonne détection). **P/C*** indique un épisode prévu la veille et/ou le jour même et constaté le lendemain, mais pas avec le même seuil (niveau d'information et de recommandation prévu mais niveau d'alerte constaté et/ou l'inverse). **P/NC** indique un épisode prévu la veille et/ou le jour même mais pas constaté le lendemain (fausse détection). **NP/C** indique un épisode prévu ni la veille ni le jour même mais constaté le lendemain (non-détection). **RAS** indique « Rien A Signaler ».

Date	Echéance	Nord	Pas-de-Calais	Somme	Aisne	Oise
12/08/2022	J-1 pour J	P/C	NP/C	NP/C	RAS	RAS
	J pour J	P/C	P/C	P/C	RAS	RAS
	Constat	NAP	NAP	NAP	RAS	RAS

b. Comparaison modèle – mesure

L'écart entre les moyennes journalières en O₃ mesurées et celles estimées par les modèles, pour les stations de fond qui ont atteint ou dépassé le seuil d'information et de recommandation est présenté sur la figure suivante pour le jour même et le lendemain. Tous les modèles disponibles le 12 août avaient sous-estimé la maximum horaire, avec un écart de -54.1 µg/m³ à -32.5 µg/m³ pour la prévision à J+1 (AS_ATMO_HDF_v1 : -35.0 µg/m³) et de -52.7 µg/m³ à +1.0 µg/m³ pour la prévision à J (AS_ATMO_HDF_v1 : -31.2 µg/m³).

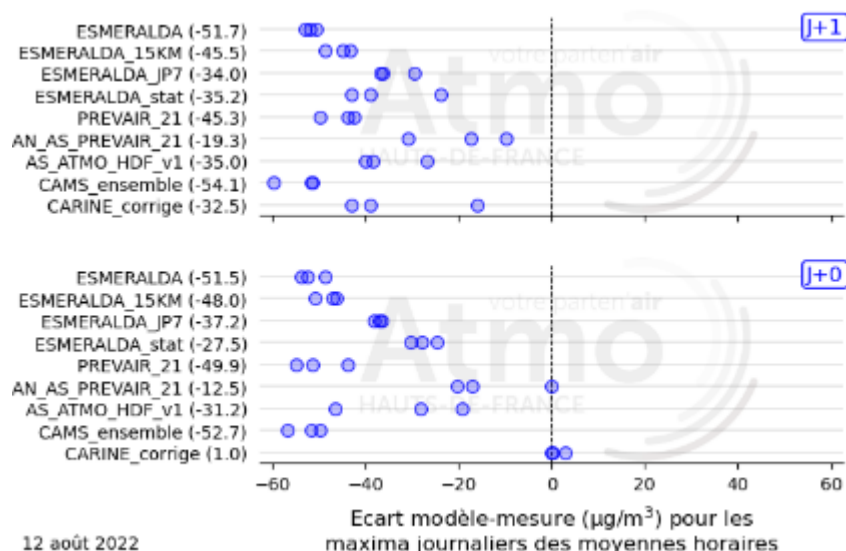


Figure 82 : Ecart entre les moyennes journalières en O₃ mesurées et celles estimées par les modèles, pour les stations de fond qui ont atteint ou dépassé le seuil d'information et de recommandation. Pour chaque modèle, le nombre entre parenthèse indique l'écart moyen modèle-mesure pour ces stations. "ND" signifie "modèle non-disponible".

IV. Conclusion épisode

Cette situation a été identifiée à risque, en raison des températures, de l'ensoleillement élevé qui favorisent la formation photochimique de l'ozone dans l'atmosphère et il a bien été prévu par les prévisionnistes d'Atmo Hauts-de-France.

7.9. Episode de pollution PM₁₀ du 14 au 17 décembre 2022



I. Synthèse météorologique

Le territoire national se trouve en situation météorologique peu propice à la dispersion des polluants :

Les vents sont très faibles (5 km/h) de directions variables jusqu'au 16 décembre. Ensuite, la direction bascule sur le sud avec un faible renforcement.

Les températures froides ont provoqué des inversions nocturnes identiques pendant toute la période d'épisode. Les températures se situent autour de -4°C et les maximales s'élèvent autour de 0°C dans l'intérieur de la région.

La hauteur de couche limite est restée basse toute la période du 14 à 17 décembre (< 400 m), plus particulièrement sur la partie Nord-Est de la région.

Les rétro-trajectoires indiquent une circulation des masses d'air en provenance de l'Allemagne et la Belgique avant arriver sur la région. Elles peuvent donc se charger en particules.

À partir du 18 décembre 2022, les conditions de dispersion se sont améliorées en lien avec la présence d'une perturbation sur l'ensemble de la région :

- Les vents soutenus provenant du sud (20 à 30 km/h avec des rafales localement)
- Les précipitations sont arrivées
- Les températures ont progressivement augmenté.

Ces conditions favorisent l'amélioration de la situation et la dispersion des polluants, et l'épisode prend fin à ce jour-là.

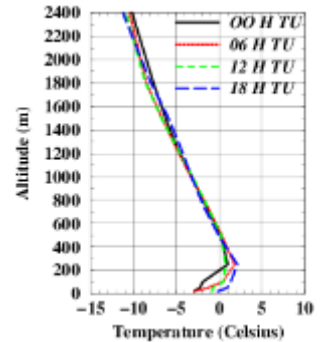


Figure 83 : Profils verticaux de température à Lille le 15/12/2022.



Figure 84 : Rétro-trajectoires des masses d'air arrivant à Lille le 15/12.

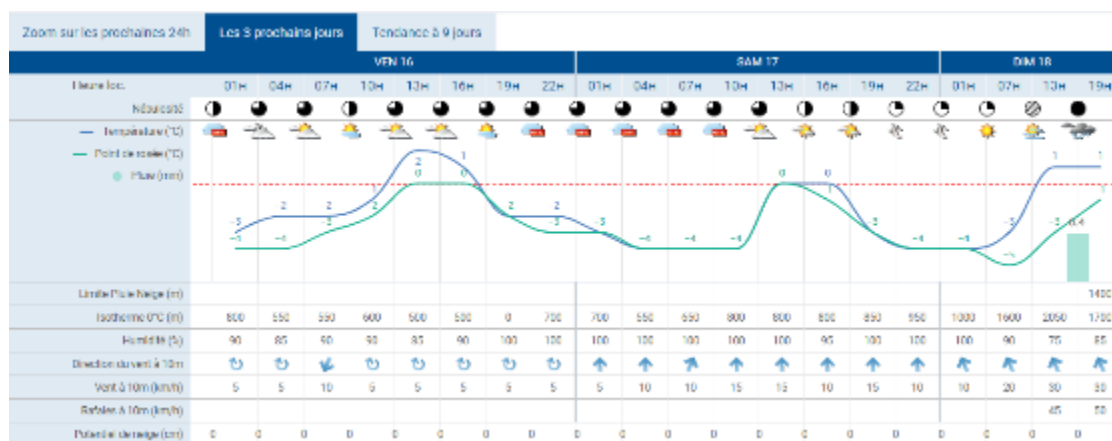


Figure 85 : Conditions météorologiques à Lille pour les journées de 16-18/12/2022.

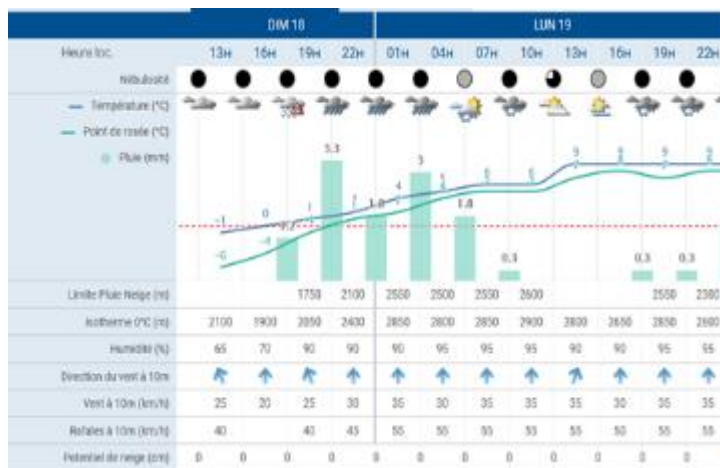


Figure 86 : Conditions météorologiques à Lille pour les journées de 18-19/12/2022.

II. Synthèse qualité de l'air

Pour la journée du 14 décembre 2022, des dépassements du seuil d'information et de recommandation de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière pour les PM_{10} ont été constatés sur les stations du département du Nord (Malo-les-Bains et Lille) et du Pas-de-Calais (Béthune, Calais-Parmentier et Saint-Omer). Ensuite, les concentrations des PM_{10} ont continué à augmenter, franchissant le seuil d'alerte ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) le 15 décembre sur le département du Nord. La région lilloise et le bassin minier sont les plus impactées par l'import de particules provenant de la Belgique voisine.

En ce qui concerne le 16 décembre, les concentrations restent élevées dans le Nord et Pas de Calais, et elles commencent à baisser à partir du 17 décembre, en restant proche du seuil d'information et de recommandation, mais sans le dépasser. Le 18 décembre, les concentrations de PM_{10} sont restées autour de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, et l'épisode prend fin ce jour-là.

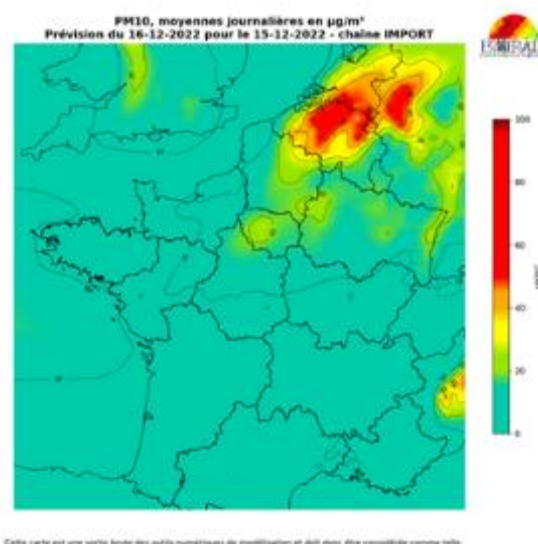


Figure 87 : Modélisation des concentrations en particules importées (source esmeralda) pour le 15/12.

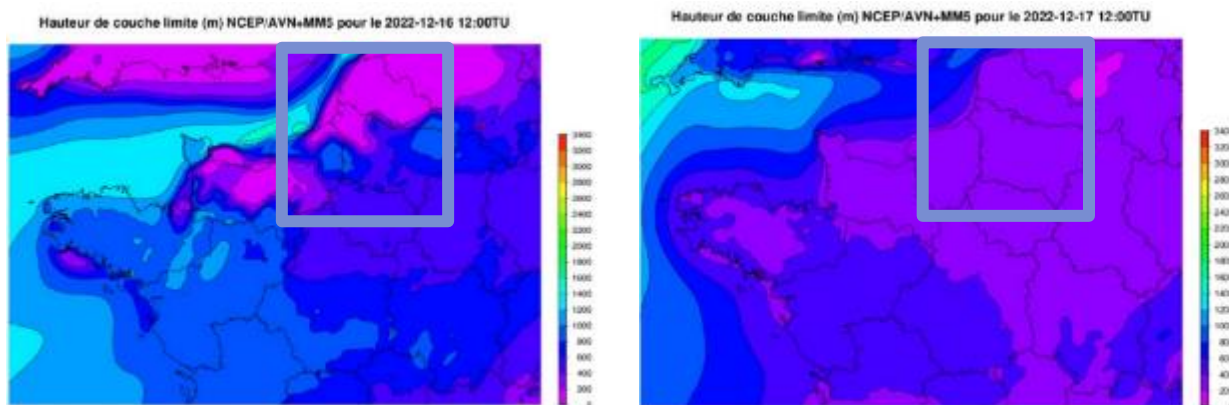


Figure 88 : Hauteur de couche limite sur la région Hauts-de-France le 16/12/2022 (gauche) et 17/12/2022 (droite).

Tableau 24 : Max des moyennes journalières en particules PM₁₀ du 13 au 18 décembre

	Nord	Pas-de-Calais	Somme	Aisne	Oise
13/12/2022	37.6	39.7	23.4	21.3	28.4
14/12/2022	57.7	57.1	38.5	24.9	32.1
15/12/2022	99.3	57.6	45.0	36.2	38.5
16/12/2022	71.9	47.7	38.7		
17/12/2022	46.8	42.3	26.9	23.1	
18/12/2022	34.5	33	28.7	28.5	

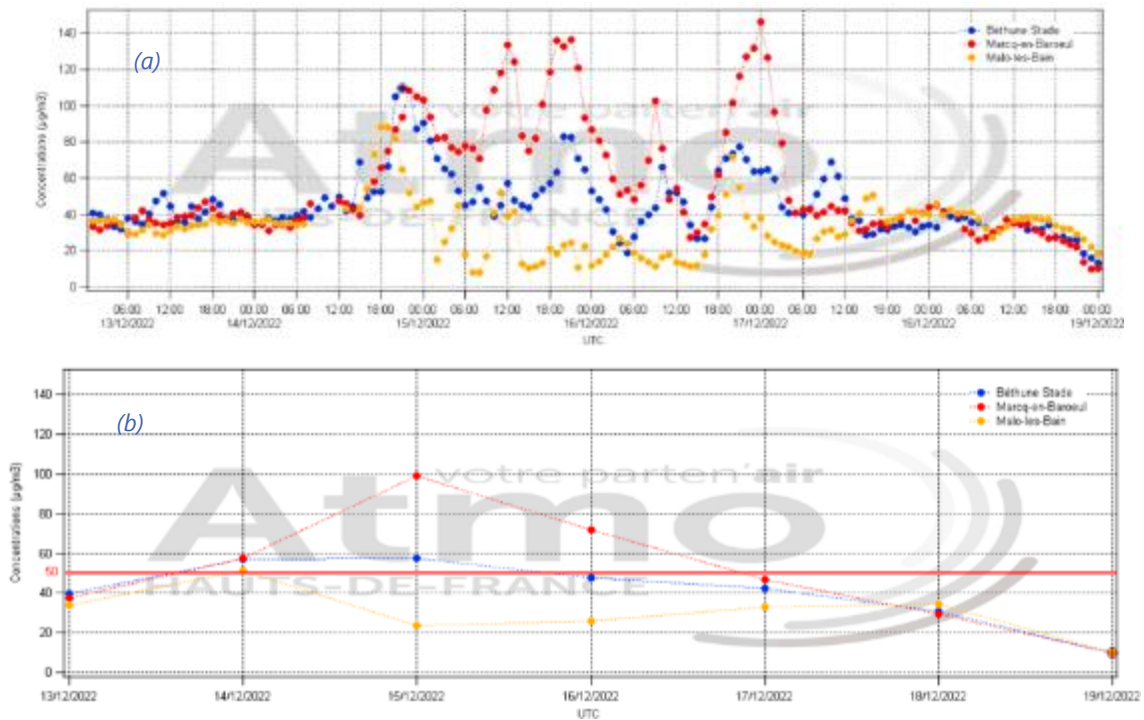


Figure 89 : Moyennes (a) horaires et (b) journalières en particules PM₁₀ du 13 au 19 décembre.

Les données ACSM (mesures en continu de la composition chimique des particules PM₁) de Calais sont représentées sur le graphe ci-dessous. Elles indiquent une contribution importante en nitrate (NO₃⁻) et en sulfate (SO₄²⁻). Les particules sont donc majoritairement des particules secondaires c'est-à-dire formées dans l'atmosphère à partir d'espèces gazeuses pour les jours du 14 et 15 décembre 2022.

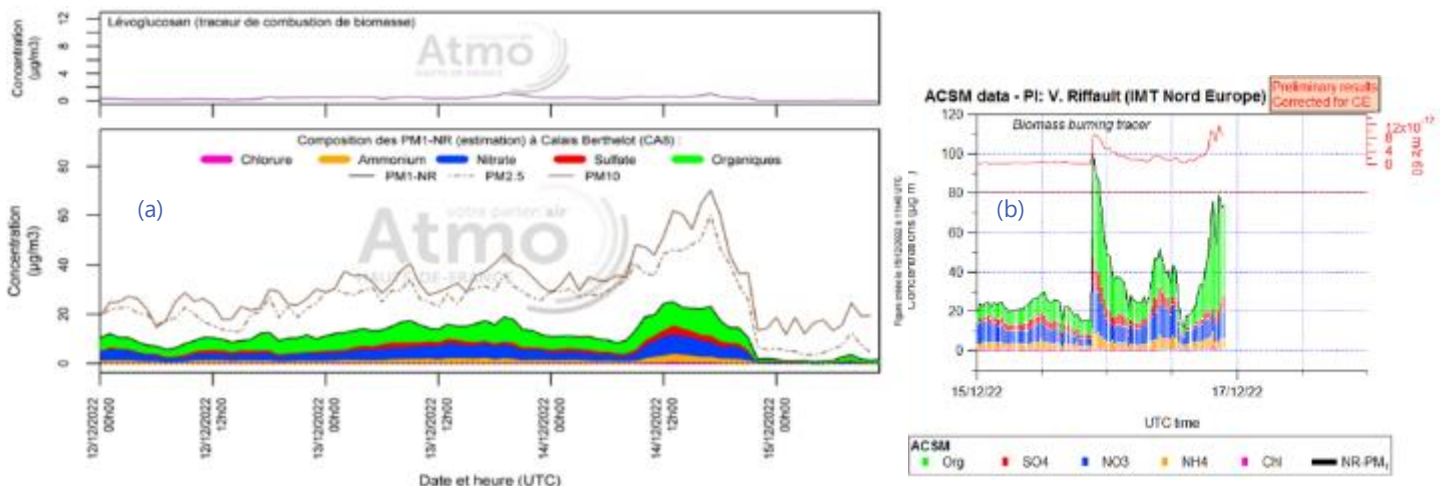


Figure 90 : Mesures ACSM – (a) Calais et (b) Villeneuve d'Ascq (source Labex CaPPA-IMT Nord-Europe).

A partir du 15 décembre, une prédominance des composés organiques (en vert sur le graphe) a été constatée. La concentration estimée en lévoglucosan (courbe rouge) qui est considéré comme un traceur de combustion de biomasse, a augmenté depuis la nuit du 15 au 16 décembre à Villeneuve d'Ascq. Au niveau de la métropole de Lille, les mesures de black carbon à la station urbaine sous influence trafic de Lille Leeds ont montré une forte contribution des sources primaires (chauffage au bois et trafic routier) depuis le 14 décembre après-midi.

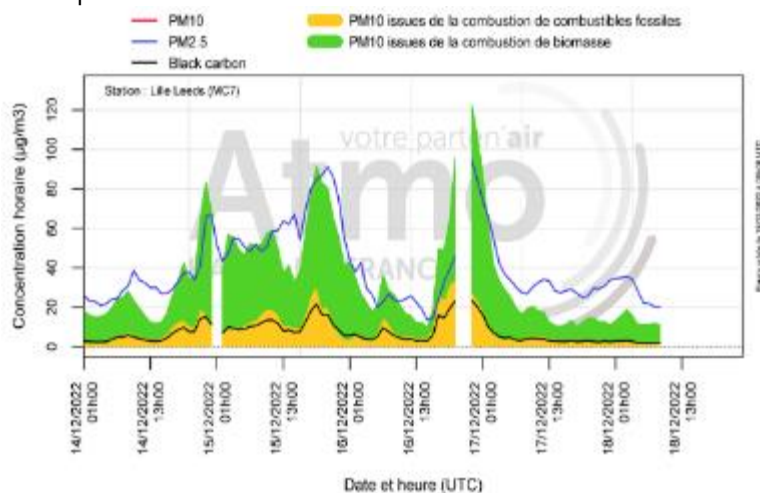


Figure 91 : Mesures black carbon – Lille Leeds

Les concentrations en black carbon ont diminué en milieu de journée vendredi 16 décembre, pour fortement réaugmenter en fin de journée et jusqu'au 17 décembre début de matinée. Les concentrations en black carbon sont ensuite restées assez stables et faibles sur le reste de la journée.

III. Synthèse modélisation

a. Critères AMU

L'épisode n'a pas été anticipé le 14 décembre et il a été constaté le lendemain. Le niveau d'alerte en persistance pour les départements du Nord et du Pas-de-Calais, ainsi que le niveau d'information et recommandation pour les départements du Somme et de l'Aisne ont été activés. Les tableaux avec les détails en prévisions et constats des critères AMU par les modèles et par les prévisionnistes d'Atmo Hauts-de-France, pour les jours J-1, J et J+1 se trouvent sur Annexe 3.

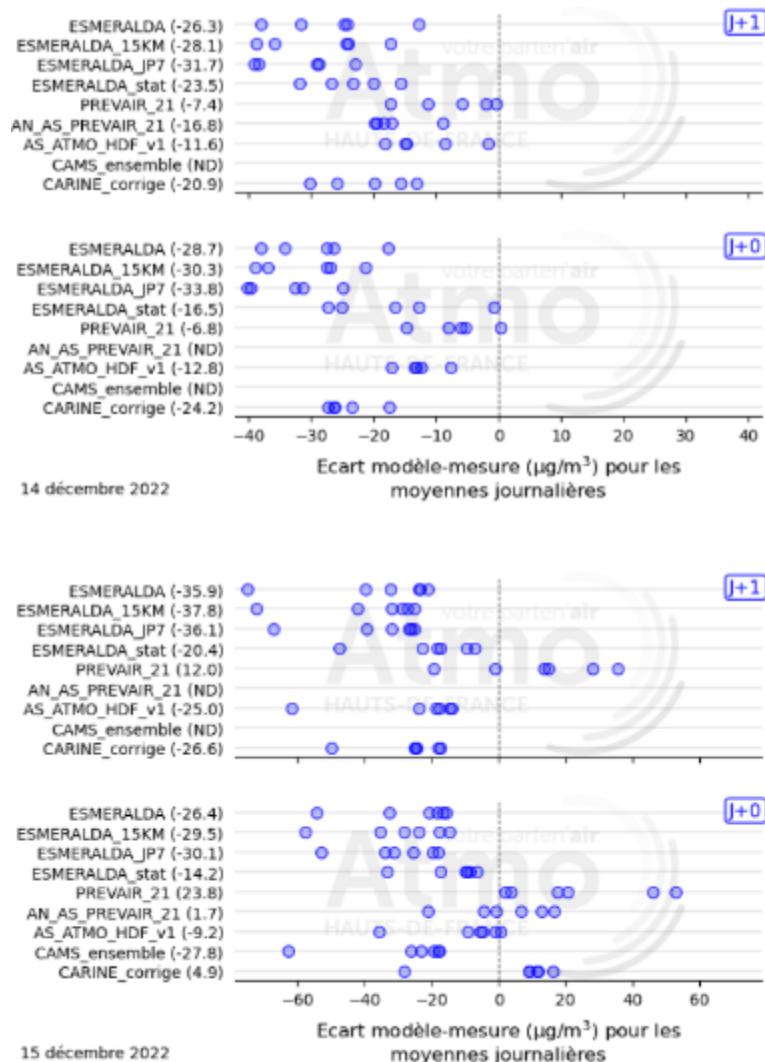
Tableau 25 : Prévisions et constats d'Atmo Hauts-de-France pour les épisodes de pollution aux particules PM₁₀ par des prévisionnistes d'Atmo Hauts-de-France. P/C indique un épisode prévu la veille et/ou le jour même et constaté le lendemain (bonne détection). P/C indique un épisode prévu la veille et/ou le jour même et constaté le lendemain, mais pas avec le même seuil (niveau d'information et de recommandation prévu mais niveau d'alerte constaté et/ou l'inverse). P/NC indique un épisode prévu la veille et/ou le jour même mais pas constaté le lendemain (fausse détection). NP/C indique un épisode prévu ni la veille ni le jour même mais constaté le lendemain (non-détection). RAS indique « Rien A Signaler ».*

Date	Echéance	Nord	Pas-de-Calais	Somme	Aisne	Oise
14/12/2022	J-1 pour J	NP/C	NP/C	RAS	RAS	RAS
	J pour J	NP/C	NP/C	RAS	RAS	RAS
	Constat	NIR	NIR	RAS	RAS	RAS
15/12/2022	J-1 pour J	NP/C	NP/C	RAS	RAS	RAS
	J pour J	P/C*	P/C	P/NC	P/NC	RAS
	Constat	NA	NAP	RAS	RAS	RAS
16/12/2022	J-1 pour J	P/C	P/C	RAS	RAS	RAS
	J pour J	P/C	P/C	RAS	RAS	RAS

	Constat	NAP	NAP	RAS	RAS	RAS
17/12/2022	J-1 pour J	P/C	RAS	RAS	RAS	RAS
	J pour J	P/C	RAS	RAS	RAS	RAS
	Constat	NAP	RAS	RAS	RAS	RAS

b. Comparaison modèle – mesure

L'écart entre les moyennes journalières en PM10 mesurées et celles estimées par les modèles, pour les stations de fond qui ont atteint ou dépassé le seuil d'information et de recommandation est présenté sur la figure suivante pour le jour même et le lendemain. Les modèles disponibles du 14 à 16 décembre avaient sous-estimé la moyenne journalière sauf quelques exceptions. Le 14/12 l'écart se trouve entre -31.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à -7.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la prévision à J+1 (AS_ATMO_HDF_v1 : -11.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et de -33.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à -6.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la prévision à J (AS_ATMO_HDF_v1 : -12.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Le 15/12 l'écart est un peu plus élevé pour le J+1 et entre -33.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à -20.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (AS_ATMO_HDF_v1 : -25.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et entre -30.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à +4.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la prévision à J (AS_ATMO_HDF_v1 : -9.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Enfin, le 16/12 l'écart est entre -40.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à +6.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le J+1 (AS_ATMO_HDF_v1 : -11.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et entre -27.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à +5.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la prévision à J (AS_ATMO_HDF_v1 : -3.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)



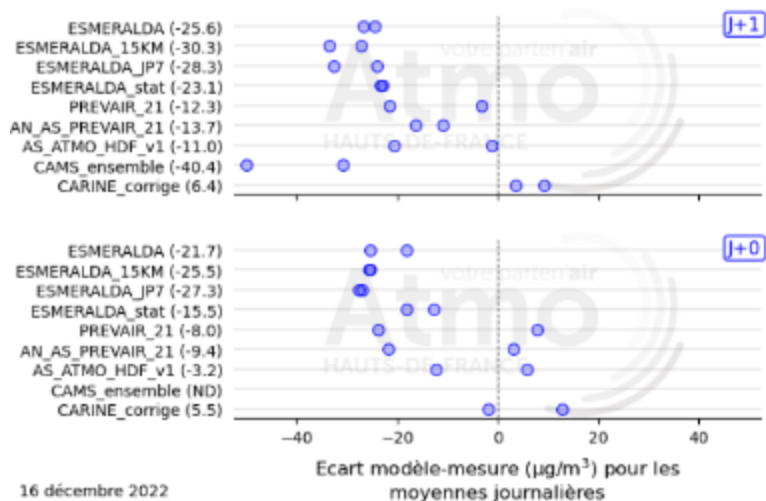


Figure 92 : Ecart entre les moyennes journalières en PM_{10} mesurées et celles estimées par les modèles, pour les stations de fond qui ont atteint ou dépassé le seuil d'information et de recommandation. Pour chaque modèle, le nombre entre parenthèse indique l'écart moyen modèle-mesure pour ces stations. "ND" signifie "modèle non-disponible".

IV. Conclusion

En résumé, la présence des composés organiques dans les particules montrent une source liée au chauffage au bois et au trafic routier. Cet épisode n'a pas été anticipé le 14 décembre et il a été constaté le lendemain, mais il a été bien prévu pour les 15, 16 et 17 décembre par les prévisionnistes d'Atmo Hauts-de-France.

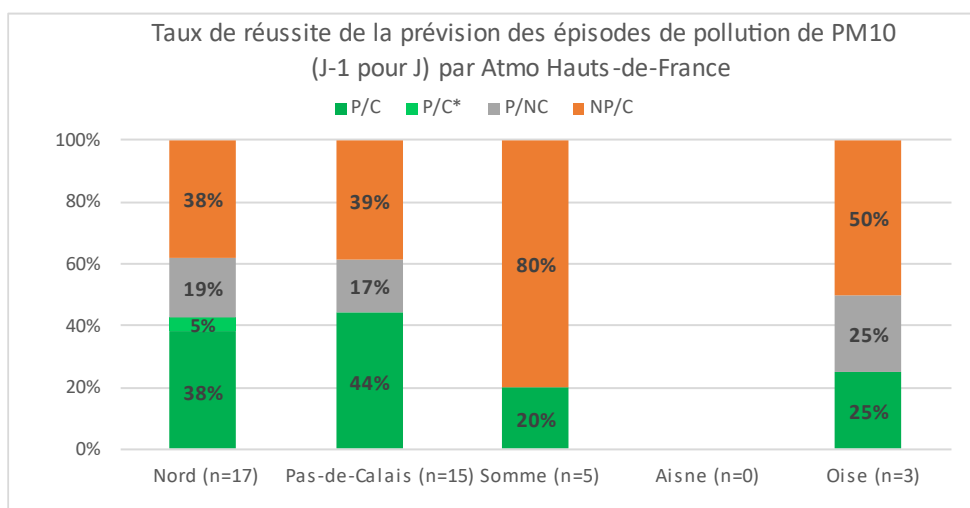
8. Evaluation des prévisions d'Atmo Hauts-de-France

Le Tableau 26 recense les prévisions et les constats d'Atmo Hauts-de-France pour les épisodes de l'année 2022.

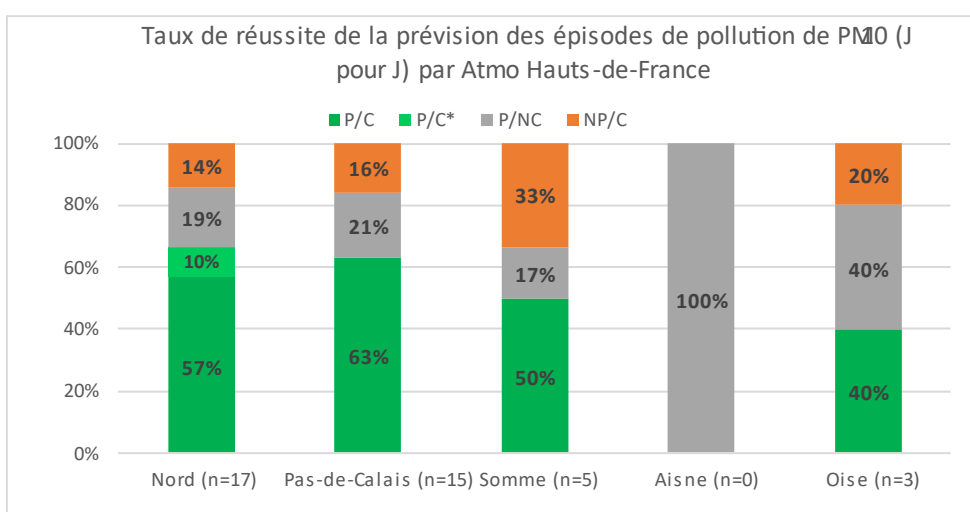
L'ensemble de ces données portent sur **les particules PM₁₀**.

Tableau 26 : Prévisions et constats d'Atmo Hauts-de-France pour les épisodes de pollution aux particules PM₁₀ sur l'ensemble de l'année 2022. **P/C** indique un épisode prévu la veille et/ou le jour même et constaté le lendemain (bonne détection). **P/C*** indique un épisode prévu la veille et/ou le jour même et constaté le lendemain, mais pas avec le même seuil (niveau d'information et de recommandation prévu mais niveau d'alerte constaté et/ou l'inverse). **P/NC** indique un épisode prévu la veille et/ou le jour même mais pas constaté le lendemain (fausse détection). **NP/C** indique un épisode prévu ni la veille ni le jour même mais constaté le lendemain (non-détection). **RAS** indique « Rien A Signaler ».

Dates	Nord		Pas-de-Calais		Somme		Aisne		Oise	
	J-1 pour J	J pour J	J-1 pour J	J pour J	J-1 pour J	J pour J	J-1 pour J	J pour J	J-1 pour J	J pour J
13/01/2022	P/NC	P/NC	P/NC	P/NC	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS
14/01/2022	NP/C	P/C	RAS	P/NC	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS	P/NC
15/01/2022	P/NC	P/NC	P/NC	P/NC	NP/C	P/C	RAS	RAS	P/C	P/C
25/01/2022	NP/C	P/C	NP/C	P/C	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS
03/03/2022	NP/C	P/C	NP/C	P/C	RAS	RAS	RAS	RAS	NP/C	P/C
04/03/2022	P/C	P/C	P/C	P/C	RAS	RAS	RAS	RAS	P/NC	P/NC
05/03/2022	P/C	P/C	P/C	P/C	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS
21/03/2022	NP/C	NP/C	NP/C	NP/C	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS
22/03/2022	NP/C	P/C	NP/C	P/C	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS
23/03/2022	P/C	P/C	P/C	P/C	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS
24/03/2022	P/C	P/C	P/C	P/C	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS
25/03/2022	P/C	P/C*	P/C	P/C	NP/C	P/C	RAS	RAS	NP/C	NP/C
26/03/2022	P/C*	P/C	P/C	P/C	P/C	P/C	RAS	RAS	RAS	RAS
27/03/2022	P/NC	P/NC	P/NC	P/NC	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS
28/03/2022	P/C	P/C	P/C	P/C	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS
29/03/2022	NP/C	NP/C	NP/C	NP/C	NP/C	NP/C	RAS	RAS	RAS	RAS
19/07/2022	RAS	RAS	RAS	RAS	NP/C	NP/C	RAS	RAS	RAS	RAS
30/11/2022	P/NC	P/NC	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS
14/12/2022	NP/C	NP/C	NP/C	NP/C	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS
15/12/2022	NP/C	P/C*	NP/C	P/C	RAS	P/NC	RAS	P/NC	RAS	RAS
16/12/2022	P/C	P/C	P/C	P/C	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS
17/12/2022	P/C	P/C	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS
Total P/C	8	12	8	12	1	3	0	0	1	2
Total P/C*	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Total P/NC	4	4	3	4	0	1	0	1	1	2
Total NP/C	8	3	7	3	4	2	0	0	2	1
Total jours	17		15		5		0		3	



(a)



(b)

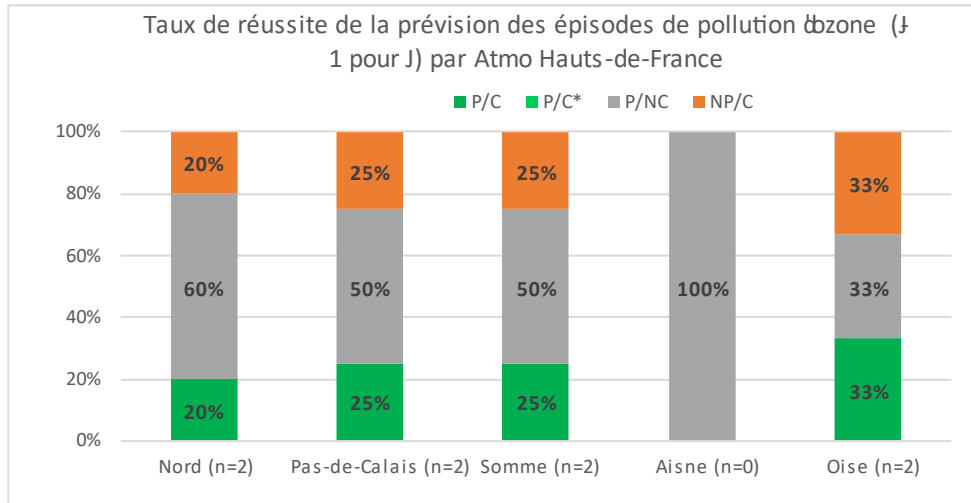
Figure 93 : Taux de réussite de la prévision des épisodes de pollution de particules en PM₁₀ par Atmo Hauts-de-France pour l'ensemble de l'année 2022 pour le jour même et la veille.

Ensuite, le Tableau 27 recense les prévisions et les constats d'Atmo Hauts-de-France pour les épisodes de l'année 2022. L'ensemble de ces données portent sur l'**ozone**.

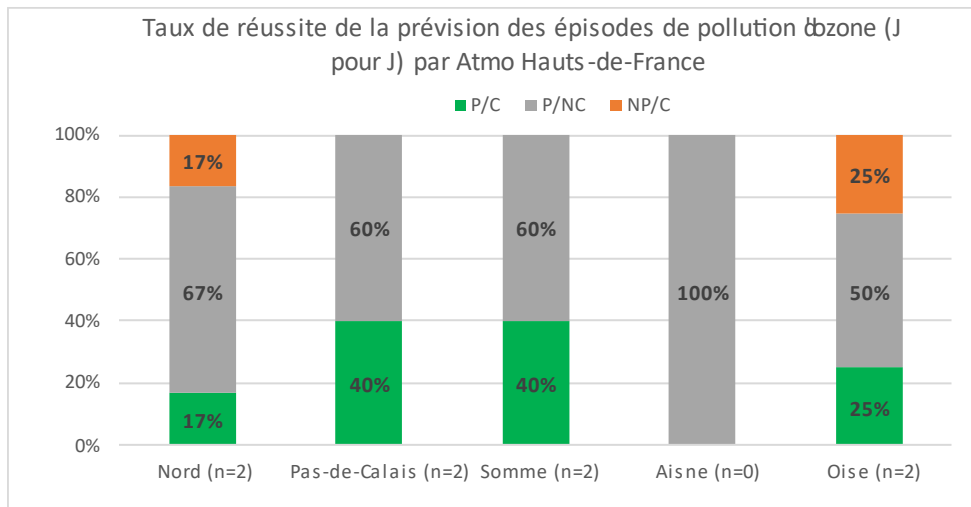
Tableau 27 : Prévisions et constats d'Atmo Hauts-de-France pour les épisodes de pollution d'ozone sur l'ensemble de l'année 2022. **P/C** indique un épisode prévu la veille et/ou le jour même et constaté le lendemain (bonne détection). **P/C*** indique un épisode prévu la veille et/ou le jour même et constaté le lendemain, mais pas avec le même seuil (niveau d'information et de recommandation prévu mais niveau d'alerte constaté et/ou l'inverse). **P/NC** indique un épisode prévu la veille et/ou le jour même mais pas constaté le lendemain (fausse détection). **NP/C** indique un épisode prévu ni la veille ni le jour même mais constaté le lendemain (non-détection). **RAS** indique « Rien A Signaler ».

Dates	Nord		Pas-de-Calais		Somme		Aisne		Oise	
	J-1 pour J	J pour J	J-1 pour J	J pour J	J-1 pour J	J pour J	J-1 pour J	J pour J	J-1 pour J	J pour J
15/06/2022	NP/C	NP/C	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS
16/06/2022	RAS	P/NC	RAS	P/NC	RAS	P/NC	RAS	P/NC	RAS	P/NC
17/06/2022	P/NC	P/NC	P/C	P/C	P/C	P/C	P/NC	RAS	P/C	P/C
18/06/2022	P/NC	P/NC	P/NC	P/NC	P/NC	P/NC	RAS	RAS	P/NC	P/NC
18/07/2022	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS	NP/C	NP/C
12/08/2022	P/C	P/C	NP/C	P/C	NP/C	P/C	RAS	RAS	RAS	RAS

13/08/2022	P/NC	P/NC	P/NC	P/NC	P/NC	P/NC	RAS	RAS	RAS	RAS
Total P/C	1	1	1	2	1	2	0	0	1	1
Total P/C*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total P/NC	3	4	2	3	2	3	1	1	1	2
Total NP/C	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1
Total jours	2		2		2		0		2	



(a)



(b)

Figure 94 : Taux de réussite de la prévision des épisodes de pollution d'ozone par Atmo Hauts-de-France pour l'ensemble de l'année 2022 pour le jour même et la veille.

Les graphiques avec les taux de réussite de la prévision des épisodes de pollution de particules en PM_{10} et d'ozone par Atmo Hauts-de-France et par les modèles s pour chaque département se trouvent sur Annexe 3.

9. Bilan des procédures préfectorales en 2022

Lorsqu'Atmo Hauts-de-France prévoit qu'un ou plusieurs départements de la région vont être touchés par un épisode de pollution de l'air ambiant, elle prévient les autorités préfectorales de chaque département concerné par l'épisode, ainsi que le centre opérationnel de zone (COZ) dans les cas où plusieurs départements sont concernés. Les autorités mettent alors en place des procédures préfectorales pour gérer ces épisodes. Il existe trois niveaux de procédures :

- Procédure d'information et de recommandation. Celle-ci est mise en place dans un département lorsqu'un dépassement du seuil d'information et de recommandation est prévu dans ledit département soit pour le jour même, soit pour le lendemain (mais pas les deux). Atmo Hauts-de-France active cette procédure par délégation des préfetures.
- Procédure d'alerte sur persistance. Celle-ci est mise en place dans un département lorsqu'un dépassement du seuil d'information et de recommandation est prévu dans ledit département pour le jour même et le lendemain. Atmo informe du niveau de procédure et les préfetures décident/déclenchent les mesures éventuelles à mettre pour cette procédure d'alerte sur persistance*. Procédure d'alerte. Celle-ci est mise en place dans un département lorsqu'un dépassement du seuil d'alerte est prévu dans ledit département pour le jour même et/ou le lendemain Atmo informe du niveau de procédure et les préfetures décident/déclenchent les mesures à mettre pour cette procédure d'alerte.

La procédure d'information et de recommandation a pour principal objectif d'informer les personnes les plus sensibles et à risque vis-à-vis de la pollution de l'air, afin que celles-ci puissent adopter des comportements visant à protéger leur santé durant l'épisode. Les procédures d'alerte sur persistance et d'alerte visent à mettre en place des actions contraignantes afin de réduire les émissions et de limiter la gravité de l'épisode. Ces mesures contraignantes, décidées par les préfets des départements concernés, peuvent viser plusieurs secteurs émetteurs (restriction de vitesses sur les routes, mesures contraignantes pour les industries, l'agriculture, etc.).

Le tableau suivant présente le bilan des procédures préfectorales déclenchées en Hauts-de-France en 2022 en lien avec les épisodes de pollution de l'air ambiant.

Tableau 28 : Bilan des procédures préfectorales déclenchées en Hauts-de-France en 2022 en lien avec les épisodes de pollution de l'air ambiant. IR signifie « information et de recommandation », AP signifie « alerte sur persistance » et A signifie « alerte ». En grise les dates d'épisode en particules PM₁₀ et en bleu clair les dates d'épisode d'ozone.

	Nord	Pas-de-Calais	Somme	Aisne	Oise
13/01/2022	IR	IR			
14/01/2022	AP	AP			AP
15/01/2022	AP	AP	IR		AP
25/01/2022	IR	IR			
03/03/2022	AP	AP			AP
04/03/2022	AP	AP			AP
05/03/2022	AP	AP			
21/03/2022					
22/03/2022	AP	AP			
23/03/2022	AP	AP			
24/03/2022	AP	AP			
25/03/2022	A	AP	AP		

26/03/2022	A	AP	AP		
27/03/2022	AP	AP			
28/03/2022	AP	AP			
29/03/2022	IR	IR	IR		
15/06/2022					
16/06/2022	AP	AP	AP	AP	AP
17/06/2022	AP	AP	AP	AP	AP
18/06/2022	AP	AP	AP		AP
18/07/2022					
19/07/2022					
12/08/2022	AP	AP	AP		
13/08/2022	AP	AP	AP		
30/11/2022	IR				
14/12/2022					
15/12/2022					
16/12/2022	AP	AP			
17/12/2022	AP				



10. Conclusion et perspectives

Les Hauts-de-France ont connu, en 2022, 23 jours d'épisode de pollution. Ce nombre, même s'il est en hausse par rapport à l'année précédente (12 jours en 2021 ; l'été peu ensoleillé avait contribué à l'absence d'épisodes de pollution à l'ozone), reste plus bas par rapport au niveau de 2020 (28 jours d'épisode de pollution). En 2022, sur ces 23 jours, 4 concernent des épisodes de pollution à l'ozone et 19 concernent des épisodes de pollution aux particules PM₁₀.

La prévision de ces épisodes est effectuée tous les jours de l'année par les prévisionnistes d'Atmo, pour le jour même et le lendemain. Cette mission repose sur la synthèse quotidienne d'un grand volume de données, issues à la fois de mesures et de modélisation, ainsi que sur l'expertise des prévisionnistes. L'un des outils utilisés pour la prévision est la modélisation de la qualité de l'air. En effet, Atmo Hauts-de-France dispose de plusieurs modèles qui, chaque jour, estiment la qualité de l'air en tout point du territoire pour le jour même et les jours suivants. Certains de ces modèles sont fournis par des organismes tiers, comme l'INERIS, d'autres sont développés en interne par Atmo Hauts-de-France. Ces modèles ne sont pas parfaits, et l'objectif de la présente étude est d'évaluer leurs performances, c'est-à-dire leur capacité à prévoir correctement les concentrations en polluants atmosphériques. Sont également évaluées les corrections de concentrations, visant l'indice, que peut apporter le prévisionniste s'il estime que certaines prévisions doivent être réajustées à la hausse ou la baisse. Cette évaluation est basée sur la comparaison des prévisions avec les mesures effectuées dans les stations opérées par Atmo Hauts-de-France. L'évaluation porte sur l'ozone et les particules PM₁₀, avec 2022 comme période d'étude¹⁴. L'évaluation porte sur les moyennes journalières pour les PM₁₀ et sur les maxima journaliers des moyennes horaires pour l'ozone.

Comme déjà constaté l'an dernier, l'enseignement principal de ce travail est (i) qu'en moyenne, tous les objectifs de qualité sont respectés sauf rares exceptions, (ii) que tous les modèles ne fournissent pas le même niveau de précision, d'où l'importance de connaître leur hiérarchie, et (iii) qu'ils souffrent globalement de certaines lacunes dans les prévisions de dépassements, ce que l'expertise du prévisionniste permet en général d'améliorer comme constaté dans les statistiques dédiées à cette situation.

La présente étude met donc en évidence la large gamme de modèles disponibles à Atmo Hauts-de-France, l'importance de l'expertise apportée par les prévisionnistes d'Atmo Hauts-de-France, et enfin la nécessité de continuer les travaux d'évaluation et d'amélioration de ces derniers, principalement pour une meilleure anticipation des pics de pollution.

¹⁴ Du 1^{er} janvier au 31 décembre pour les PM₁₀, et du 1^{er} avril au 30 septembre pour l'ozone.

Annexes

Annexe 1 : Description des scores statistiques classiques

« **Taux de disponibilité [modèle-mesure] 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, etc.). »¹⁵

Biais moyen : « Estimateur des écarts entre prévisions et observation »¹⁵, exprimé dans le présent document en $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Il indique si la simulation surestime (valeurs positives) ou sous-estime (valeurs négatives), en moyenne, les concentrations mesurées. Il est défini par¹⁵ :

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

où N représente le nombre de points de comparaison entre modèle et mesure, P_i la valeur de la prévision à la station, et O_i la valeur observée à la station.

RMSE (Root Mean Square Error) : exprimée dans le présent document en $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Elle caractérise la capacité du modèle à reproduire sans erreur les niveaux de concentrations mesurés en station. Elle est définie par¹⁵ :

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

où N représente le nombre de points de comparaison entre modèle et mesure, P_i la valeur de la prévision à la station, et O_i la valeur observée à la station.

Coefficient de corrélation : Il s'exprime sans dimension et « informe sur la cohérence des variabilités temporelles ou spatiales des concentrations observées et prévues. Plus [ce coefficient] est proche de 1, et plus la simulation reproduit correctement les variations des concentrations observées »¹⁵. Il est défini par¹⁵ :

$$r = \frac{\text{cov}(P, O)}{\sqrt{\text{var}(P)} \times \sqrt{\text{var}(O)}} = \frac{\sum_i (P_i - \bar{P})(O_i - \bar{O})}{\sqrt{\sum_i (P_i - \bar{P})^2} \times \sqrt{\sum_i (O_i - \bar{O})^2}}$$

où $\text{cov}(P, O)$ représente la covariance des prévisions P et des observations O, $\text{var}(P)$ la variance des prévisions, $\text{var}(O)$ la variance des observations, N le nombre de points de comparaison entre modèle et mesure, P_i la valeur de la prévision à la station, O_i la valeur observée à la station, \bar{P} la moyenne des prévisions, et \bar{O} la moyenne des observations.

¹⁵ Source : « 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. Document en réponse à l'article 13 de l'arrêté du 19 avril 2017 modifié », LCSQA, document applicable au 01/01/2022.

Annexe 2 : Eléments de la table de contingence

Cette annexe est une reproduction sans modification de l'annexe 2 du rapport « 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. Document en réponse à l'article 13 de l'arrêté du 19 avril 2017 modifié », LCSQA, document applicable au 01/01/2022.

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 :

	Obs > seuil	Obs < seuil	Total
Prévi > seuil	Bonne détection (a)	Fausse détection (b)	a+b
Prévi < seuil	Détection manquée (c)	Bonne non-détection (d)	c+d
Total	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 supérieur 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.

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

Annexe 3 : Prévisions et constats des critères AMU par les modèles et par les prévisionnistes d'Atmo Hauts-de-France.

PM₁₀ : Prévisions et constats des critères AMU par les modèles et par les prévisionnistes d'Atmo Hauts-de-France. "surf" indique que le critère de surface uniquement est atteint. "pop" indique que le critère de population uniquement est atteint. "les 2" indique que ces deux critères sont atteints. "NIR" signifie "niveau d'information et de recommandation". "NA" signifie "niveau d'alerte".

Date	Echéance	Nord		Pas-de-Calais		Somme		Aisne		Oise	
13 janvier 2022	prévu la veille	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	surf	ESM 15km	surf	ESM 15km	rien
		ESM stat	les 2	ESM stat	les 2	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	surf	PV brut	les 2
		PV AS	les 2	PV AS	les 2	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien
		Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND
	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	
	prévu le jour-même	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
ESM stat		les 2	ESM stat	surf	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	
PV brut		les 2	PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	les 2	
PV AS		les 2	PV AS	les 2	PV AS	les 2	PV AS	surf	PV AS	rien	
Atmo AS		rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	
Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien		
constaté le lendemain	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	rien	ESM brut	rien	
	ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	surf	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	
	ESM stat	les 2	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	
	PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	rien	PV brut	rien	
	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	
	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	
Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien		
Date	Echéance	Nord		Pas-de-Calais		Somme		Aisne		Oise	
14 janvier 2022	prévu la veille	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	surf	ESM brut	rien
		ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	rien
		ESM stat	les 2	ESM stat	les 2	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	les 2
		PV AS	les 2	PV AS	les 2	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	les 2
		Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	
	prévu le jour-même	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	surf	ESM brut	rien
		ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	surf	ESM 15km	rien
ESM stat		les 2	ESM stat	surf	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	
PV brut		les 2	PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	les 2	
PV AS		les 2	PV AS	les 2	PV AS	les 2	PV AS	les 2	PV AS	les 2	
Atmo AS		les 2	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	
Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	NIR		
constaté le lendemain	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	rien	ESM brut	rien	
	ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	
	ESM stat	les 2	ESM stat	les 2	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	
	PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	les 2	
	PV AS	les 2	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	
	Atmo AS	les 2	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	
Constat Atmo	NIR	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien		

Date	Echéance	Nord		Pas-de-Calais		Somme		Aisne		Oise		
15 janvier 2022	prévu la veille	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	rien	ESM brut	surf	
		ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	rien	ESM 15km	les 2	
		ESM stat	surf	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	
		PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	les 2	
		PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	les 2	
		Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	
		Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	NIR	
	prévu le jour-même	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	surf	ESM brut	rien	ESM brut	les 2	
		ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	les 2	
		ESM stat	les 2	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	
		PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	les 2	
		PV AS	les 2	PV AS	les 2	PV AS	les 2	PV AS	les 2	PV AS	les 2	
		Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	les 2	
		Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	NIR	
	constaté le lendemain	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	les 2	
		ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	les 2	
		ESM stat	les 2	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	
		PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	les 2	
		PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	surf	PV AS	les 2	
		Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	les 2	Atmo AS	les 2	
		Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	NIR	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	NIR	
	Date	Echéance	Nord		Pas-de-Calais		Somme		Aisne		Oise	
	25 janvier 2022	prévu la veille	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	surf	ESM brut	rien	ESM brut	surf
			ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	surf	ESM 15km	rien	ESM 15km	surf
ESM stat			les 2	ESM stat	les 2	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	
PV brut			les 2	PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	rien	PV brut	rien	
PV AS			les 2	PV AS	les 2	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	
Atmo AS			rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	
Prévi Atmo			rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	
prévu le jour-même		ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	surf	
		ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	surf	
		ESM stat	les 2	ESM stat	les 2	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	
		PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	surf	PV brut	les 2	PV brut	les 2	
		PV AS	les 2	PV AS	les 2	PV AS	surf	PV AS	rien	PV AS	rien	
		Atmo AS	les 2	Atmo AS	les 2	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	
		Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	
constaté le lendemain		ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	surf	ESM brut	rien	ESM brut	surf	
		ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	surf	
		ESM stat	les 2	ESM stat	les 2	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	
		PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	surf	PV brut	surf	PV brut	les 2	
		PV AS	les 2	PV AS	les 2	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	
		Atmo AS	les 2	Atmo AS	les 2	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	
		Constat Atmo	NIR	Constat Atmo	NIR	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	

Date	Echéance	Nord		Pas-de-Calais		Somme		Aisne		Oise	
3 mars 2022	prévu la veille	ESM brut	surf	ESM brut	les 2	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien
		PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien
		Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
		Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien
	prévu le jour-même	ESM brut	les 2	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	les 2
		PV AS	surf	PV AS	surf	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien
		Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
		Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	NIR
	constaté le lendemain	ESM brut	les 2	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	les 2	ESM 15km	surf	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	les 2	ESM stat	surf	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	surf
		PV brut	surf	PV brut	surf	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien
PV AS		les 2	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	
Atmo AS		les 2	Atmo AS	les 2	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	les 2	
Constat Atmo		NIR	Constat Atmo	NIR	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	NIR	
4 mars 2022	prévu la veille	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	surf
		PV AS	les 2	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien
		Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
		Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien
	prévu le jour-même	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	surf
		ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	surf
		ESM stat	surf	ESM stat	surf	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	surf	PV brut	rien	PV brut	les 2
		PV AS	les 2	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien
		Atmo AS	surf	Atmo AS	les 2	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
		Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien
	constaté le lendemain	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	les 2	ESM stat	les 2	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	les 2
PV AS		les 2	PV AS	les 2	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	
Atmo AS		les 2	Atmo AS	les 2	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	
Constat Atmo		NIR	Constat Atmo	NIR	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	

Date	Echéance	Nord		Pas-de-Calais		Somme		Aisne		Oise	
5 mars 2022	prévu la veille	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2
		ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2
		ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	surf	PV brut	surf	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien
		PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien
		Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
		Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien
	prévu le jour-même	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	rien	ESM brut	les 2
		ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	surf	ESM 15km	les 2
		ESM stat	les 2	ESM stat	les 2	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien
		PV AS	les 2	PV AS	les 2	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien
		Atmo AS	les 2	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
		Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien
	constaté le lendemain	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2
		ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2
		ESM stat	les 2	ESM stat	les 2	ESM stat	les 2	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	les 2
		PV AS	les 2	PV AS	les 2	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien
		Atmo AS	les 2	Atmo AS	les 2	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
		Constat Atmo	NIR	Constat Atmo	NIR	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien
Date	Echéance	Nord		Pas-de-Calais		Somme		Aisne		Oise	
21 mars 2022	prévu la veille	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien
		PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien
		Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
		Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien
	prévu le jour-même	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien
		PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien
		Atmo AS	les 2	Atmo AS	les 2	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
		Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien
	constaté le lendemain	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	les 2	ESM stat	surf	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien
		PV AS	les 2	PV AS	surf	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien
		Atmo AS	les 2	Atmo AS	les 2	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
		Constat Atmo	NIR	Constat Atmo	NIR	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien

Date	Echéance	Nord		Pas-de-Calais		Somme		Aisne		Oise	
22 mars 2022	prévu la veille	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien
		PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien
		Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
		Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien
	prévu le jour-même	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien
		PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien
Atmo AS		rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	
Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien		
constaté le lendemain	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	
	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	
	ESM stat	les 2	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	
	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	
	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	
	Atmo AS	les 2	Atmo AS	surf	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	
Constat Atmo	NIR	Constat Atmo	NIR	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien		
Date	Echéance	Nord		Pas-de-Calais		Somme		Aisne		Oise	
23 mars 2022	prévu la veille	ESM brut	les 2	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	les 2	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	les 2	ESM stat	les 2	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	les 2	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien
		PV AS	les 2	PV AS	surf	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien
		Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
		Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien
	prévu le jour-même	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	les 2	ESM stat	surf	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	surf	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien
		PV AS	surf	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien
Atmo AS		surf	Atmo AS	surf	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	
Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien		
constaté le lendemain	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	
	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	
	ESM stat	les 2	ESM stat	les 2	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	
	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	
	PV AS	les 2	PV AS	les 2	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	
	Atmo AS	les 2	Atmo AS	les 2	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	
Constat Atmo	NIR	Constat Atmo	NIR	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien		

Date	Echéance	Nord		Pas-de-Calais		Somme		Aisne		Oise	
24 mars 2022	prévu la veille	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	surf	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	surf	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	les 2	ESM stat	les 2	ESM stat	surf	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien
		PV AS	les 2	PV AS	les 2	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien
		Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
		Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien
	prévu le jour-même	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	les 2	ESM stat	les 2	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien
		PV AS	les 2	PV AS	les 2	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien
		Atmo AS	les 2	Atmo AS	les 2	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
		Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien
	constaté le lendemain	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	les 2	ESM stat	les 2	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien
		PV AS	les 2	PV AS	les 2	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien
		Atmo AS	les 2	Atmo AS	les 2	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
		Constat Atmo	NIR	Constat Atmo	NIR	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien
Date	Echéance	Nord		Pas-de-Calais		Somme		Aisne		Oise	
25 mars 2022	prévu la veille	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	les 2	ESM stat	les 2	ESM stat	les 2	ESM stat	les 2	ESM stat	les 2
		PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	surf	PV brut	rien
		PV AS	les 2	PV AS	les 2	PV AS	les 2	PV AS	rien	PV AS	rien
		Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
		Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien
	prévu le jour-même	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	les 2	ESM stat	les 2	ESM stat	les 2	ESM stat	les 2	ESM stat	les 2
		PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	rien	PV brut	rien
		PV AS	les 2	PV AS	les 2	PV AS	les 2	PV AS	rien	PV AS	rien
		Atmo AS	les 2	Atmo AS	les 2	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
		Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien
	constaté le lendemain	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	surf	ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	les 2	ESM stat	les 2	ESM stat	les 2	ESM stat	surf	ESM stat	les 2
		PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	rien	PV brut	rien
		PV AS	les 2	PV AS	les 2	PV AS	les 2	PV AS	les 2	PV AS	les 2
		Atmo AS	les 2	Atmo AS	les 2	Atmo AS	surf	Atmo AS	les 2	Atmo AS	les 2
		Constat Atmo	NIR	Constat Atmo	NIR	Constat Atmo	NIR	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	NIR

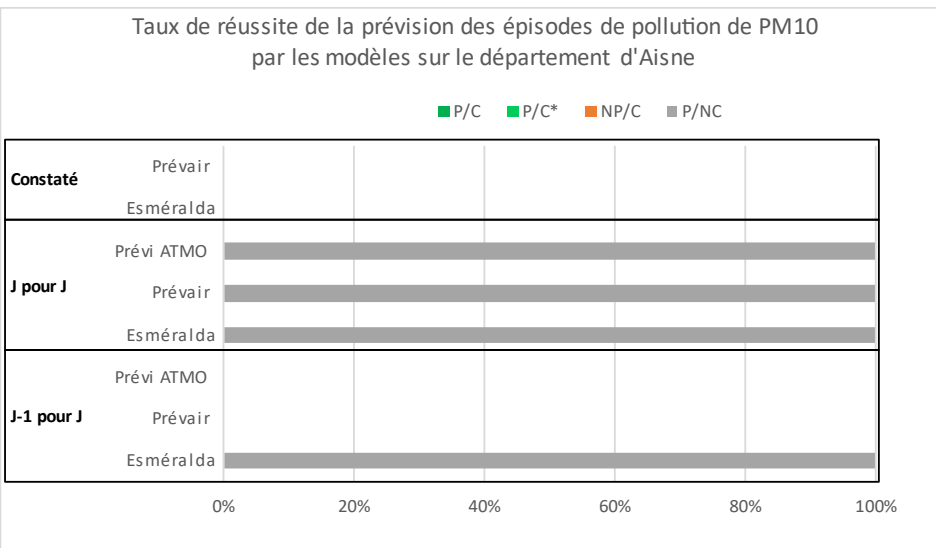
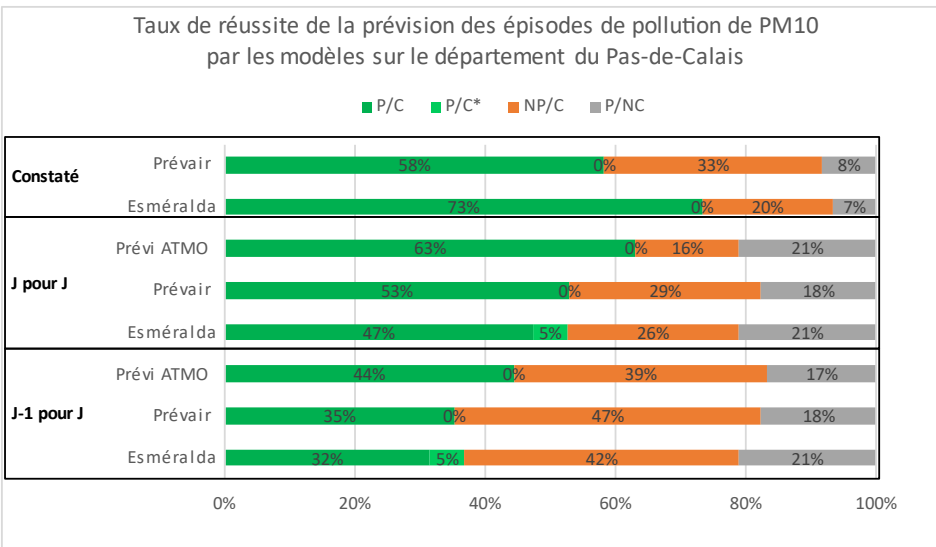
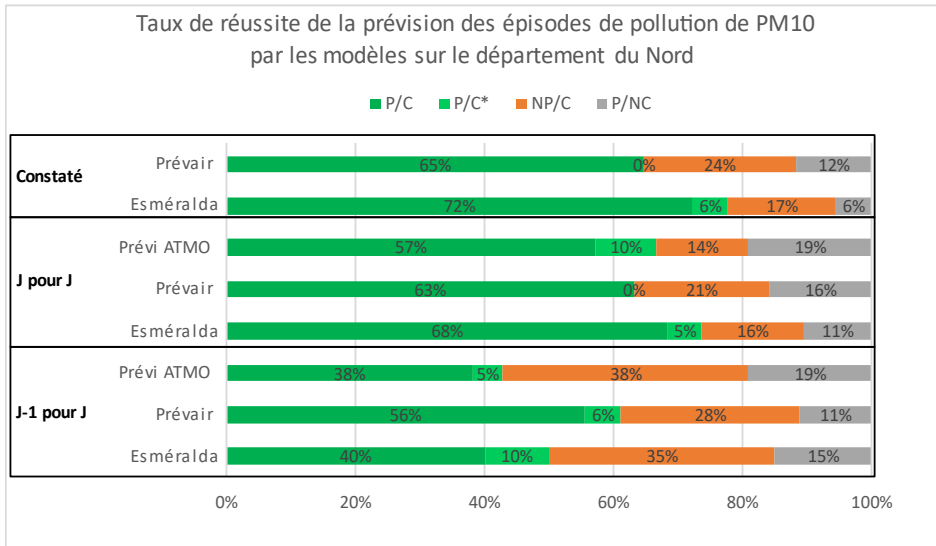
Date	Echéance	Nord		Pas-de-Calais		Somme		Aisne		Oise	
26 mars 2022	prévu la veille	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	les 2	ESM stat	les 2	ESM stat	les 2	ESM stat	rien	ESM stat	surf
		PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien
		PV AS	les 2	PV AS	les 2	PV AS	les 2	PV AS	rien	PV AS	rien
		Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	
	prévu le jour-même	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	les 2	ESM stat	les 2	ESM stat	les 2	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien
		PV AS	les 2	PV AS	les 2	PV AS	les 2	PV AS	rien	PV AS	rien
		Atmo AS	les 2	Atmo AS	les 2	Atmo AS	les 2	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	
	constaté le lendemain	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	les 2	ESM stat	les 2	ESM stat	les 2	ESM stat	rien	ESM stat	surf
		PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien
PV AS		les 2	PV AS	les 2	PV AS	les 2	PV AS	rien	PV AS	surf	
Atmo AS		les 2	Atmo AS	les 2	Atmo AS	les 2	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	
Constat Atmo	NIR	Constat Atmo	NIR	Constat Atmo	NIR	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien		
Date	Echéance	Nord		Pas-de-Calais		Somme		Aisne		Oise	
27 mars 2022	prévu la veille	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien
		PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	pop	PV AS	rien	PV AS	rien
		Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	
	prévu le jour-même	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	surf	ESM stat	surf	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien
		PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien
		Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	
	constaté le lendemain	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien
PV AS		rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	
Atmo AS		rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	
Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien		

Date	Echéance	Nord		Pas-de-Calais		Somme		Aisne		Oise	
28 mars 2022	prévu la veille	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	les 2	ESM stat	les 2	ESM stat	rien	ESM stat	surf	ESM stat	rien
		PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	surf	PV brut	rien	PV brut	rien
		PV AS	les 2	PV AS	les 2	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien
		Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	
	prévu le jour-même	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
ESM stat		les 2	ESM stat	les 2	ESM stat	rien	ESM stat	surf	ESM stat	rien	
PV brut		les 2	PV brut	les 2	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	
PV AS		les 2	PV AS	les 2	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	
Atmo AS		rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	
Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien		
constaté le lendemain	ESM brut	surf	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	
	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	
	ESM stat	surf	ESM stat	les 2	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	
	PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	rien	PV brut	rien	
	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	
	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	
Constat Atmo	NIR	Constat Atmo	NIR	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien		
Date	Echéance	Nord		Pas-de-Calais		Somme		Aisne		Oise	
29 mars 2022	prévu la veille	ESM brut	rien	ESM brut	surf	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	surf	ESM stat	les 2	ESM stat	surf	ESM stat	surf	ESM stat	les 2
		PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	surf	PV brut	rien	PV brut	rien
		PV AS	les 2	PV AS	les 2	PV AS	surf	PV AS	rien	PV AS	rien
		Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	
	prévu le jour-même	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	surf	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	surf	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
ESM stat		les 2	ESM stat	les 2	ESM stat	surf	ESM stat	rien	ESM stat	rien	
PV brut		les 2	PV brut	les 2	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	
PV AS		les 2	PV AS	les 2	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	
Atmo AS		rien	Atmo AS	surf	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	
Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien		
constaté le lendemain	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	surf	ESM brut	rien	ESM brut	rien	
	ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	surf	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	
	ESM stat	les 2	ESM stat	les 2	ESM stat	les 2	ESM stat	rien	ESM stat	rien	
	PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	rien	PV brut	rien	
	PV AS	les 2	PV AS	les 2	PV AS	les 2	PV AS	rien	PV AS	rien	
	Atmo AS	les 2	Atmo AS	les 2	Atmo AS	les 2	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	
Constat Atmo	NIR	Constat Atmo	NIR	Constat Atmo	NIR	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien		

Date	Echéance	Nord		Pas-de-Calais		Somme		Aisne		Oise	
19 juillet 2022	prévu la veille	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND
		ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND
		ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND
		PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND
		PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND
		Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND
		Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien
	prévu le jour-même	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND
		ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND
		ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND
		PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND
		PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND
		Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND
		Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien
	constaté le lendemain	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien
		PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien
		Atmo AS	surf	Atmo AS	rien	Atmo AS	les 2	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
		Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	NIR	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien
Date	Echéance	Nord		Pas-de-Calais		Somme		Aisne		Oise	
30 novembre 2022	prévu la veille	ESM brut	les 2	ESM brut	surf	ESM brut	surf	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	les 2	ESM 15km	surf	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	les 2	ESM stat	surf	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	les 2	PV brut	surf	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien
		PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien
		Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
		Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien
	prévu le jour-même	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	les 2	ESM 15km	les 2	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	les 2	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	les 2	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien
		PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien
		Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
		Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien
	constaté le lendemain	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	les 2	ESM 15km	surf	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	surf	PV brut	surf	PV brut	rien
		PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien
		Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
		Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien

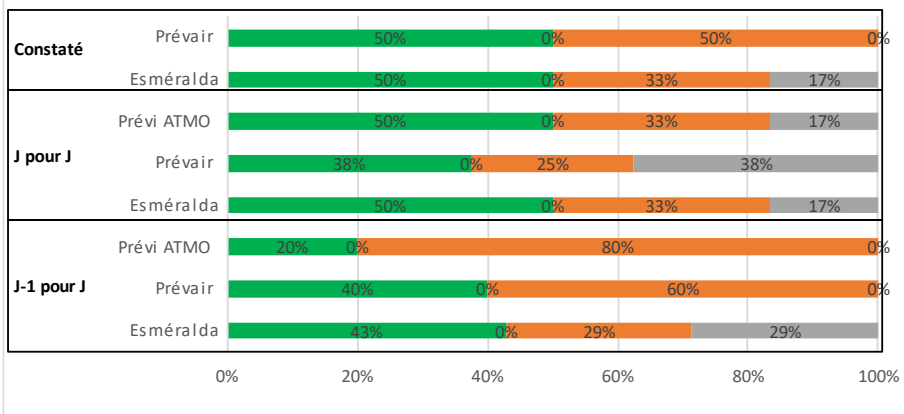
Date	Echéance	Nord		Pas-de-Calais		Somme		Aisne		Oise	
14 décembre 2022	prévu la veille	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien
		PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien
		Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	
	prévu le jour-même	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	les 2	ESM stat	surf	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien
		PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND
		Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	
	constaté le lendemain	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	les 2	ESM stat	les 2	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien
PV AS		rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	
Atmo AS		les 2	Atmo AS	surf	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	
Constat Atmo	NIR	Constat Atmo	NIR	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien		
Date	Echéance	Nord		Pas-de-Calais		Somme		Aisne		Oise	
15 décembre 2022	prévu la veille	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	les 2	ESM stat	surf	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	surf	PV brut	les 2
		PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND
		Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	
	prévu le jour-même	ESM brut	les 2	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	les 2	ESM stat	les 2	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	les 2
		PV AS	les 2	PV AS	les 2	PV AS	les 2	PV AS	surf	PV AS	surf
		Atmo AS	les 2	Atmo AS	les 2	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	
	constaté le lendemain	ESM brut	les 2	ESM brut	les 2	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	les 2	ESM 15km	surf	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	les 2	ESM stat	les 2	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	les 2	PV brut	les 2
PV AS		les 2	PV AS	les 2	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	
Atmo AS		les 2	Atmo AS	les 2	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	
Constat Atmo	NA	Constat Atmo	NIR	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien		

Date	Echéance	Nord		Pas-de-Calais		Somme		Aisne		Oise	
16 décembre 2022	prévu la veille	ESM brut	pop	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	les 2	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	les 2	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien
		PV AS	pop	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien
		Atmo AS	les 2	Atmo AS	les 2	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	
	prévu le jour-même	ESM brut	les 2	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	les 2	ESM stat	surf	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	les 2	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	les 2
		PV AS	les 2	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien
		Atmo AS	les 2	Atmo AS	surf	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	
	constaté le lendemain	ESM brut	les 2	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	les 2	ESM stat	les 2	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	les 2	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien
PV AS		les 2	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	
Atmo AS		les 2	Atmo AS	surf	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	
Constat Atmo	NIR	Constat Atmo	NIR	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien		
Date	Echéance	Nord		Pas-de-Calais		Somme		Aisne		Oise	
17 décembre 2022	prévu la veille	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	les 2	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	les 2	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien
		PV AS	les 2	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien
		Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	
	prévu le jour-même	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	les 2	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien
		PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien
		Atmo AS	les 2	Atmo AS	surf	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	
	constaté le lendemain	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	les 2	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien
PV AS		rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	
Atmo AS		rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	
Constat Atmo	NIR	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien		



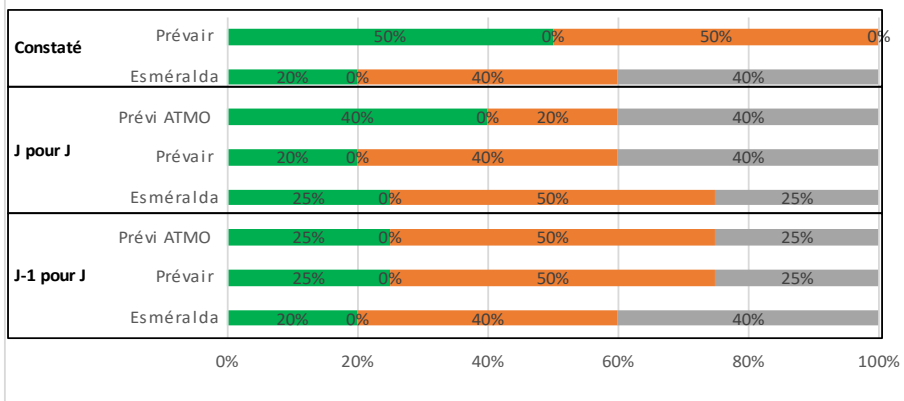
Taux de réussite de la prévision des épisodes de pollution de PM10 par les modèles sur le département du Somme

■ P/C ■ P/C* ■ NP/C ■ P/NC



Taux de réussite de la prévision des épisodes de pollution de PM10 par les modèles sur le département de l'Oise

■ P/C ■ P/C* ■ NP/C ■ P/NC



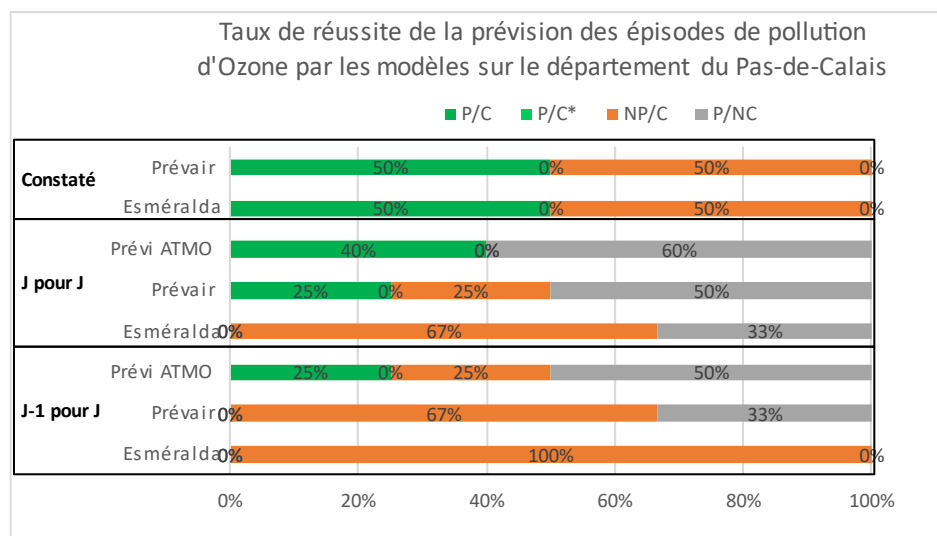
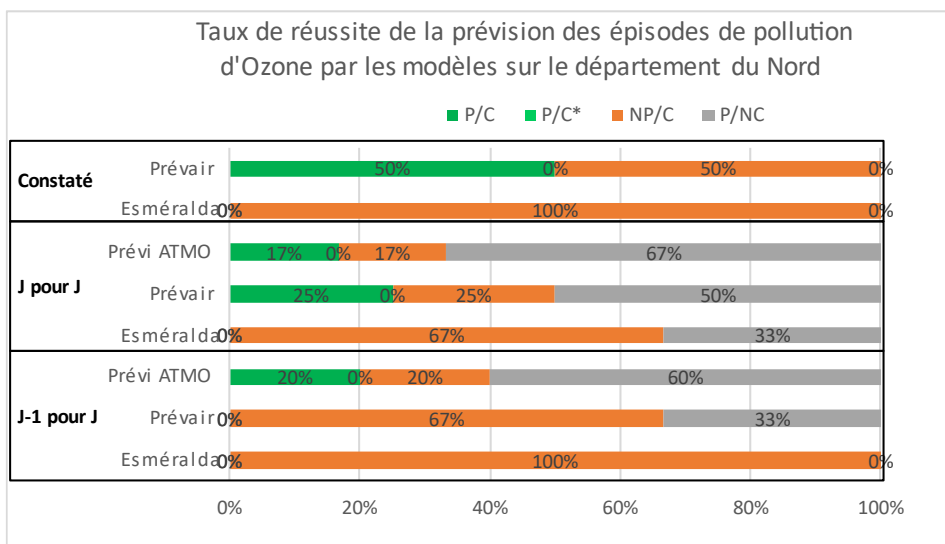
O₃ : Prévisions et constats des critères AMU par les modèles et par les prévisionnistes d'Atmo Hauts-de-France. "surf" indique que le critère de surface uniquement est atteint. "pop" indique que le critère de population uniquement est atteint. "les 2" indique que ces deux critères sont atteints. "NIR" signifie "niveau d'information et de recommandation". "NA" signifie "niveau d'alerte".

Date	Echéance	Nord		Pas-de-Calais		Somme		Aisne		Oise	
15 juin 2022	prévu la veille	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND
		ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND
		ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND
		PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND
		PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND
		Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND
	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	
	prévu le jour-même	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND
		ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND
		ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND
		PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND
		PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND
		Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND
	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	
	constaté le lendemain	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND
		ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND
		ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND
		PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND
PV AS		ND	PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND	
Atmo AS		ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	
Constat Atmo	NIR	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien		
Date	Echéance	Nord		Pas-de-Calais		Somme		Aisne		Oise	
16 juin 2022	prévu la veille	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND
		ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND
		ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND
		PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND
		PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND
		Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND
	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	
	prévu le jour-même	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND
		ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND
		ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND
		PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND
		PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND
		Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND
	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	
	constaté le lendemain	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND
		ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND
		ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND
		PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND
PV AS		ND	PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND	
Atmo AS		ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	
Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien		

Date	Echéance	Nord		Pas-de-Calais		Somme		Aisne		Oise		
17 juin 2022	prévu la veille	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND	
		ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	
		ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND	
		PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND	
		PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND	
		Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	
			Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR
	prévu le jour-même	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND	
		ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	
		ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND	
		PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND	
		PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND	
		Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	
			Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	NIR
	constaté le lendemain	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND	
		ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	
		ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND	
		PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND	
PV AS		ND	PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND		
Atmo AS		ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND		
		Constat Atmo	rien	Constat Atmo	NIR	Constat Atmo	NIR	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	NIR	
Date	Echéance	Nord		Pas-de-Calais		Somme		Aisne		Oise		
18 juin 2022	prévu la veille	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND	
		ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	
		ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND	
		PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND	
		PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND	
		Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	
			Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	NIR
	prévu le jour-même	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND	
		ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	
		ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND	
		PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND	
		PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND	
		Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	
			Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	NIR
	constaté le lendemain	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND	
		ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	
		ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND	
		PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND	
PV AS		ND	PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND		
Atmo AS		ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND		
		Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	

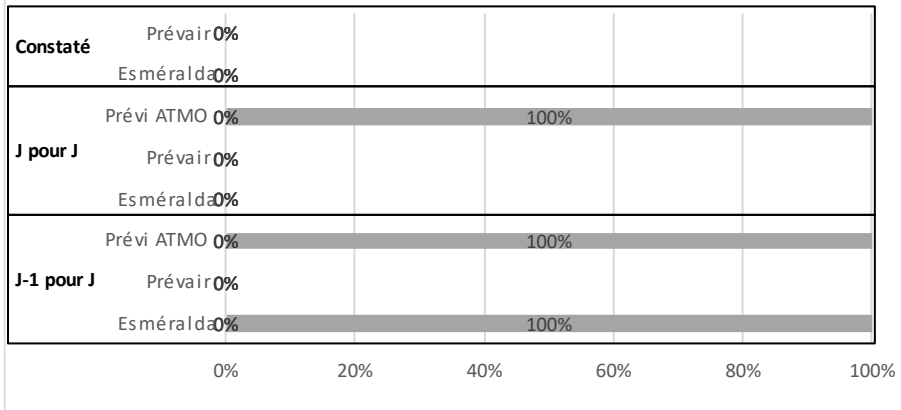
Date	Echéance	Nord		Pas-de-Calais		Somme		Aisne		Oise	
18 juillet 2022	prévu la veille	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND
		ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND
		ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND
		PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND
		PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND
		Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND
		Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien
	prévu le jour-même	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND
		ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND
		ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND
		PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND
		PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND
		Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND
		Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien
	constaté le lendemain	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND	ESM brut	ND
		ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND	ESM 15km	ND
		ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND	ESM stat	ND
		PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND	PV brut	ND
PV AS		ND	PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND	PV AS	ND	
Atmo AS		ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	Atmo AS	ND	
Constat Atmo		rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	NIR	
Date	Echéance	Nord		Pas-de-Calais		Somme		Aisne		Oise	
12 août 2022	prévu la veille	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien
		PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien
		Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
		Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien
	prévu le jour-même	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien
		PV AS	surf	PV AS	surf	PV AS	surf	PV AS	rien	PV AS	rien
		Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
		Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien
	constaté le lendemain	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	rien	ESM stat	surf	ESM stat	surf	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien
PV AS		surf	PV AS	surf	PV AS	surf	PV AS	rien	PV AS	rien	
Atmo AS		surf	Atmo AS	les 2	Atmo AS	surf	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	
Constat Atmo		NIR	Constat Atmo	NIR	Constat Atmo	NIR	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	

Date	Echéance	Nord		Pas-de-Calais		Somme		Aisne		Oise	
13 août 2022	prévu la veille	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien
		PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien
		Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
		Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien
	prévu le jour-même	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien
		PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien
		Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
		Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	NIR	Prévi Atmo	rien	Prévi Atmo	rien
	constaté le lendemain	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien	ESM brut	rien
		ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien	ESM 15km	rien
		ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien	ESM stat	rien
		PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien	PV brut	rien
		PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien	PV AS	rien
		Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien	Atmo AS	rien
		Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien	Constat Atmo	rien



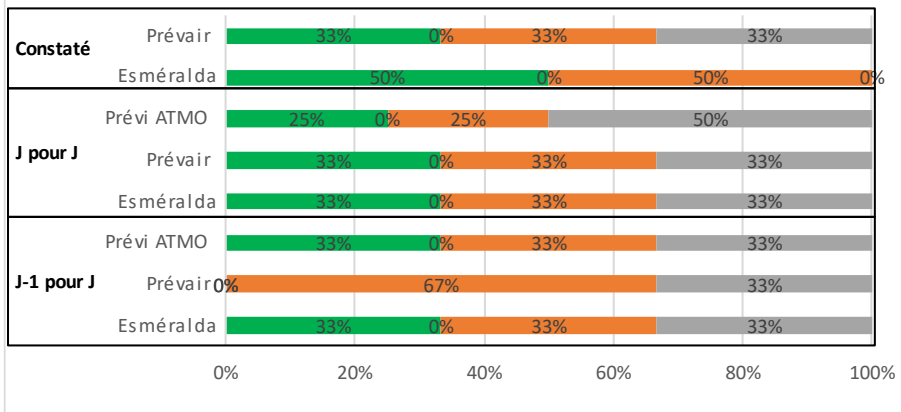
Taux de réussite de la prévision des épisodes de pollution d'Ozone par les modèles sur le département d'Aisne

■ P/C ■ P/C* ■ NP/C ■ P/NC



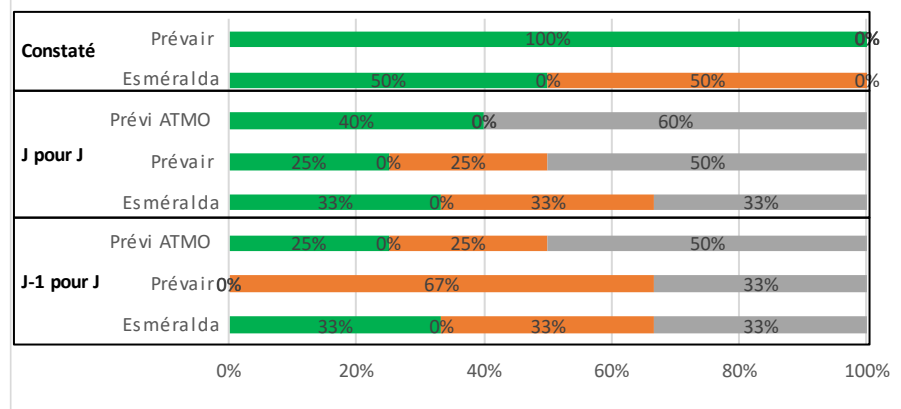
Taux de réussite de la prévision des épisodes de pollution d'Ozone par les modèles sur le département de l'Oise

■ P/C ■ P/C* ■ NP/C ■ P/NC



Taux de réussite de la prévision des épisodes de pollution d'Ozone par les modèles sur le département du Somme

■ P/C ■ P/C* ■ NP/C ■ P/NC





RETROUVEZ TOUTES
NOS **PUBLICATIONS** SUR :
www.atmo-hdf.fr

Atmo Hauts-de-France

Observatoire de l'Air

199, rue Colbert – Bâtiment Douai

