

INTRODUCTION

Dans le cadre du Plan Climat Air Energie Territorial de Valenciennes Métropole et de son volet Air, cette étude réalisée par l'association en collaboration avec le prestataire de la CAVM GEOPTIS, a pour objectif de connaître plus finement la répartition des polluants sur le territoire. Cette connaissance permettra notamment d'orienter les actions selon la vulnérabilité de la population et de suivre dans la durée l'impact de ces actions de la communauté d'agglomération de Valenciennes dans le domaine de la qualité de l'air.

Dans le cadre du contrat 54002308 entre la Communauté d'Agglomération de Valenciennes Métropole et Atmo Hauts-de-France, il est prévu deux phases d'évaluation d'une série de 14 micro-capteurs sur le toit de la station fixe sous influence automobile de Valenciennes du réseau Atmo HdF (Wallon - VA2), avant et après une implantation sur l'agglomération pendant 12 mois. Ce rapport analyse les résultats de cette étude : P1 et P3 (évaluation des micro capteurs) et P2 (implantation sur l'agglomération pendant 12 mois).

Les dates de chaque phase sont indiquées ci-dessus :

- P1 : du 01/03/2024 au 17/03/2024
- P2 : du 01/10/2024 au 30/09/2025
- P3 : du 31/10/2025 au 16/11/2025

Ce rapport analyse des résultats des données (horaires et journalières) obtenues pendant les trois phases en heure universelle (TU).

Pendant la phase 1, les 14 capteurs suivants ont été installés sur le toit de la station fixe de mesure et ils ont été évalués :

- | | |
|-----------------------------|----------------------|
| - Atmotrack 20030066 | - Atmotrack 20030073 |
| - Atmotrack 20030067 | - Atmotrack 20030074 |
| - Atmotrack 20030068 | - Atmotrack 20030075 |
| - Atmotrack 20030069 | - Atmotrack 20030077 |
| - Atmotrack 20030070 | - Atmotrack 20030079 |
| - Atmotrack 20030071 | - Atmotrack 20030080 |
| - Atmotrack 20030072 | - Atmotrack 20030083 |

Trois capteurs qui ont été évalués pendant cette phase (P1) ont été remplacés à cause d'un dysfonctionnement (en rouge). Les trois nouveaux capteurs (20020054, 20020038 et 20020070) ont été évalués uniquement pendant la phase 3. Les 14 capteurs suivants sont déployés dans l'agglomération :

Tableau 1 : Identification et localisation des micro-capteurs et des stations Atmo HdF.

Numéro	Identification	Localisation
20020070	WJ8K	Quiévrechain
20020054	T3WW	Condé-sur-l'Escaut
20020038	K6WX	Bruay-sur-l'Escaut
20030066	CWBT	Aulnoy-lez-Valenciennes
20030067	8FRB	Vieux-Condé
20030068	FN5H	Maing
20030070	3EXG	Anzin
20030073	VYTV	Prouvy
20030074	P4Q1	Onnaing
20030075	XQW4	Marly

20030077	LRJ8	Petite-Forêt
20030079	SZGC	Beuvrages
20030080	3Y8Q	Saint-Saulve
20030083	GTR8	Valenciennes
-	VA1	Valenciennes Acacias
-	VA2	Valenciennes Wallon

Atmo HdF est accrédité pour ces mesures automatiques suivantes qui ont été utilisées pour référence :

1. Valenciennes Acacias (VA1) : Urbaine de fond

- PM10 : Appareil de référence – MP101-16-23
 - o Limite de détection : 3.0 µg/m³
 - o Résolution temporelle : 1 heure

De plus, Atmo HdF utilise les mesures suivantes (non-règlementées, non accréditées) pour comparaison à titre indicatif :

- Température, Humidité relative : Appareil de référence - MP101-16-23

2. Valenciennes Wallon (VA2) : Urbaine sous influence trafic

- PM2.5 et PM10 : Appareil de référence - FIDAS-22-10
 - o Limite de détection : 3.0 µg/m³
 - o Résolution temporelle : 1 heure
- NO₂ : Appareil de référence - N200E-11-12 et N200E-06-03 :
 - o Limite de détection : 2.5 µg/m³
 - o Résolution temporelle : 1 heure

De plus, Atmo HdF utilise les mesures suivantes (non-règlementées, non accréditées) pour comparaison à titre indicatif :

- PM1, Température, Humidité relative : Appareil de référence - FIDAS-22-10

En ce qui concerne les données météo (en plus de la température et l'humidité relative), Atmo HdF utilise les mesures issues des données de la station M TVALE de Météo-France.

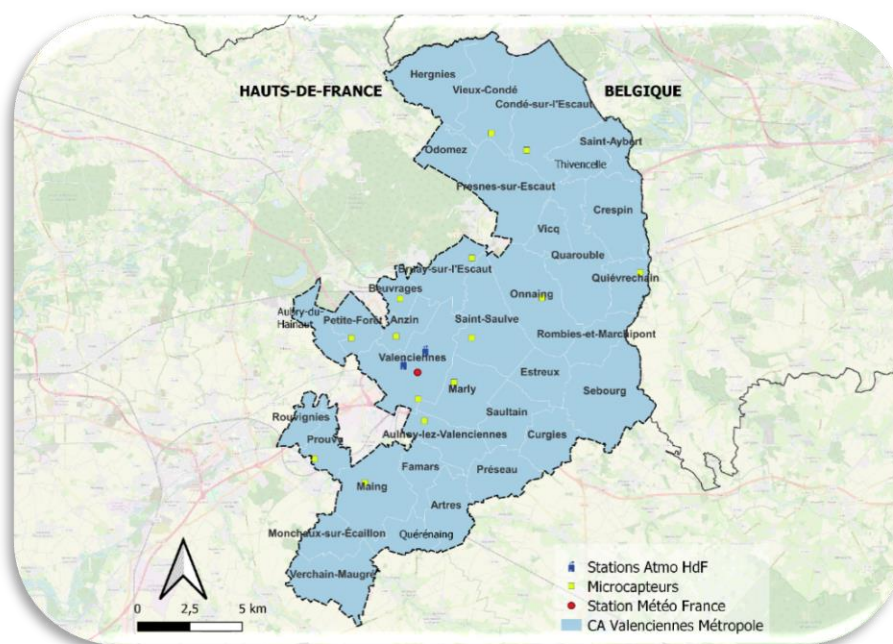


Figure 1 : Carte de localisation des micro-capteurs et des stations Atmo HdF.

EVALUATION DES CAPTEURS (Phases 1 et 3)

Validation technique et environnementale

Les mesures fournies par les stations de mesure de Valenciennes Wallon et de Valenciennes Acacias ont été validées techniquement et environnementalement selon les procédures en vigueur dans le cadre de l'accréditation COFRAC d'Atmo Hauts-de-France.

Pendant la phase 1, les données ont été validées techniquement et environnementalement, avec une invalidation d'un pic observé en PM pour tous les capteurs le 13/03/2024 à 22h00, ainsi que des données du NO₂ au démarrage des micro-capteurs 20030066 et 20030083. Pendant la troisième phase la période après 13/11 ne sont pas incluses dans l'exploitation à cause d'une incohérence environnementale.

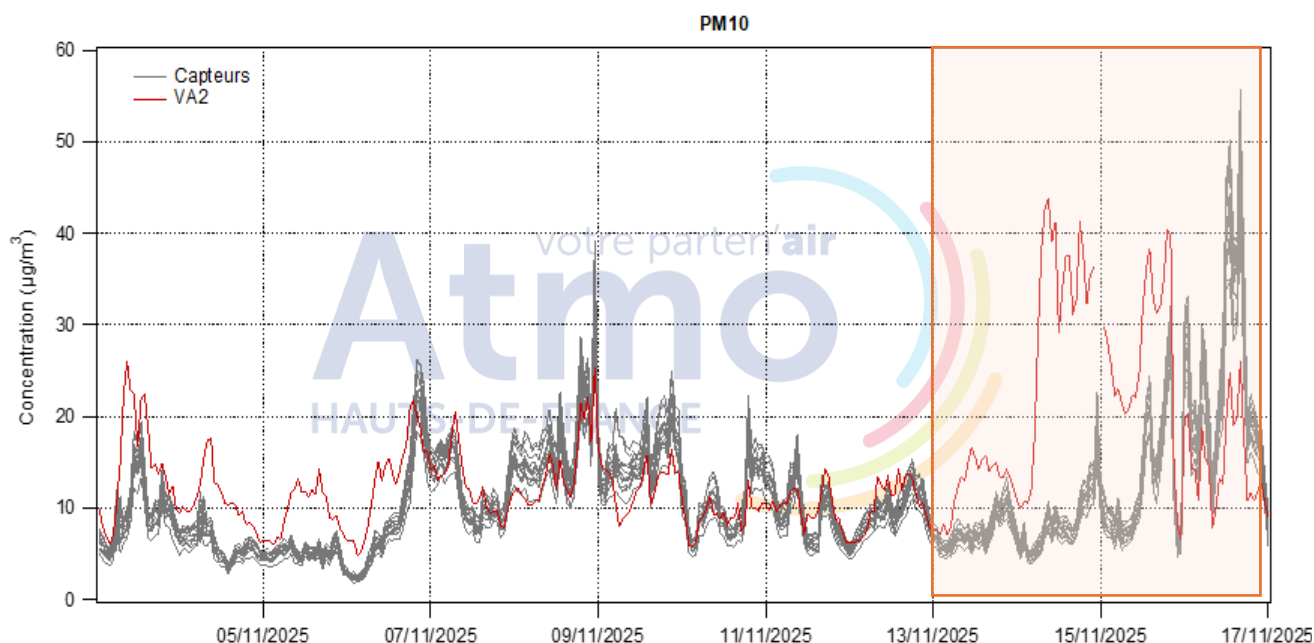


Figure 2 : Validation environnementale des données.

Taux de représentativité

Pendant les deux phases, la majeure partie des capteurs (maintenus pour la phase 2) a fonctionné 100% du temps (nombre de valeurs horaires au total : P1 : 397, P3 : 312). Pendant la phase 1, nous constatons quelques manques de données sur les mesures de NO₂ probablement dus aux cellules de réception de NO₂, ce qui conduit à un taux inférieur de 95% pour seulement 2 micro-capteurs (81% et 85%). De plus pendant la phase 3, le capteur 20030080 n'a pas été évalué à cause d'un dysfonctionnement.

Le nombre de mesures délivrées par les micro-capteurs et les analyseurs d'Atmo Hauts-de-France permet d'évaluer les micro-capteurs.

Les taux de fonctionnement des différents capteurs pour les deux phases sont présentés dans le tableau suivant (P1 – P3) :

Tableau 2 : Taux de représentativité des données valides de micro-capteurs pendant les phases 1 et 3 (P1/P3)

Localisation	Capteur	Température	Humidité	PM10	PM2.5	PM1	NO ₂
Quiévrechain	20020070	0%/100%	0%/100%	0%/100%	0%/100%	0%/100%	0%/100%
Bruay-sur-l'Escaut	20020038	0%/100%	0%/100%	0%/100%	0%/100%	0%/100%	0%/100%
Condé-sur-l'Escaut	20020054	0%/100%	0%/100%	0%/100%	0%/100%	0%/100%	0%/100%
Aulnoy-lez-Valenciennes	20030066	100%/100%	100%/100%	100%/100%	100%/100%	100%/100%	81.1%/100%
Vieux-Condé	20030067	100%/91%	100%/91%	100%/91%	100%/91%	100%/91%	97%/91%
Maing	20030068	100%/100%	100%/100%	100%/100%	100%/100%	100%/100%	98%/100%
Anzin	20030070	100%/100%	100%/100%	100%/100%	100%/100%	100%/100%	98%/100%
Prouvy	20030073	100%/100%	100%/100%	100%/100%	100%/100%	100%/100%	99%/100%

Onnaing	20030074	100%/100%	100%/100%	100%/100%	100%/100%	100%/100%	100%/100%
Marly	20030075	100%/100%	100%/100%	100%/100%	100%/100%	100%/100%	100%/100%
Petite-Forêt	20030077	100%/100%	100%/100%	100%/100%	100%/100%	100%/100%	97%/100%
Beuvrages	20030079	100%/100%	100%/100%	100%/100%	100%/100%	100%/100%	97%/100%
Saint-Saulve	20030080	100%/0%	100%/0%	100%/0%	100%/0%	100%/0%	96%/0%
Valenciennes	20030083	100%/100%	100%/100%	100%/100%	100%/100%	100%/100%	85%/100%
Valenciennes Wallon	VA2	100%/100%	100%/100%	100%/100%	100%/100%	100%/100%	97%/100%
Valenciennes	MTVALE	100%/100%	100%/100%	-	-	-	-

Statistiques

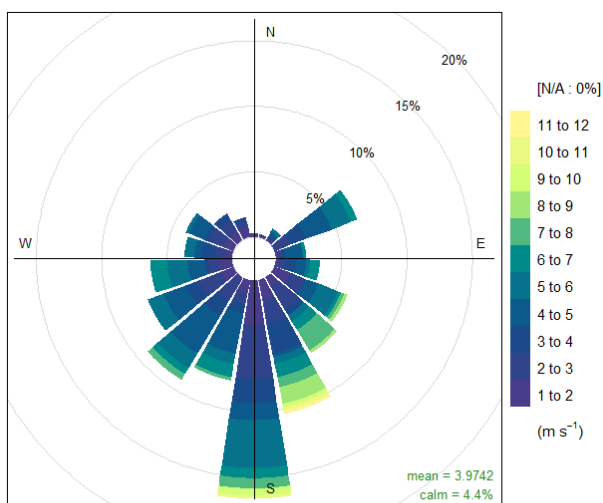
Les statistiques suivantes sont issues des mesures obtenues par la station de référence d'Atmo HdF. Les concentrations mesurées pendant les phases 1 et 3 d'étude restent dans la gamme des concentrations mesurées dans l'air ambiant. Pendant la phase 3, les concentrations en particules ont été plus basses par rapport à celles mesurées pendant la phase 1.

En ce qui concerne la météo, les statistiques sont issues des mesures obtenues par la station de référence Météo-France à Valenciennes. Les conditions météorologiques pendant la troisième phase sont moins dispersives (vitesse de vent plus faible par rapport à la phase 1) et avec un taux de précipitation moins important.

Tableau 2 : Statistiques des données de la station de référence d'Atmo HdF et Météo France pendant les phases 1 et 3 (P1/P3)

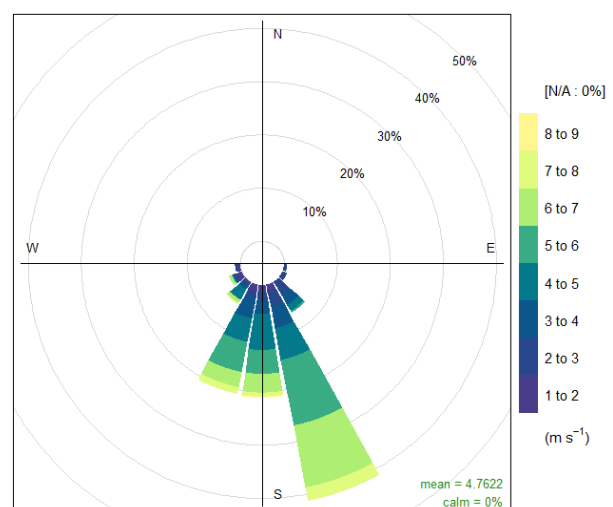
Statistiques/Paramètres	Température en degrés	Humidité en %	PM1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PM2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	NO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Min	2.3/7.2	36.5/52.4	0.9/1.4	1.2/2.3	1.9/3.7	4.0/3.5
Max	17.1/17.4	95.1/95.7	41.2/15.7	44.4/19.9	55.9/26.0	70.0/59.6
Moyenne	9.3/12.0	78.9/80.1	9.1/5.0	10.4/6.6	14.1/11.1	24.7/25.7
Médiane	9.3/12.4	81.9/82.5	6.3/4.4	7.4/6.2	10.4/10.7	21.3/26.5
Nb mesures	397/312	397/312	389/312	389/312	389/312	397/312

Statistiques/Paramètres	Température en degrés	Humidité en %	Précipitation en mm
Min	0.4/5.5	45.0/58.0	0/0
Max	16.1/16.4	98.0/99.0	5.2/4.3
Moyenne/Somme	8.4/11.1	82.5/84.9	63.4/11.5
Médiane	8.5/11.6	86.0/87.0	-
Nb mesures	408/312	408/312	408/312



Rose des vents à MétéoFrance Valenciennes du 01/03/2024 à 00h00 (TU) au 17/03/2024 à 00h00 (TU) (données horaires)

Phase 1



Rose des vents à MétéoFrance Valenciennes du 31/10/2025 à 00h00 (TU) au 13/11/2025 à 00h00 (TU) (données horaires)

Phase 3

Critères d'évaluation

La comparaison pour l'évaluation des micro-capteurs repose ici sur trois critères, exprimés ensuite sous forme d'un score (détails de la méthode de validation technique en [Annexe](#)) :

- La **pente** (ou coefficient de régression) fournit des informations sur la direction et la force de la relation entre les variables. Une pente proche de 1 (ou -1) indique une forte corrélation positive (ou négative) linéaire, tandis qu'une pente proche de 0 suggère une corrélation faible ou nulle.
- **L'ordonnée à l'origine** représente le point où la courbe des données des micro-capteurs intercepte l'axe des données de la station d'Atmo HdF lorsque toutes les autres variables sont nulles ou absentes.
- Le **coefficient de détermination** r^2 indique dans quelle mesure les variations de données des micro-capteurs sont expliquées par les variations de données de la station de référence. Plus elle rapproche la valeur de 1, plus la corrélation est représentative de la relation entre les variables.

La **note finale** est donc un nombre compris entre 0 et 10. Une note minimale de 5 est requise pour qu'une mesure soit considérée comme conforme dans le cadre d'une mesure indicative.

Résultats sur l'évaluation des micro capteurs

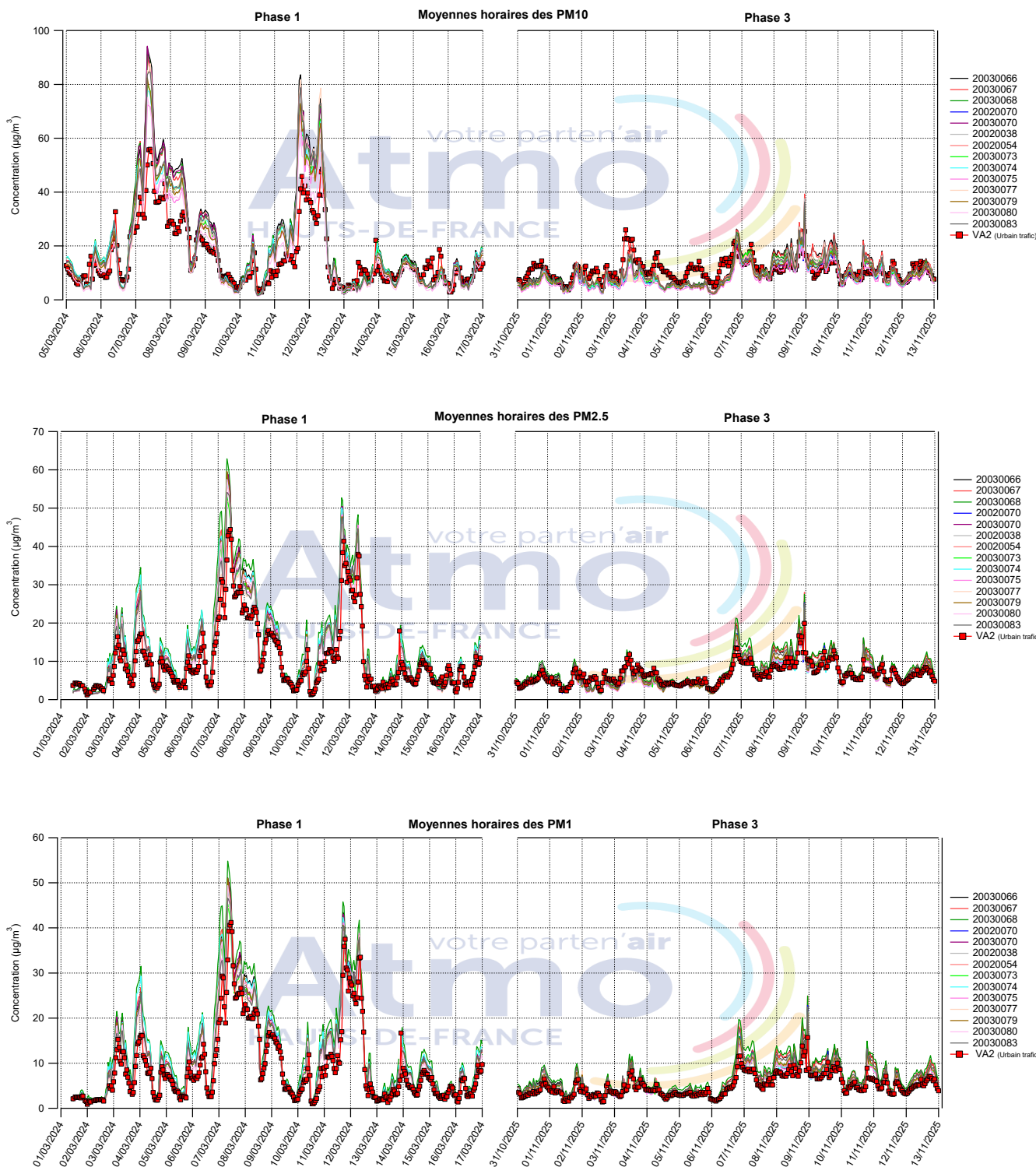
Evolution temporelle

Pour les 4 polluants étudiés, les courbes ainsi détaillées sont issues des données horaires valides. Les courbes issues des données journalières se trouvent en [Annexe](#).

À titre indicatif, l'évolution temporelle de la température et de l'humidité relative sont présentés. Ces données sont en moyenne journalière.

L'évolution temporelle des concentrations des particules et des paramètres météorologiques des micro-capteurs suivent en général celle de la mesure de référence. Pendant la phase 3 les concentrations ont été plus basses par rapport à celles pendant la phase 1.

En revanche, nous constatons une dispersion plus large pour les concentrations en NO₂.



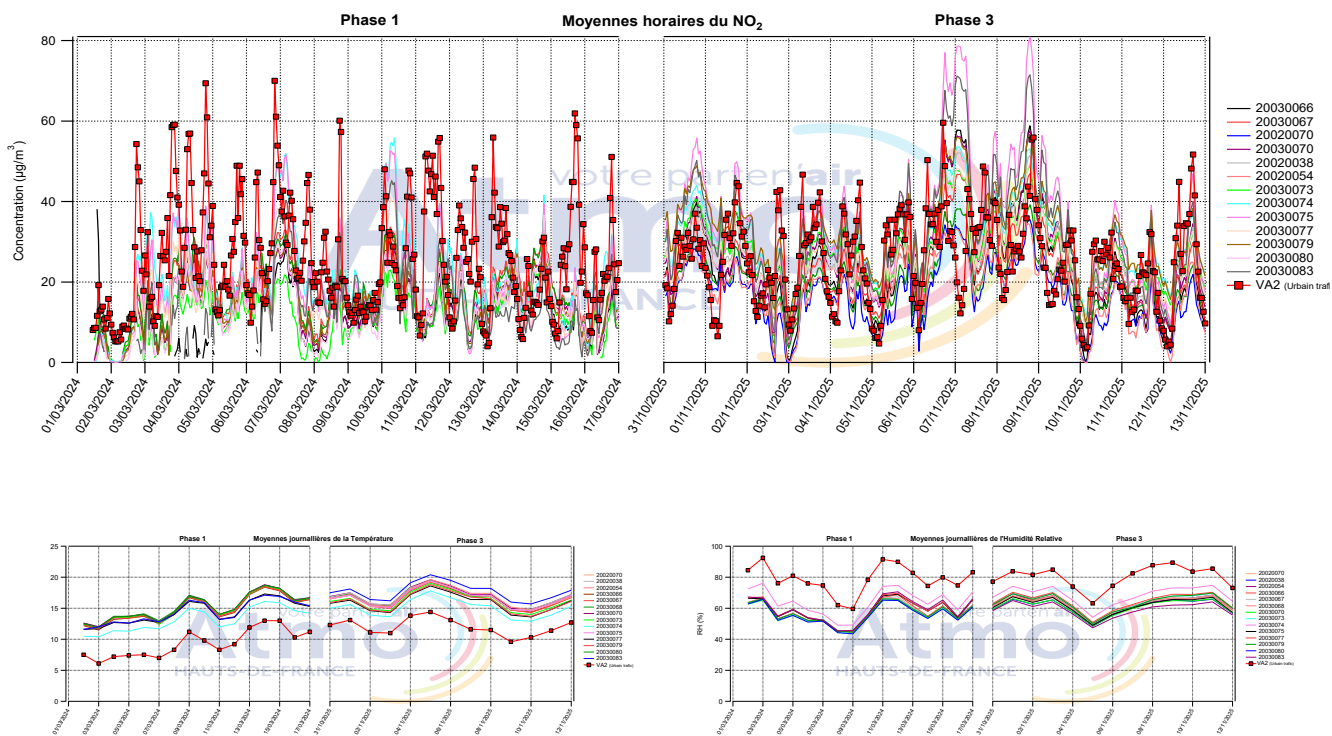


Figure 3 : Evolution des différents paramètres (données valides) pendant les deux phases d'évaluation des micro capteurs – Phases 1 et 3.

Comparaison

Après l'analyse de l'évolution temporelle, voici la comparaison pour la validation des micro-capteurs reposée sur les trois critères définis précédemment.

En ce qui concerne les particules, les **pentés** entre les données de micro-capteurs et celles de la référence sont comprises entre 1.25 et 1.61 pour les PM10 pendant la phase 1, tandis que pour les plus petites particules, sont entre 1.16 et 1.37 pour les PM2.5, et entre 1.07 et 1.27 pour les PM1. Ces pentés sont différentes par rapport aux pentés calculées pendant la phase 3 : entre 0.67 et 0.92 pour les PM10, entre 1.08 et 1.43 pour les PM2.5 et entre 1.16 et 1.57 pour les PM1. Ce changement sur les paramètres de quantification de facteurs de correction peut être lié aux conditions météorologiques ou au fonctionnement (limite de détection) / maintenance (pas de nettoyage de capteurs pendant toute la campagne) des micro-capteurs.

Il est important de souligner le rôle essentiel de ces deux phases d'évaluation, réalisées avant et après le déploiement des capteurs sur le territoire.

L'**ordonnée à l'origine** est autour de -2.5 ou 0.4 (P1 ou P3) pour les PM10, proche de zéro ou -1.4 pour les PM2.5 et autour de 1.3 ou -0.5 pour les plus petites particules, en restant peu élevée pendant les deux phases.

De plus, tous les **coefficients de détermination** sont supérieurs de 0.85 pour toutes les tailles confondues pendant la phase 1, ce qui indique une bonne corrélation. En revanche, pendant la phase 3, ce paramètre était dégradé pour les PM10, autour de 0.40.

Pour le NO₂, les pentés ont été calculées entre 0.06 et 0.49 pendant la phase 1 et légèrement plus élevées pendant la phase 3 : entre 0.36 et 0.79. Les coefficients de détermination n'ont pas dépassé 0.36 pendant les deux phases, ce qui n'indique pas une bonne corrélation. Les ordonnées à l'origine sont également significatives entre 5.6 et 10.6 pendant la phase 1 et entre 6.3 et 19.9 pendant la phase 3.

Concernant les paramètres météorologiques, la température et l'humidité relative, montrent une bonne corrélation entre les micro-capteurs et les valeurs de référence ($R^2 > 0.78$). Cependant, un offset d'environ 4-6 degrés pour la température et 20-30% pour l'humidité relative a également été détecté.

Tous les graphiques de corrélation se trouvent en [Annexe](#).

Tableau 3 : Pente entre les données valides de micro-capteurs et les données sur la station de référence (P1/P3).

Pente	Température	Humidité	PM10	PM2.5	PM1	NO ₂
20030066	0.97/0.98	0.71/0.67	1.61/0.91	1.28/1.35	1.18/1.46	0.06/0.64
20030067	0.96/1.01	0.7/0.67	1.55/0.92	1.25/1.41	1.15/1.5	0.26/0.5
20030068	0.97/0.99	0.7/0.69	1.56/0.84	1.37/1.43	1.27/1.57	0.26/0.36
20220070	-/0.98	-/0.7	-/0.75	-/1.23	-/1.34	-/0.4
20030070	0.96/0.98	0.68/0.68	1.57/0.76	1.28/1.15	1.17/1.24	0.23/0.57
20220038	-/0.97	-/0.69	-/0.86	-/1.2	-/1.29	-/0.47
20220054	-/0.96	-/0.68	-/0.81	-/1.15	-/1.24	-/0.44
20030073	0.97/0.99	0.7/0.73	1.4/0.79	1.16/1.21	1.07/1.31	0.15/0.41
20030074	0.95/0.98	0.83/0.76	1.38/0.72	1.26/1.08	1.15/1.16	0.43/0.44
20030075	0.93/0.97	0.74/0.68	1.29/0.67	1.21/1.11	1.11/1.2	0.49/0.79
20030077	0.93/0.97	0.74/0.72	1.5/0.85	1.16/1.26	1.07/1.35	0.35/0.43
20030079	0.97/0.97	0.68/0.7	1.39/0.78	1.26/1.18	1.15/1.27	0.2/0.49
20030080	0.98/-	0.69/-	1.25/-	1.21/-	1.11/-	0.25/-
20030083	0.91/0.95	0.75/0.62	1.48/0.82	1.19/1.25	1.1/1.36	0.2/0.72

Tableau 4 : Ordonnée à l'origine entre les données valides de micro-capteurs et les données sur la station de référence (P1/P3).

Ordonnée à l'origine	Température	Humidité	PM10	PM2.5	PM1	NO ₂
20030066	5.73/4.73	1.37/9	-2.99/0.83	0.15/-1.41	1.35/-0.43	10.62/7.26
20030067	6.02/4.47	1.93/8.78	-2.76/0.54	0.16/-1.98	1.36/-0.76	10.42/9.63
20030068	6.19/4.85	1.88/7.3	-2.5/0.42	0.97/-1.45	2.2/-0.42	10.2/10.36
20220070	-/4.87	-/6.06	-/0.3	-/-1.64	-/-0.72	-/6.4
20030070	6.15/5.14	2.47/6.76	-2.94/0.21	0.05/-1.37	1.31/-0.5	8.48/11.81
20220038	-/5.1	-/5.85	-/0.04	-/-1.52	-/-0.6	-/14.03
20220054	-/5.26	-/8.29	-/0.73	-/-1.16	-/-0.33	-/6.33
20030073	5.93/4.28	1.87/5.48	-2.09/0.32	0.37/-1.64	1.51/-0.75	7.28/16.9
20030074	4.21/3.31	-0.83/7.97	-1.08/0.77	0.81/-0.9	1.98/-0.11	8.84/19.65
20030075	5.65/5.06	0.83/6.88	-1.75/0.14	-0.01/-1.38	1.18/-0.54	5.56/13.63
20030077	5.62/4.24	0.83/7.11	-3.43/0.14	-0.31/-1.78	0.84/-0.78	6.55/15.27
20030079	5.88/4.3	3.82/7.47	-2.38/0.48	-0.14/-1.35	1.15/-0.44	10/19.86
20030080	5.99/-	1.56/-	-2.67/-	-0.31/-	0.88/-	6.96/-
20030083	5.83/6.24	0.61/9.62	-2.67/0.72	0.22/-1.22	1.38/-0.3	8.46/13.46

Tableau 5 : Coefficient de détermination entre les données valides de micro-capteurs et les données sur la station de référence (P1/P3).

Coefficient de détermination	Température	Humidité	PM10	PM2.5	PM1	NO ₂
20030066	0.89/0.89	0.87/0.87	0.86/0.41	0.91/0.84	0.92/0.94	0.01/0.32
20030067	0.89/0.88	0.87/0.86	0.86/0.41	0.9/0.84	0.91/0.95	0.24/0.35
20030068	0.88/0.9	0.88/0.88	0.85/0.42	0.89/0.83	0.89/0.94	0.24/0.29
20220070	-/0.89	-/0.86	-/0.42	-/0.84	-/0.95	-/0.3
20030070	0.89/0.91	0.88/0.88	0.86/0.43	0.92/0.85	0.92/0.95	0.23/0.31
20220038	-/0.93	-/0.91	-/0.44	-/0.85	-/0.95	-/0.28
20220054	-/0.83	-/0.78	-/0.44	-/0.84	-/0.95	-/0.38
20030073	0.9/0.85	0.88/0.82	0.86/0.41	0.91/0.84	0.91/0.95	0.13/0.3
20030074	0.87/0.89	0.88/0.85	0.85/0.42	0.89/0.82	0.89/0.92	0.29/0.31
20030075	0.85/0.89	0.84/0.86	0.86/0.44	0.92/0.84	0.92/0.95	0.36/0.29
20030077	0.86/0.87	0.85/0.84	0.86/0.45	0.92/0.86	0.93/0.96	0.34/0.32
20030079	0.89/0.84	0.87/0.8	0.87/0.46	0.91/0.84	0.92/0.94	0.17/0.3
20030080	0.89/-	0.88/-	0.86/-	0.91/-	0.92/-	0.23/-
20030083	0.85/0.87	0.83/0.82	0.86/0.45	0.92/0.84	0.92/0.94	0.09/0.31

Note finale et facteurs de correction appliqués

Finalement, les notes calculées pour les particules et pour les paramètres météorologiques sont comprises entre 6.2 et 9.3, alors que pour le NO₂, elles sont inférieures à 4.5.

Tableau 6 : Note finale.

Note	Température	Humidité	PM10	PM2.5	PM1	NO ₂
20030066	8.3/8.5	8.3/7.0	7.1/6.6	8.8/8.0	8.8/8.5	1.1/4.4
20030067	8.2/8.5	8.2/7.0	7.3/6.7	8.8/7.7	8.9/8.3	2.8/4.0
20030068	8.2/8.5	8.2/7.3	7.3/6.6	8.3/7.6	8.3/8.2	2.8/3.3
20020070	-/8.4	-/7.4	-/6.4	-/8.3	-/8.8	-/3.8
20030070	8.2/8.5	8.0/7.4	7.3/6.5	8.9/8.6	8.9/9.0	2.8/3.7
20020038	-/8.6	-/7.7	-/6.8	-/8.4	-/8.9	-/3.2
20020054	-/8.0	-/6.7	-/6.5	-/8.6	-/9.1	-/4.4
20030073	8.3/8.4	8.2/7.4	7.8/6.5	9.0/8.3	9.0/8.8	2.3/3.0
20030074	8.4/8.7	8.8/7.3	8.0/6.2	8.6/8.7	8.7/9.2	3.6/3.0
20030075	8.0/8.4	8.4/7.3	8.2/6.3	9.1/8.6	9.1/9.1	4.5/4.1
20030077	8.1/8.4	8.4/7.2	7.3/6.9	9.1/8.2	9.3/8.7	3.9/3.2
20030079	8.3/8.2	7.8/7.0	7.8/6.6	8.9/8.4	8.9/8.9	2.3/3.1
20030080	8.3/-	8.3/-	8.1/-	9.0/-	9.1/-	3.1/-
20030083	7.9/8.1	8.4/6.6	7.5/6.6	9.1/8.3	9.1/8.7	2.0/4.0

Pour donner suite aux évaluations effectuées sur le site de Valenciennes Wallon, nous constatons que concernant les particules, les micro-capteurs ont surestimé les concentrations de PM10 d'environ 50% (entre 25% et 60%) pendant la phase 1, tandis que pendant la phase 3 cette tendance a été inversée : Les particules PM10 ont été sous-estimées par les capteurs de l'ordre de 20% (entre 8% et 33%). Pour les PM2.5, l'écart moyen (surestimation) s'élève à environ 25% (entre 16% et 37%) pendant la phase 1 et entre 8% et 43% pour la phase 3, et pour les PM1, il est d'environ 13% (entre 7% et 27%) pendant la phase 1 et entre 16% et 57% pendant la phase 3. En tenant compte du bon coefficient de détermination entre les variations de données pour les particules (>0.85 pour toutes les tailles confondues ; à l'exception des PM10 pendant la phase 3), la note finale de ce paramètre (PM) est supérieure de 6, ce qui signifie que **les mesures de particules sont considérées acceptables dans le cadre d'une mesure indicative**.

Par ailleurs, les notations des capteurs en NO₂ ne dépassent pas 4.5 sur 10 pendant les deux phases. Les concentrations de NO₂ ont été sous-estimées par les micro-capteurs d'environ 70% (entre 51% et 94%) pendant la phase 1 et entre 64% et 21% pendant la phase 3 et les coefficients de détermination n'ont pas dépassé 0.38. Pour ce paramètre, les données sont considérées comme **non exploitables quantitativement**.

Finalement, concernant les paramètres météorologiques, tels que la température et l'humidité relative, nous constatons une bonne corrélation entre les micro-capteurs et les valeurs de référence. Cependant, un offset d'environ 4-6 degrés pour la température et 20-30% pour l'humidité relative a également été détecté.

Afin que cette étude puisse répondre aux questionnements initiaux, les données des particules pendant la phase 2 (déploiement de micro-capteurs sur l'agglomération de Valenciennes) ont été corrigées en appliquant les facteurs de correction suivants selon la période. Une évolution significative des facteurs de correction est observée, surtout pour les particules PM10 et PM1. Une hypothèse pour expliquer cette observation repose sur l'impact de la température et de l'humidité sur la mesure des particules par les micro-capteurs. En effet, une augmentation de l'humidité relative (ou une baisse de la température) peut entraîner une surestimation des concentrations : une particule de la fraction PM2.5 qui absorbe de l'eau en surface peut augmenter de taille et être alors comptée comme une particule de la fraction PM10 par les micro-capteurs.

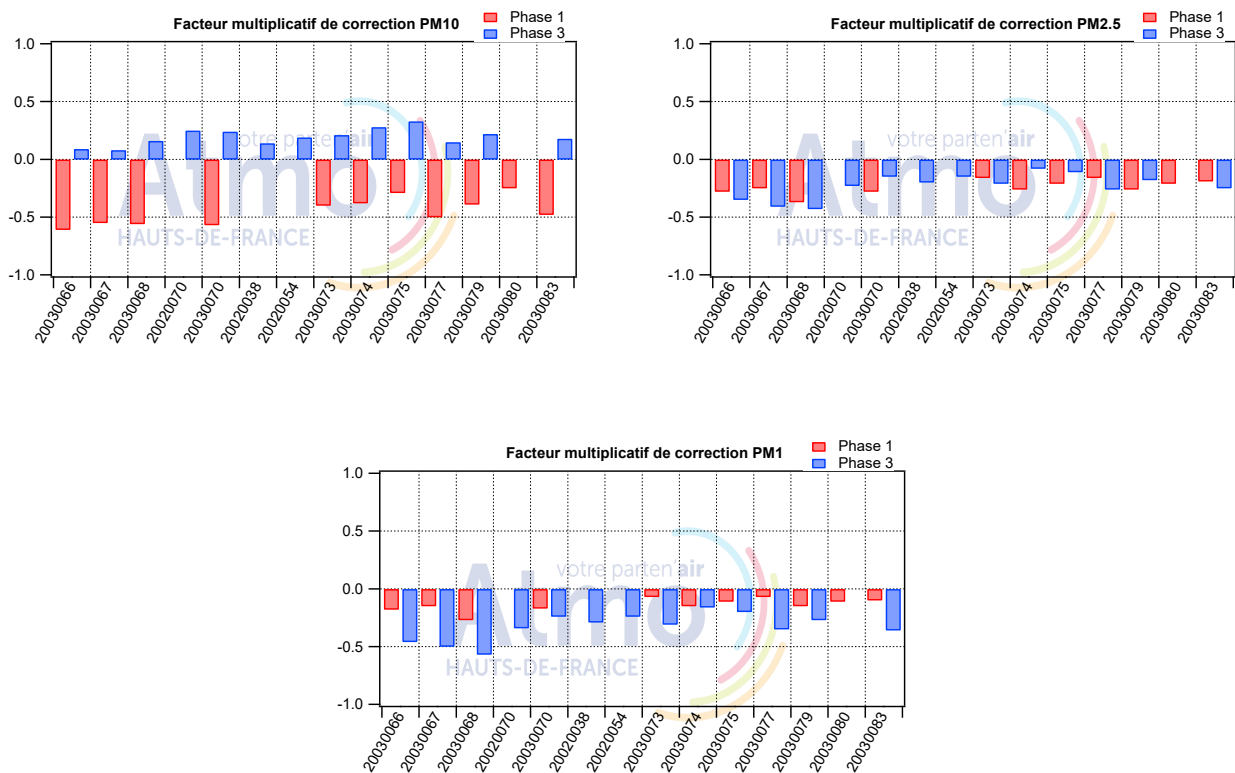


Figure 4 : Facteurs de correction des micro capteurs – Phases 1 et 3.

Afin qu'on puisse choisir les périodes d'application de différents facteurs, les séries temporelles des particules PM10 (fraction la plus impactée) de tous les capteurs (en gris) ont été comparées avec les données obtenues par les stations fixes du réseau Atmo HdF (Valenciennes Wallon en rouge et Valenciennes Acacias en bleu). Un changement de comportement est observé à partir du 01/04/2025. En effet, on remarque également un changement sur la température (en marron) et l'humidité relative (en bleu) pendant cette période, ce qui renforce l'hypothèse exprimée ci-dessus.

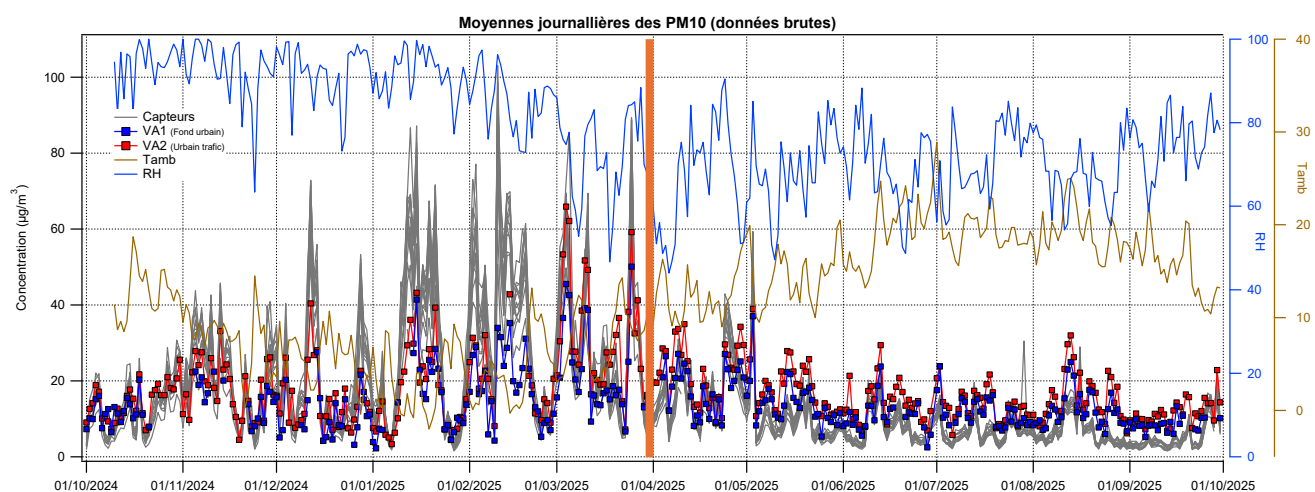


Figure 5 : Evolution des particules PM10 (données valides brutes) pendant la deuxième phase de la campagne (Moyennes journalières en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Ainsi,

- les **facteurs de correction issus de la phase 1** ont été appliqués aux données de la phase 2 pour la période du **01/10/2024 au 31/03/2025**,
- tandis que les **facteurs obtenus lors de la phase 3** ont été appliqués aux données de la phase 2 pour la période du **01/04/2025 au 30/09/2025**.

Concernant les quatre capteurs qui n'ont pas été évalués sur les deux phases (les capteurs **20020038**, **20020054** et **20020070** évalués uniquement en phase 3, et le capteur **20030080** évalué uniquement en phase 1), une **moyenne des facteurs de correction** a été utilisée pour la période où ils ne disposaient pas d'évaluation spécifique.

Tableau 7 : Facteurs de correction selon la période.

Facteur de correction	PM10		PM2.5		PM1	
	Du 01/10/2024 au 31/03/2025	Du 01/04/2025 au 30/09/2025	Du 01/10/2024 au 31/03/2025	Du 01/04/2025 au 30/09/2025	Du 01/10/2024 au 31/03/2025	Du 01/04/2025 au 30/09/2025
20030066	-61%	9%	-28%	-35%	-18%	-46%
20030067	-55%	8%	-25%	-41%	-15%	-50%
20030068	-56%	16%	-37%	-43%	-27%	-57%
20020070	-45%	25%	-24%	-23%	-14%	-34%
20030070	-57%	24%	-28%	-15%	-17%	-24%
20020038	-45%	14%	-24%	-20%	-14%	-29%
20020054	-45%	19%	-24%	-15%	-14%	-24%
20030073	-40%	21%	-16%	-21%	-7%	-31%
20030074	-38%	28%	-26%	-8%	-15%	-16%
20030075	-29%	33%	-21%	-11%	-11%	-20%
20030077	-50%	15%	-16%	-26%	-7%	-35%
20030079	-39%	22%	-26%	-18%	-15%	-27%
20030080	-25%	19%	-21%	-23%	-11%	-33%
20030083	-48%	18%	-19%	-25%	-10%	-36%

DEPLOIEMENT DES CAPTEURS SUR LE TERRITOIRE (Phase 2)

PM10

L'évolution temporelle des concentrations brutes de particules PM10 mesurées par les micro-capteurs suit généralement les tendances observées dans les mesures des deux stations de référence. Les concentrations en moyenne journalière sont comprises entre 10 µg/m³ (Quiévrechain et Onnaing) et 14 µg/m³ (Bruay-sur-l'Escaut). Les concentrations mesurées sur les stations fixes sont 14 µg/m³ (Valenciennes Acacias-VA1) et 18 µg/m³ (Valenciennes Wallon-VA2).

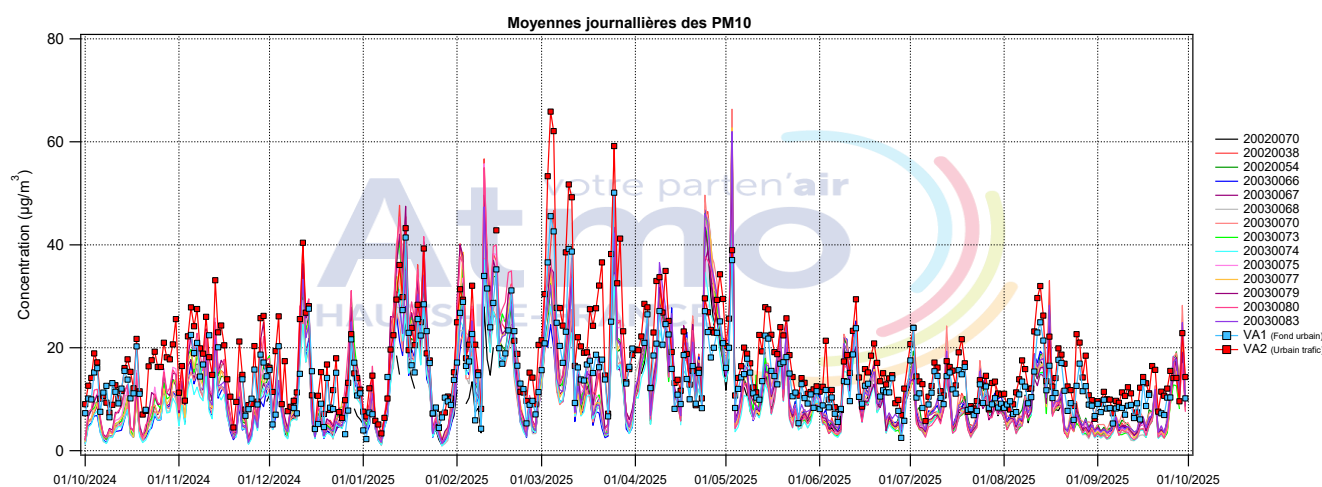


Figure 6 : Evolution des particules PM10 (données valides corrigées) pendant la deuxième phase de la campagne (Moyennes journalières en µg/m³)

La figure suivante montre les concentrations des PM10 corrigées pour tous les points de mesures. Les concentrations sont dans le même ordre de grandeur, voire légèrement moins élevées, que celles mesurées par les stations de référence.

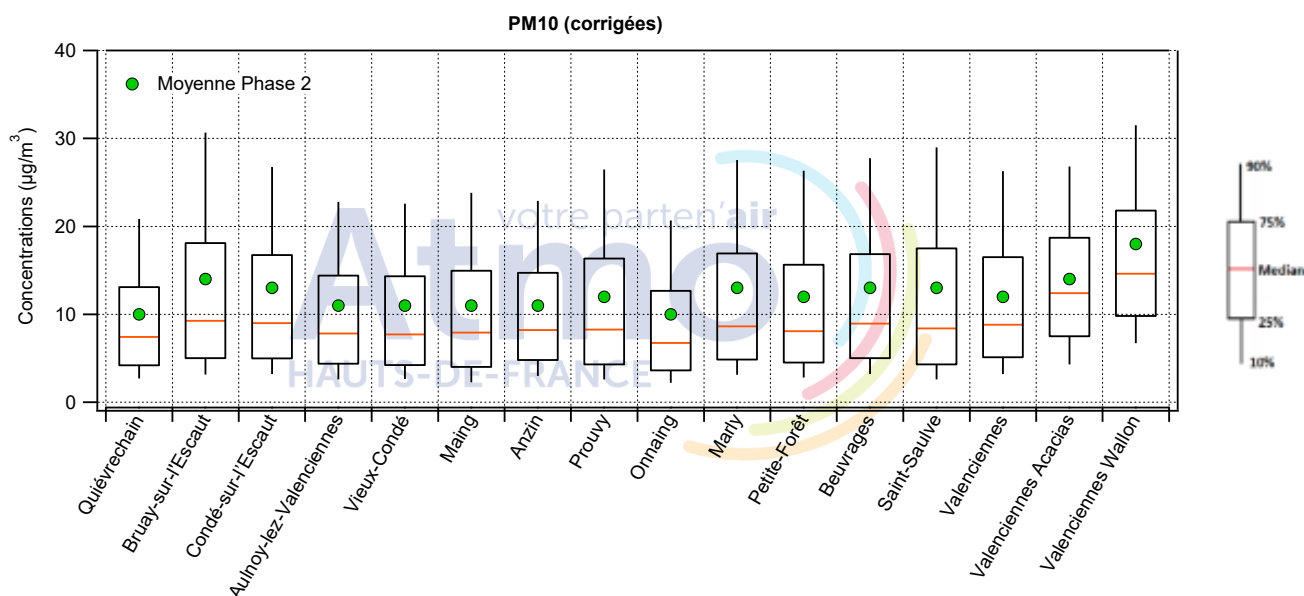


Figure 7 : Concentrations des particules PM10 (données valides corrigées) pendant la deuxième phase de la campagne.

Les concentrations moyennes (corrigées) les moins élevées ont été mesurées à Onnaing et à Quiévrechain avec des concentrations de 10 µg/m³ pour les PM10. Ces concentrations sont inférieures aux concentrations mesurées aux deux stations de référence (Valenciennes Acacias : 14 µg/m³ et Valenciennes Wallon : 18 µg/m³).

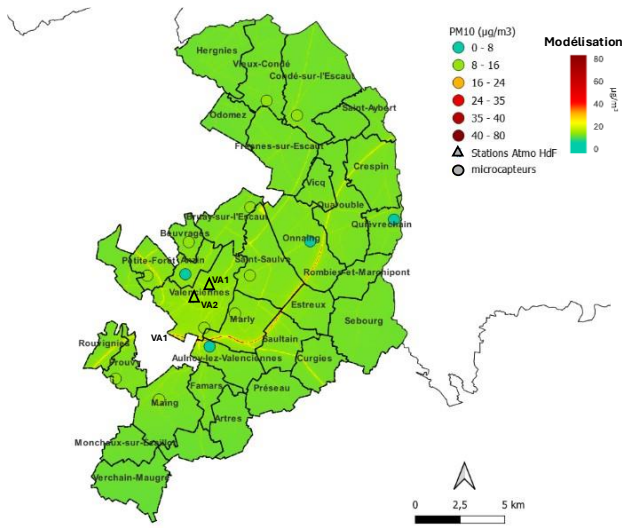
Les concentrations à Vieux-Condé, à Aulnoy-lez-Valenciennes, à Maing, à Arzin, à Petite-Forêt, à Prouvy, à Valenciennes, à Condé-sur-l'Escaut, à Marly, à Saint-Saulve, et à Beuvrages sont de 11 à 13 µg/m³. Le point des mesures à Bruay-sur-l'Escaut a montré des concentrations les plus élevées (14 µg/m³).

Les figures suivantes présentent une synthèse des concentrations mesurées sur le territoire (carré), ainsi que la carte de la modélisation à fine échelle par trimestre (carte de fond). Les barres de couleur correspondent à la gamme des concentrations mesurées ou modélisées : à gauche échelle ajustée à la modélisation annuelle (échelle réglementaire) ; à droite échelle ajustée au polluant et à l'étude.

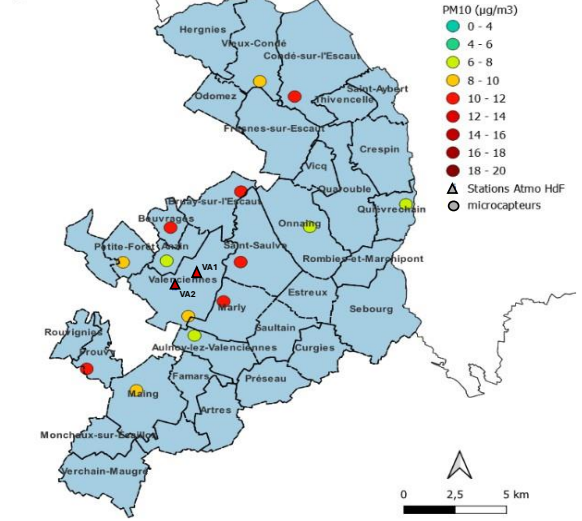
Les concentrations sont plus basses que les valeurs obtenues par la modélisation à fine échelle pendant les trimestres : 4-2024, 1-2025 et 3-2025 et plus proches de la modélisation annuelle pendant le trimestre 2-2025. Cette observation est liée aux incertitudes de mesures des capteurs et/ou à la typologie de chaque site (informations non obtenues).

En général, les concentrations des particules PM10 sont plus élevées pendant le trimestre 1-2025 (MC : 11-20 µg/m³ ; Valenciennes Wallon : 23 µg/m³) et plus basses pendant le trimestre 3-2025 (6-9 µg/m³ ; Valenciennes Wallon : 14 µg/m³).

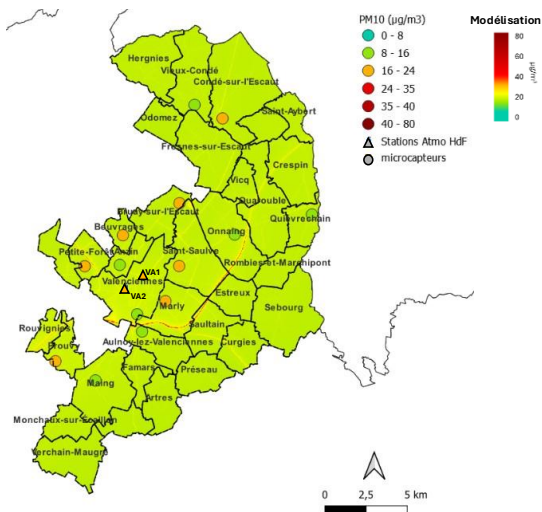
Carte PM10 corrigée et Modélisation annuelle Trimestre 4 2024



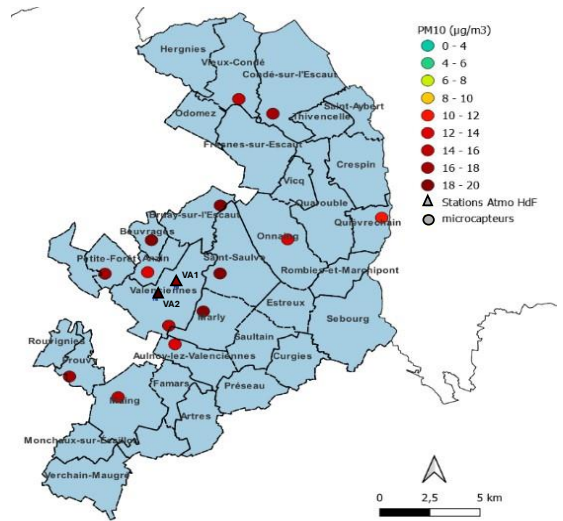
Carte PM10 corrigée Trimestre 4 2024



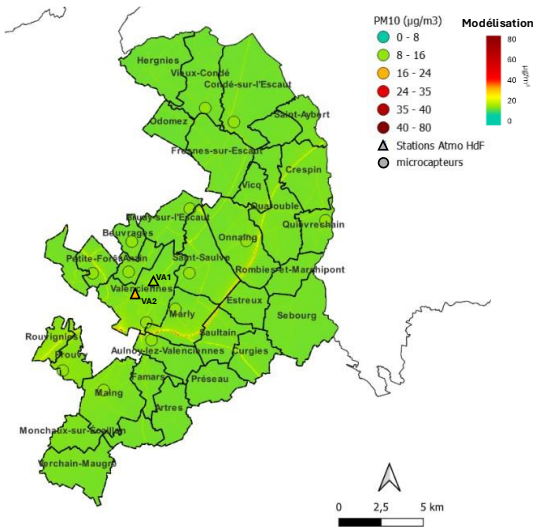
Carte PM10 corrigée et Modélisation annuelle Trimestre 1 2025



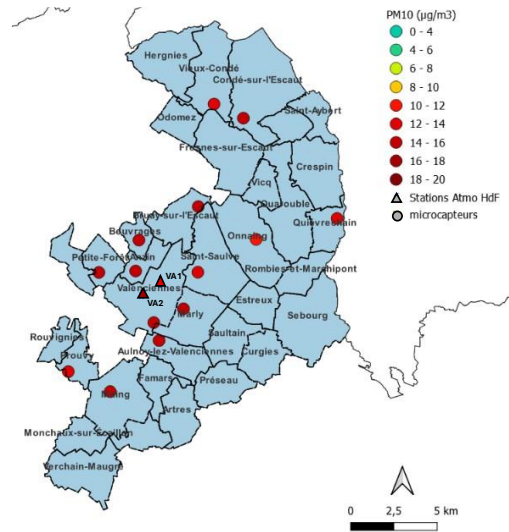
Carte PM10 corrigée Trimestre 1 2025



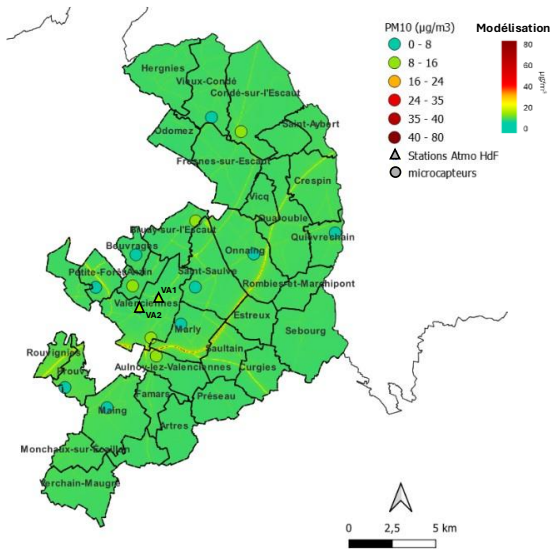
Carte PM10 corrigée et Modélisation annuelle Trimestre 2 2025



Carte PM10 corrigée Trimestre 2 2025



Carte PM10 corrigée et Modélisation annuelle Trimestre 3 2025



Carte PM10 corrigée Trimestre 3 2025

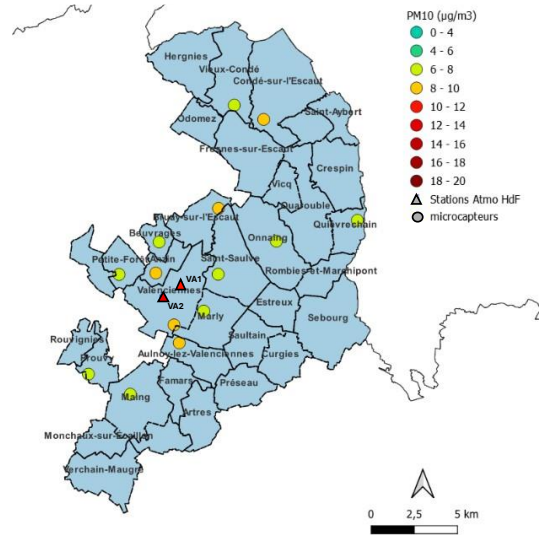


Figure 8 : Illustration des PM10 pendant la deuxième phase de la campagne superposées sur la carte de modélisation annuelle à fine échelle par trimestre (gauche) et à droite l'échelle ajustée au polluant et à l'étude.

PM2.5

L'évolution temporelle des concentrations brutes de particules PM2.5 mesurées par les micro-capteurs suit généralement les tendances observées dans les mesures des deux stations de référence. Les concentrations en moyenne journalière sont comprises entre 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Onnaing) et 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Beuvrages). Les concentrations mesurées sur la station fixe sont 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Valenciennes Wallon-VA2).

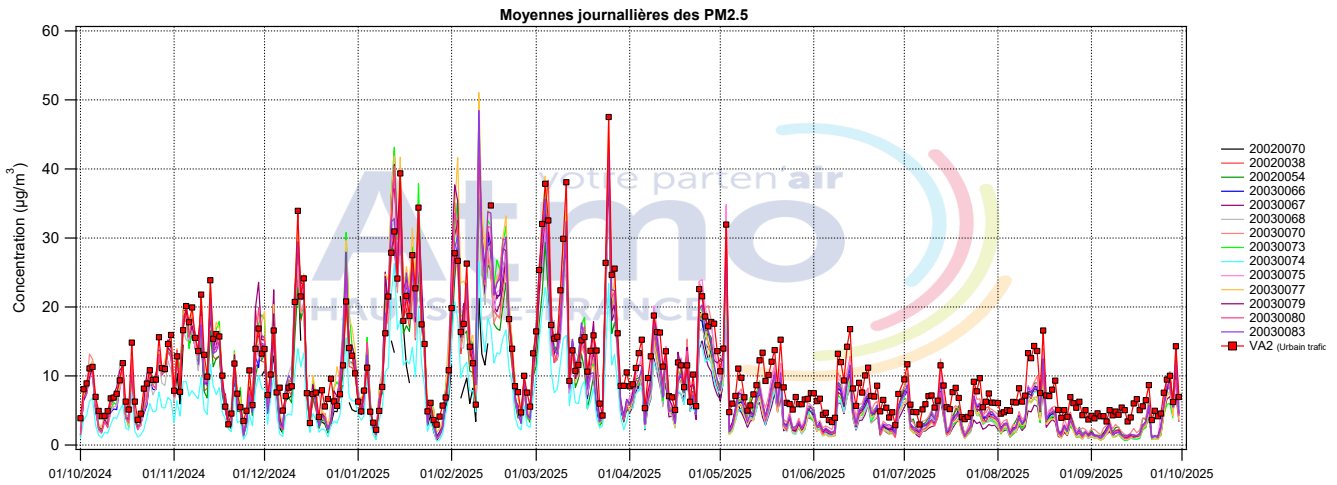


Figure 9 : Evolution des particules PM2.5 (données valides corrigées) pendant la deuxième phase de la campagne (Moyennes journalières en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

La figure suivante montre les concentrations des PM2.5 corrigées pour tous les points de mesures. Les concentrations sont dans le même ordre de grandeur, voire légèrement moins élevées, que celles mesurées par les stations de référence.

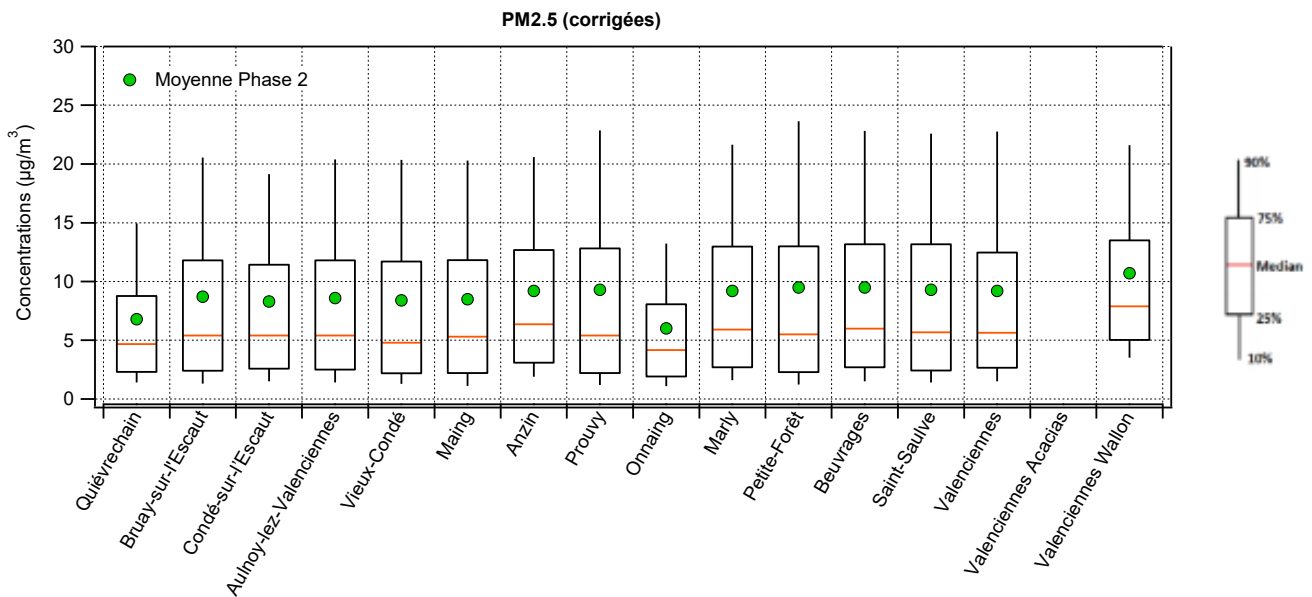


Figure 10 : Concentrations des particules PM2.5 (données valides corrigées) pendant la deuxième phase de la campagne.

Les concentrations moyennes (corrigées) les moins élevées ont été mesurées à Onnaing avec des concentrations de 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM2.5. Ces concentrations sont inférieures aux concentrations mesurées à la station de référence (Valenciennes Wallon : 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Les concentrations sur le reste du territoire sont entre 7 à 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Le point des mesures à Beuvrages a montré des concentrations les plus élevées (10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

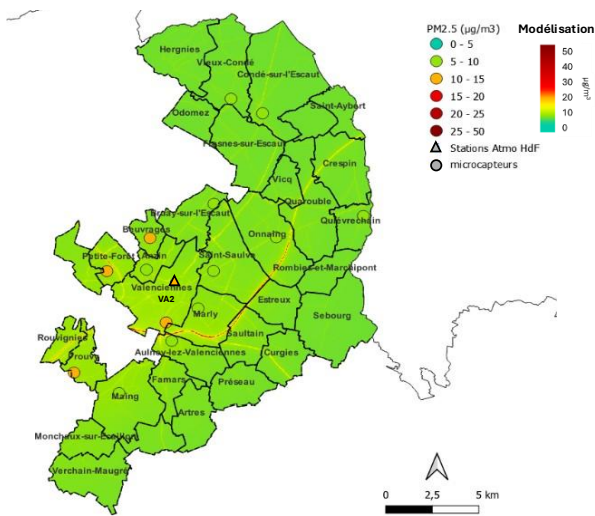
Les figures suivantes présentent une synthèse des concentrations mesurées sur le territoire (carré), ainsi que la carte de la modélisation à fine échelle par trimestre (carte de fond). Les barres de couleur correspondent à la

gamme des concentrations mesurées ou modélisées : à gauche échelle ajustée à la modélisation annuelle (échelle réglementaire) ; à droite échelle ajustée au polluant et à l'étude.

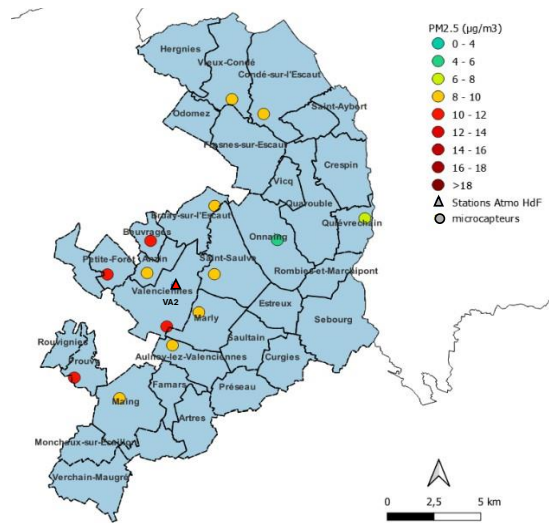
Les concentrations sont similaires aux valeurs obtenues par la modélisation à fine échelle pendant le trimestre 4-2024. En revanche, la tendance est différente pour les trimestres qui suivent (trimestre 1-2025, 2-2025 et 3-2025) les valeurs mesurées sont plus élevées pour le trimestre 1-2025 et plus basses pendant les trimestres 2-2025 et 3-2025 par rapport à la modélisation annuelle. Cette observation est liée aux incertitudes de mesures des capteurs et/ou à la typologie de chaque site (informations pas obtenues).

En général, comme pour les PM10, les concentrations des particules PM2.5 sont plus élevées pendant le trimestre 1-2025 (MC : 10-18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Valenciennes Wallon : 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et plus basses pendant le trimestre 3-2025 (3-4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Valenciennes Wallon : 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

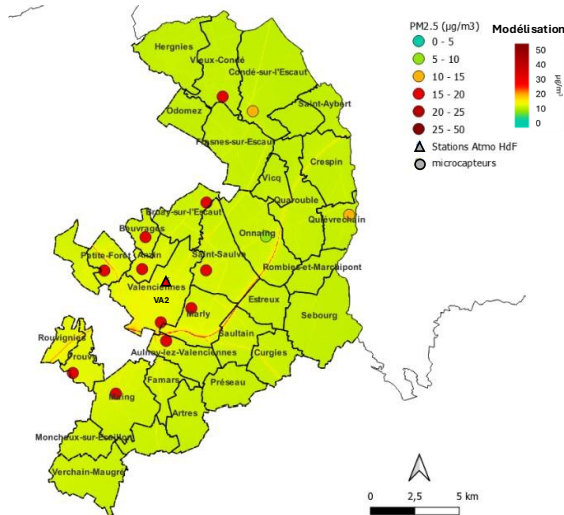
Carte PM2.5 corrigée et Modélisation annuelle Trimestre 4 2024



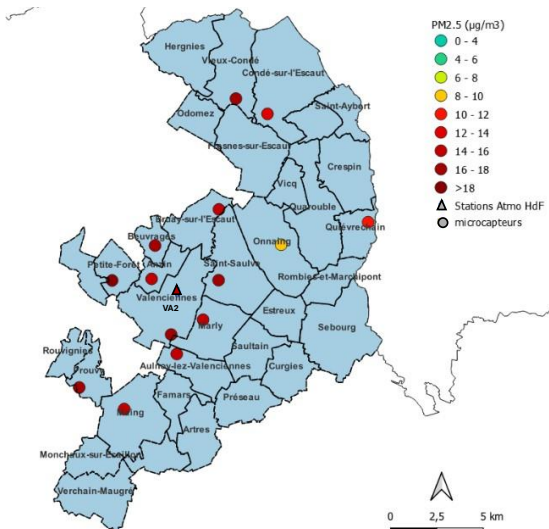
Carte PM2.5 corrigée Trimestre 4 2024



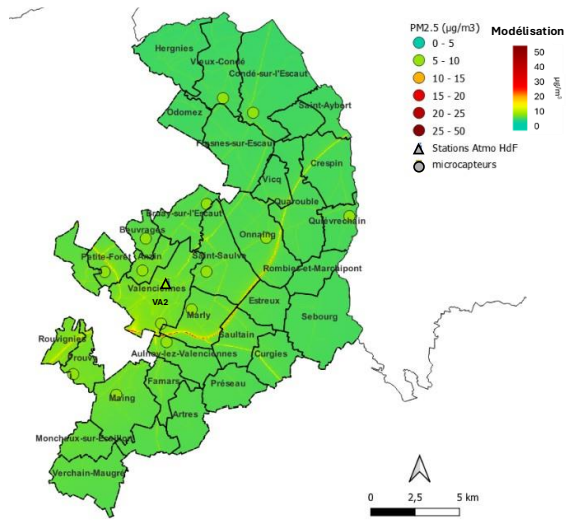
Carte PM2.5 corrigée et Modélisation annuelle Trimestre 1 2025



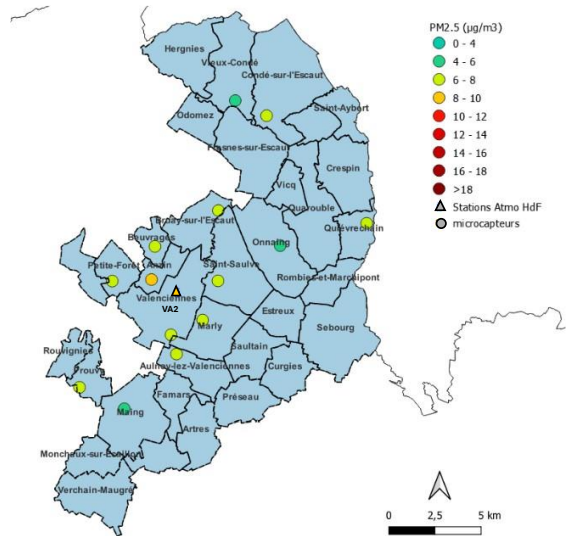
Carte PM2.5 corrigée Trimestre 1 2025



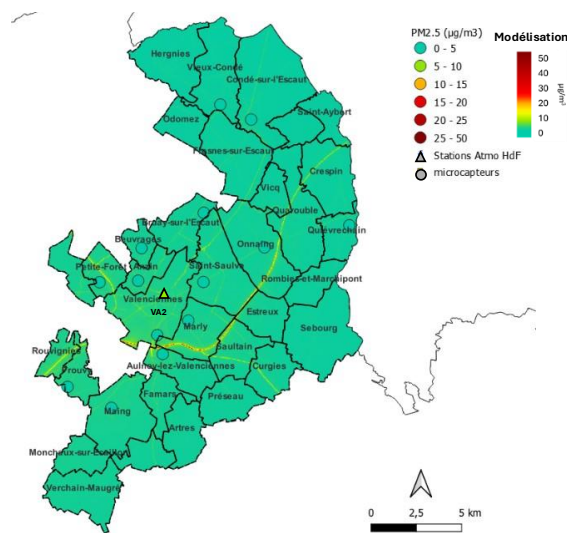
Carte PM2.5 corrigée et Modélisation annuelle Trimestre 2 2025



Carte PM2.5 corrigée Trimestre 2 2025



Carte PM2.5 corrigée et Modélisation annuelle Trimestre 3 2025



Carte PM2.5 corrigée Trimestre 3 2025

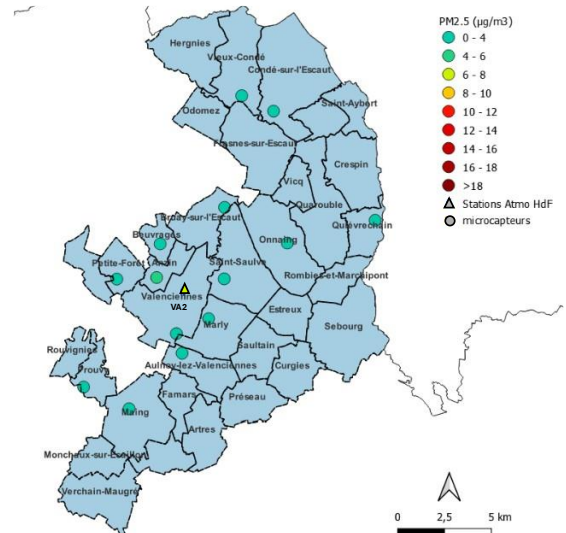


Figure 11 : Illustration des PM2.5 pendant la deuxième phase de la campagne superposées sur la carte de modélisation annuelle à fine échelle par trimestre (gauche) et à droite l'échelle ajustée au polluant et à l'étude.

Enfin, un **classement** a été réalisé à partir des concentrations moyennes trimestrielles afin d'identifier si les mêmes zones problématiques ("points chauds") apparaissent d'un trimestre à l'autre. À titre indicatif, l'analyse a porté plus particulièrement sur les données PM2.5 — moins influencées par le changement de facteur — ainsi que sur celles du NO₂. Le classement a été établi par trimestre sur une échelle allant de 1 à 14, la position 1 correspondant au capteur mesurant les concentrations les plus faibles et la position 14 à celui mesurant les concentrations les plus élevées :

- Stabilité modérée entre les trimestres ; les villes ne gardent pas un classement fixe, il y a des changements notables entre trimestres.
- Variations saisonnières ou locales marquées

- Les capteurs à Valenciennes (position 10-11 sur 14), à Beuvrages (position 10-13 sur 14) et à Aulnoy-lez-Valenciennes (position 4-7 sur 14) sont les plus stables en classement.
- Les capteurs à Petite-Forêt (position 14 sur 14 pendant les 2 premiers trimestres et 4-5 pendant les deux derniers), à Anzin (position 4-7 sur 14 pendant les 2 premiers trimestres et 14 pendant les deux derniers) et à Condé-sur-l'Escaut (position 3 sur 14 pendant les 2 premiers trimestres et 9-13 pendant les deux derniers) sont les moins stables en classement (beaucoup de variation entre trimestres)
- **En moyenne annuelle (6.0 – 9.5 µg/m³) : Onnaing → Quiévrechain → Condé-sur-l'Escaut → Vieux-Condé → Maing → Aulnoy-lez-Valenciennes → Bruay-sur-l'Escaut → Marly → Valenciennes → Anzin → Prouvy → Saint-Saulve → Petite-Forêt → Beuvrages**

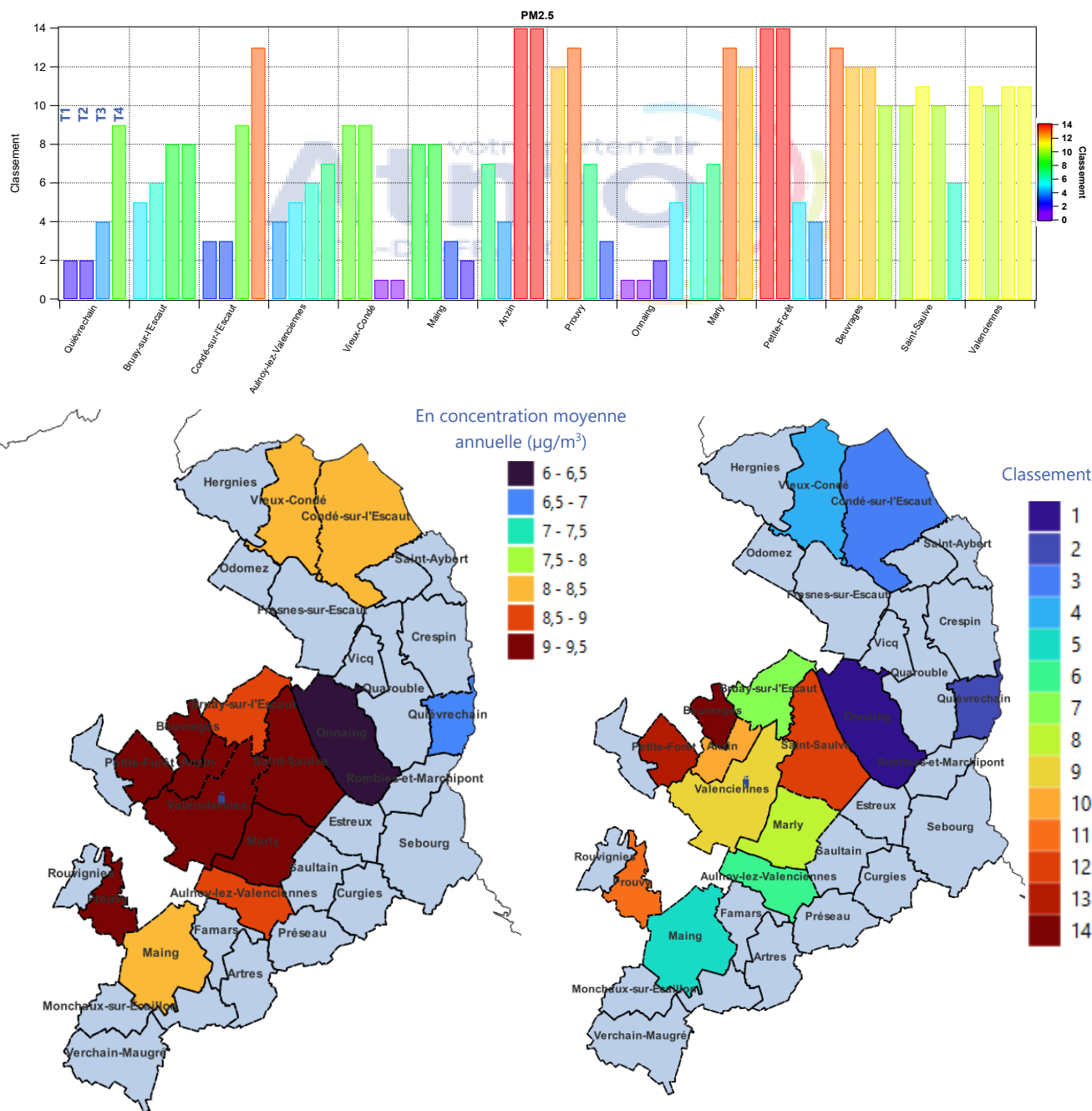


Figure 12 : Gauche : Illustration des PM2.5 en moyenne annuelle pendant la deuxième phase de la campagne ; échelle ajustée au polluant et à l'étude.

Droite : Classement des villes à partir des concentrations moyennes annuelles PM2.5- échelle de 1 (violet/bleu) à 14 (rouge), où la position 1 correspond au capteur mesurant les concentrations les plus faibles et la position 14 à celui mesurant les concentrations les plus élevées.

PM1

L'évolution temporelle des concentrations brutes de particules PM1 mesurées par les micro-capteurs suit généralement les tendances observées dans les mesures des deux stations de référence. Les concentrations en moyenne journalière sont comprises entre 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Onnaing) et 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Beuvrages). Les concentrations mesurées sur la station fixe sont 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Valenciennes Wallon-VA2).

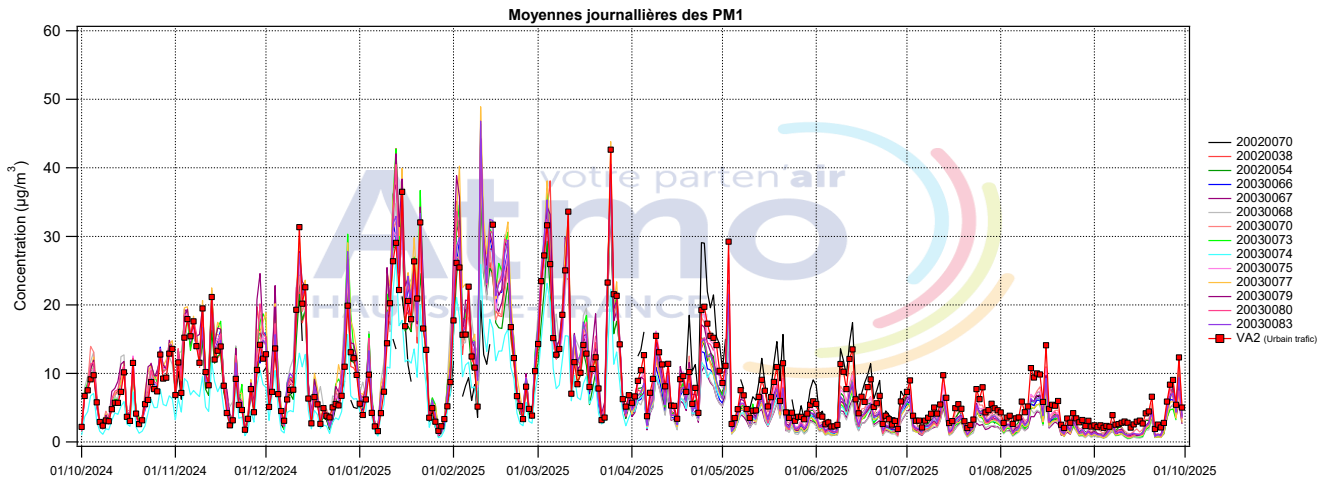


Figure 13 : Evolution des particules PM1 (données valides brutes) pendant la phase 2 (Moyennes journalières en $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

La figure suivante montre les concentrations des PM1 corrigées pour tous les points de mesures. Les concentrations sont dans le même ordre de grandeur que celles mesurées par les stations de référence.

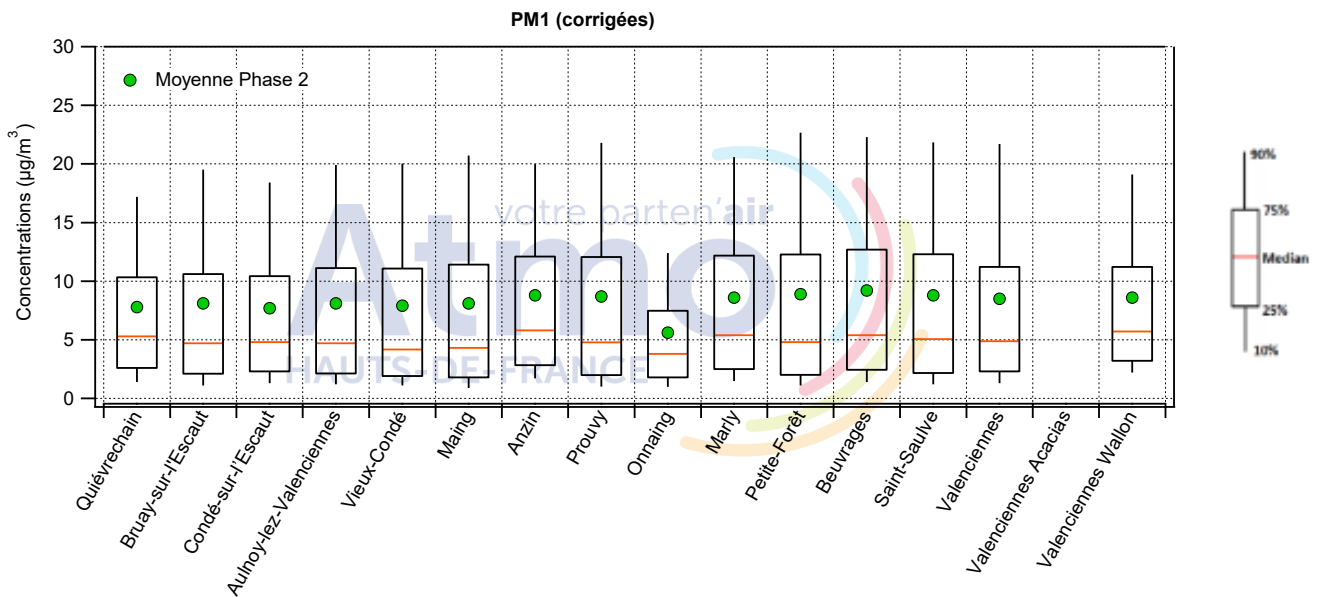


Figure 14 : Concentrations des particules PM1 (données valides corrigées) pendant la deuxième phase de la campagne.

Les concentrations moyennes les plus faibles ont été mesurées à Onnaing, avec 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne pour les PM1. Tous les autres capteurs ont enregistré des concentrations entre 8 et 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM1. Ces niveaux sont du même ordre de grandeur à ceux observés à Valenciennes Wallon (9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

La figure suivante présente une synthèse des concentrations mesurées sur le territoire. La barre de couleur correspond à la gamme des concentrations mesurées par trimestre (échelle ajustée au polluant et à l'étude).

En général, comme pour les PM10 et les PM2.5, les concentrations des particules PM1 sont plus élevées pendant le trimestre 1-2025 (MC : 10-18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Valenciennes Wallon : 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et plus basses pendant le trimestre 3-2025 (2-4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Valenciennes Wallon : 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

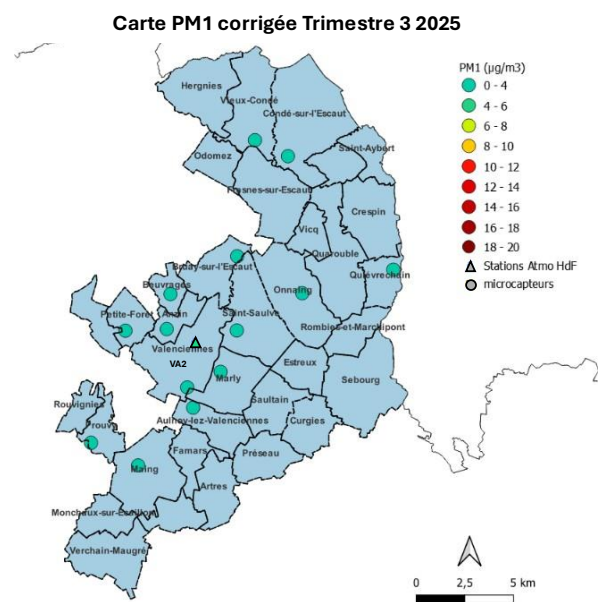
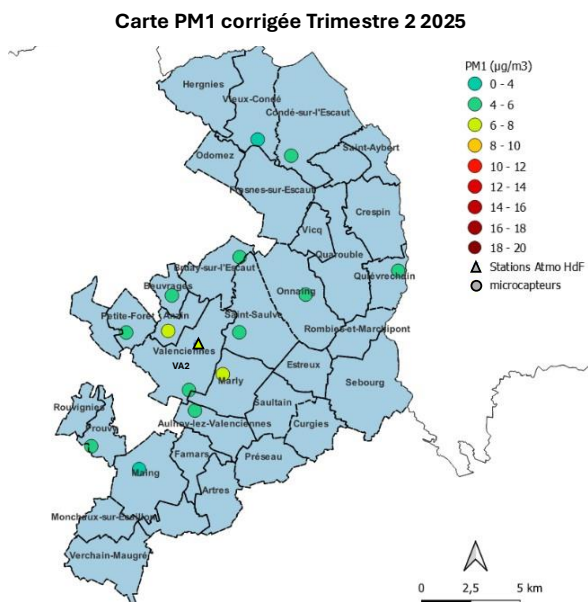
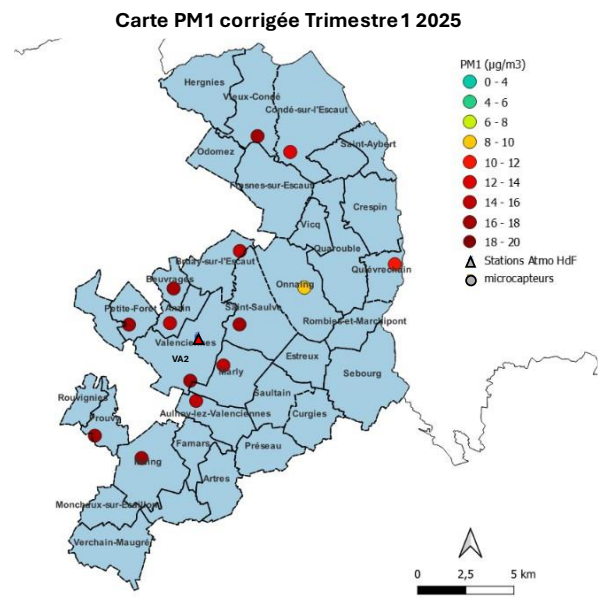
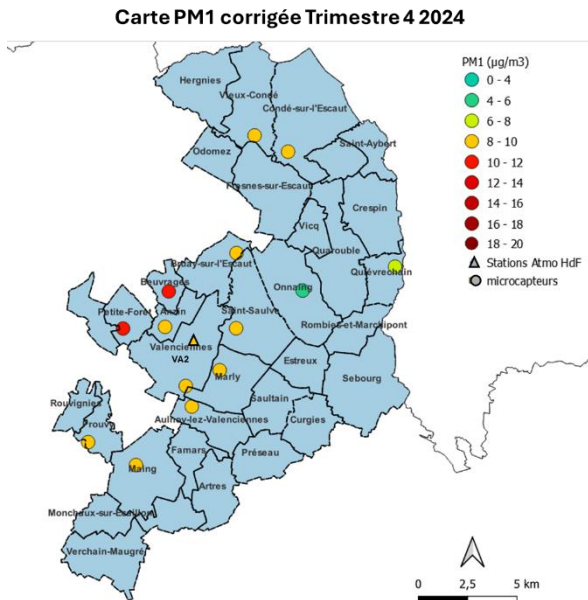


Figure 15 : Illustration des PM1 pendant la deuxième phase de la campagne.

NO₂

Pour rappel, les concentrations de NO₂ pendant les phases 1 et 3 ont été considérées comme non exploitables quantitativement. Elles étaient sous-estimées par les micro-capteurs d'environ 70% (entre 51% et 94%) pendant la phase 1 et entre 64% et 21% pendant la phase 3 et les coefficients de détermination n'ont pas dépassé 0.38.

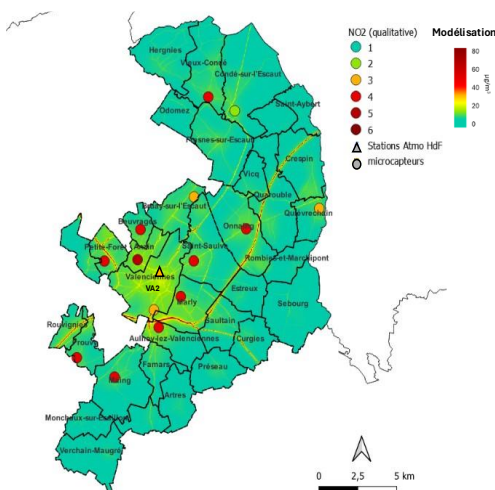
Pour ce polluant, l'évolution temporelle des concentrations de NO₂ mesurés par les micro-capteurs n'a pas été exploitée. Les données ont été exploitées uniquement qualitativement (Données corrigées à titre indicatif ; Figure 15).

La figure suivante présente une synthèse des concentrations mesurées sur le territoire (qualitative ; carré), ainsi que la carte de la modélisation à fine échelle par trimestre (carte de fond). Les barres de couleur correspondent à la gamme des concentrations mesurées ou modélisées : à gauche l'échelle est ajustée à la modélisation annuelle (échelle réglementaire) ; à droite l'échelle est ajustée au polluant et à l'étude.

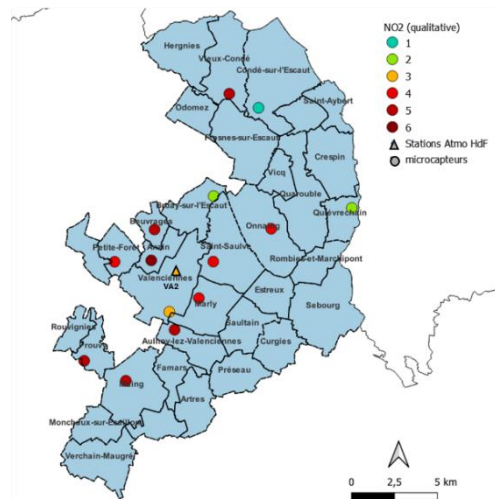
Ces données ne permettent pas une comparaison avec des valeurs modélisées.

Les concentrations moyennes les moins élevées ont été enregistrées à Valenciennes. Les concentrations de tous les capteurs sont supérieures aux concentrations mesurées à la station de référence à Valenciennes Wallon (Urbaine sous influence trafic). Les communes de Onnaing, de Beuvrages et de Prouvy ont révélé les concentrations les plus élevées.

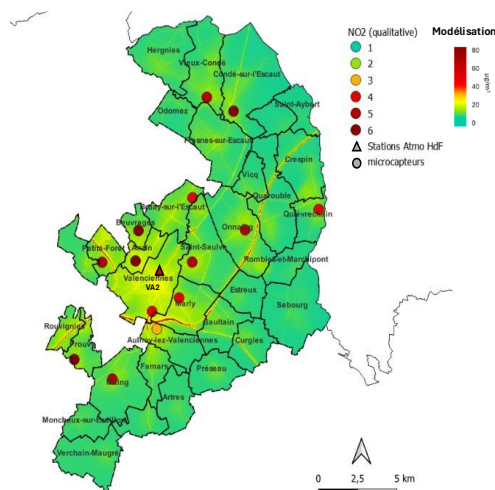
Carte NO₂ corrigée et Modélisation annuelle Trimestre 4 2024



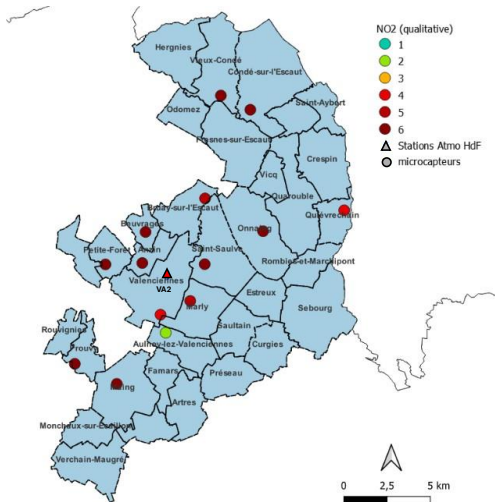
Carte NO₂ corrigée Trimestre 4 2024



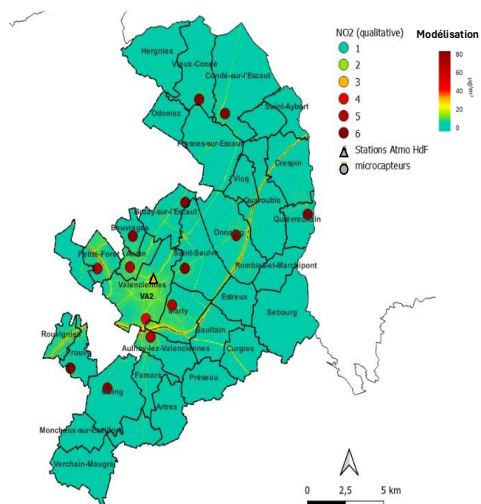
Carte NO₂ corrigée et Modélisation annuelle Trimestre 1 2025



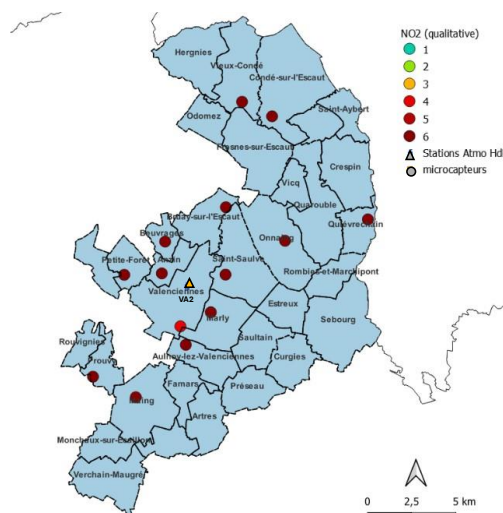
Carte NO₂ corrigée Trimestre 1 2025



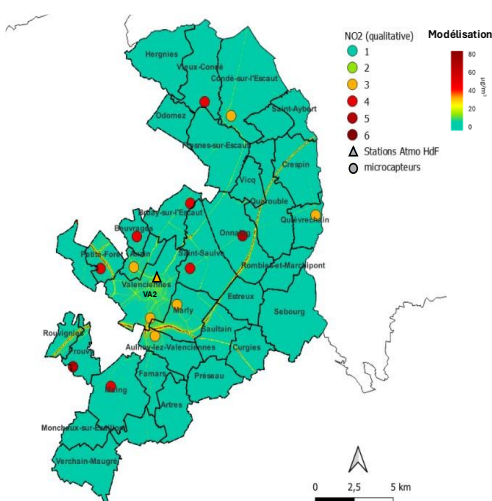
Carte NO2 corrigée et Modélisation annuelle Trimestre 2 2025



Carte NO2 corrigée Trimestre 2 2025



Carte NO2 corrigée et Modélisation annuelle Trimestre 3 2025



Carte NO2 corrigée Trimestre 3 2025

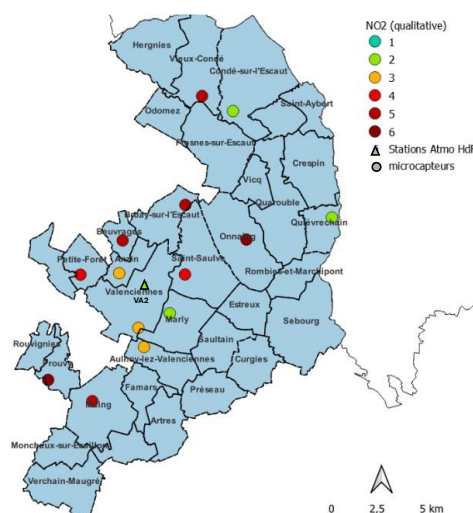


Figure 16 : Illustration qualitative du NO₂ pendant la deuxième phase de la campagne superposé sur la carte de modélisation annuelle à fine échelle par trimestre.

Enfin, comme pour les PM_{2.5}, un **classement** a été réalisé à partir des concentrations moyennes trimestrielles afin d'identifier si les mêmes zones problématiques ("points chauds") apparaissent d'un trimestre à l'autre. Le classement a été établi par trimestre sur une échelle allant de 1 à 14, la position 1 correspondant au capteur mesurant les concentrations les plus faibles et la position 14 à celui mesurant les concentrations les plus élevées.

En ce qui concerne le NO₂ :

- Stabilité plus forte ; le classement des villes est plus régulier dans le temps.
- Les capteurs à Vieux-Condé (position 9-12 sur 14), à Marly (position 3-5 sur 14) et à Saint-Saulve (position 6-8 sur 14) sont les plus stables en classement.
- Les capteurs à Quiévrechain (position 1-3 sur 14 pendant les 2 premiers trimestres et le dernier trimestre et 13 pendant le 3^{ème} trimestre), à Anzin (position 12-14 sur 14 pendant les 2 premiers trimestres et 5 pendant les deux derniers) et à Condé-sur-l'Escaut (position 2-6 sur 14 pendant les 3 premiers trimestres et 11 pendant le dernier) sont les moins stables en classement (beaucoup de variation entre trimestres)
- **En moyenne annuelle : Valenciennes → Aulnoy-lez-Valenciennes → Marly → Condé-sur-l'Escaut → Petite-Forêt → Quiévrechain → Bruay-sur-l'Escaut → Saint-Saulve → Anzin → Maing → Vieux-Condé → Onnaing → Beuvrages → Prouvy**

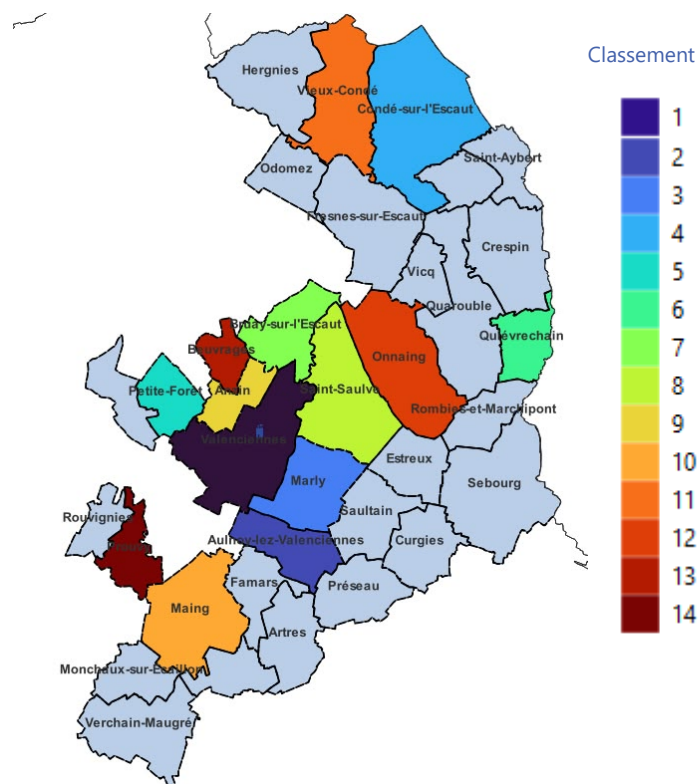
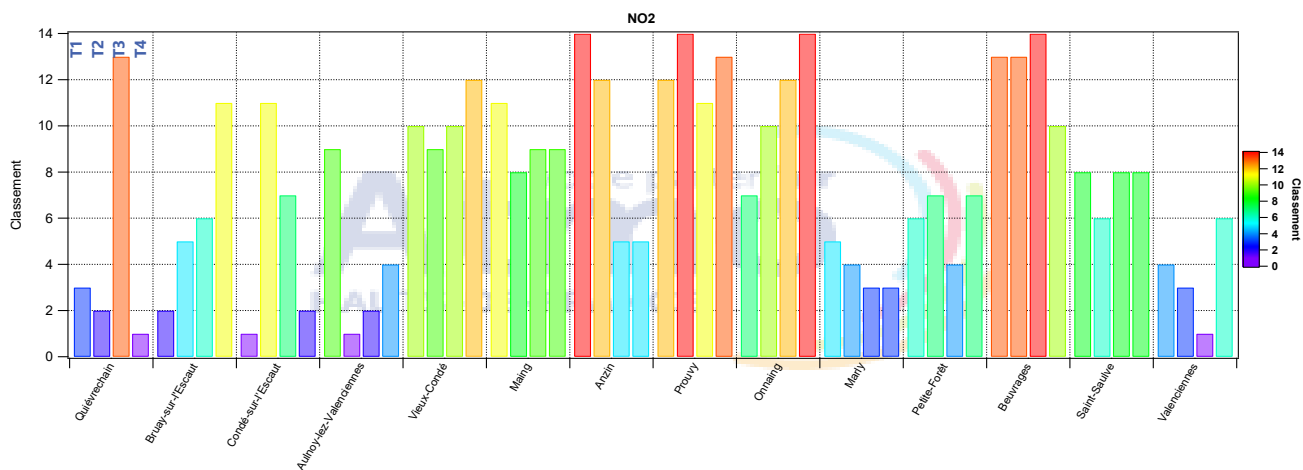


Figure 17 : Classement des villes à partir des concentrations moyennes annuelle NO₂- échelle de 1 (violet/bleu) à 14 (rouge), où la position 1 correspond au capteur mesurant les concentrations les plus faibles et la position 14 à celui mesurant les concentrations les plus élevées.

Paramètres météorologiques

L'évolution temporelle de la température et de l'humidité relative mesurées par les micro-capteurs suit les tendances observées dans les mesures des deux stations de référence. Cependant, un offset d'environ 4-9 degrés pour la température et 10-40% pour l'humidité relative a été détecté, qui a été également observé pendant les phases 1 et 3.

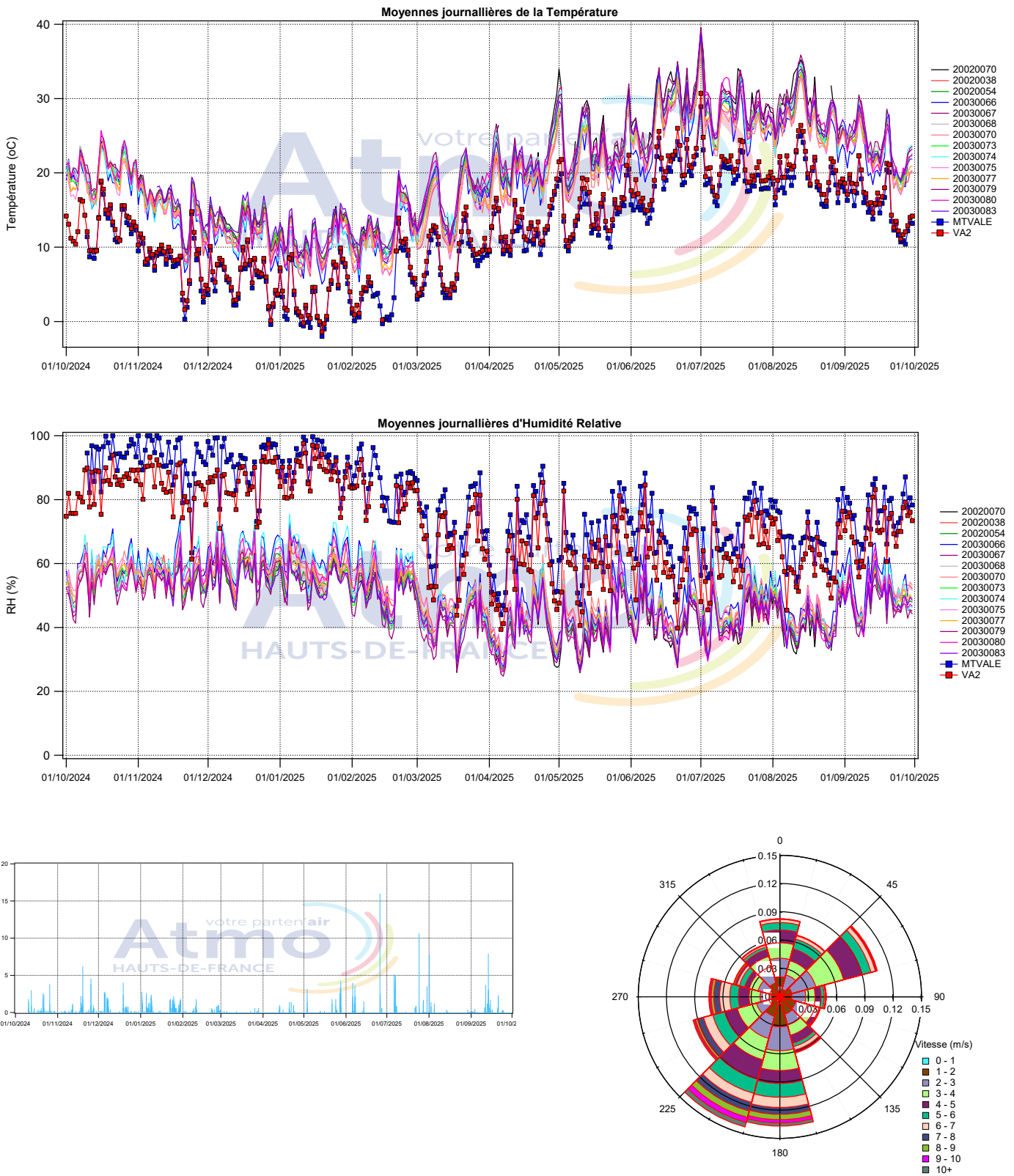


Figure 18 : Evolution des paramètres météorologiques (données MC valides brutes) pendant la deuxième phase de la campagne (Moyennes journalières pour la température et l'humidité relative ; données horaires pour la précipitation et de rose de vent).

CONCLUSION

Pour résumer, **l'évaluation des micro-capteurs a montré une surestimation des concentrations de PM10 d'environ 50%** (entre 25% et 60%), pendant la **phase 1**, tandis que pendant la **phase 3 cette tendance a été inversée** : Les particules **PM10 ont été sous-estimées** par les capteurs dans l'ordre de **20%** (entre 8% et 33%). Pour les **PM2.5**, l'écart moyen (**surestimation**) s'élève à environ **25%** (entre 16% et 37%) pendant la **phase 1** et entre **8% et 43%** pour la **phase 3**, et pour les **PM1**, il est **d'environ 13%** (entre 7% et 27%) pendant la **phase 1** et entre **16% et 57%** pendant la **phase 3**. En tenant compte du bon coefficient de détermination entre les variations de données pour les particules (>0.85 pour toutes les tailles confondues ; à l'exception des PM10 pendant la phase 3), la note finale de ce paramètre (PM) est supérieure de 6, ce qui signifie que **les mesures de particules sont considérées acceptables dans le cadre d'une mesure indicative**. En ce qui concerne le NO_2 , les données sont considérées comme **non exploitables quantitativement**.

Les données PM pour cette étude ont été recalculées en prenant en compte les facteurs de correction suivants selon la période. Une évolution significative des facteurs de correction est observée, surtout pour les particules PM10 et PM1. Une hypothèse pour expliquer cette observation repose sur **l'impact de la température et de l'humidité sur la mesure des particules** par les micro-capteurs. En effet, une **augmentation de l'humidité relative** (ou une baisse de la température) peut entraîner une **surestimation des concentrations** : une particule de la fraction PM2.5 qui absorbe de l'eau en surface peut augmenter de taille et être alors comptée comme une particule de la fraction PM10 par les micro-capteurs.

Les facteurs de correction utilisés sont les suivants :

- les **facteurs de correction issus de la phase 1** ont été appliqués aux données de la phase 2 pour la période du **01/10/2024 au 31/03/2025**,
- tandis que les **facteurs obtenus lors de la phase 3** ont été appliqués aux données de la phase 2 pour la période du **01/04/2025 au 30/09/2025**.

En ce qui concerne la phase de déploiement de capteurs dans les différentes villes, les particules les plus grosses (**PM10**), ont montré des concentrations moyennes entre $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Les concentrations à Valenciennes Acacias (station urbaine de fond) et à Valenciennes Wallon (station urbaine sous influence trafic) ont été mesurées à $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et à $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne respectivement. Pour les **PM2.5**, les valeurs varient entre $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, alors qu'à Valenciennes Wallon, elles ont été mesurées à $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Les **PM1** varient également entre $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, avec une valeur de $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à Valenciennes Wallon.

En ce qui concerne le dioxyde d'azote (**NO₂**), l'exploitation qualitative montre des points chauds proches des communes d'Onnaing, de Beuvrages et de Prouvy. Les concentrations de tous les capteurs sont supérieures aux concentrations mesurées à la station de référence à Valenciennes Wallon (Urbaine sous influence trafic).

Un premier regard par rapport aux valeurs **modélisées en fine échelle** (cartes trimestrielles) montre **une sous-estimation des concentrations** pendant les trimestres : **4-2024, 1-2025 et 3-2025** et **plus proches** à la modélisation annuelle pendant le **trimestre 2-2025** pour les **PM10**. En ce qui concerne les **PM2.5**, les concentrations sont similaires aux valeurs obtenues par la modélisation à fine échelle pendant le trimestre 4-2024. En revanche, la tendance est différente pour les trimestres qui suivent (trimestre 1-2025, 2-2025 et 3-2025) les valeurs mesurées sont plus élevées pour le trimestre 1-2025 et plus basses pendant les trimestres 2-2025 et 3-2025 par rapport à la modélisation annuelle.

Enfin, un **classement** a été réalisé à partir des concentrations moyennes trimestrielles afin d'identifier si les mêmes zones problématiques ("points chauds") apparaissent d'un trimestre à l'autre. À titre indicatif, l'analyse a porté plus particulièrement sur les données PM2.5 — moins influencées par le changement de facteur — ainsi que sur celles du NO_2 . Le classement a été établi par trimestre sur une échelle allant de 1 à 14, la position 1 correspondant au capteur mesurant les concentrations les plus faibles et la position 14 à celui mesurant les concentrations les plus élevées.

En ce qui concerne les PM2.5 (analyse quantitative) :

- Stabilité modérée entre les trimestres ; les villes ne gardent pas un classement fixe, il y a des changements notables entre trimestres.
- Variations saisonnières ou locales marquées
- Les capteurs à Valenciennes (position 10-11 sur 14), à Beuvrages (position 10-13 sur 14) et à Aulnoy-lez-Valenciennes (position 4-7 sur 14) sont les plus stables en classement.
- Les capteurs à Petite-Forêt (position 14 sur 14 pendant les 2 premiers trimestres et 4-5 pendant les deux derniers), à Anzin (position 4-7 sur 14 pendant les 2 premiers trimestres et 14 pendant les deux derniers) et à Condé-sur-l'Escaut (position 3 sur 14 pendant les 2 premiers trimestres et 9-13 pendant les deux derniers) sont les moins stables en classement (beaucoup de variation entre trimestres)
- **En moyenne annuelle (6.0 – 9.5 µg/m³) : Onnaing → Quiévrechain → Condé-sur-l' Escaut → Vieux-Condé → Maing → Aulnoy-lez-Valenciennes → Bruay-sur-l'Escaut → Marly → Valenciennes → Anzin → Prouvy → Saint-Saulve → Petite-Forêt → Beuvrages**

En ce qui concerne le NO₂ (exploitation qualitative uniquement) :

- Stabilité plus forte ; le classement des villes est plus régulier dans le temps.
- Les capteurs à Vieux-Condé (position 9-12 sur 14), à Marly (position 3-5 sur 14) et à Saint-Saulve (position 6-8 sur 14) sont les plus stables en classement.
- Les capteurs à Quiévrechain (position 1-3 sur 14 pendant les 2 premiers trimestres et le dernier trimestre et 13 pendant le 3^{ème} trimestre), à Anzin (position 12-14 sur 14 pendant les 2 premiers trimestres et 5 pendant les deux derniers) et à Condé-sur-l'Escaut (position 2-6 sur 14 pendant les 3 premiers trimestres et 11 pendant le dernier) sont les moins stables en classement (beaucoup de variation entre trimestres)
- **En moyenne annuelle pour les points chauds : Valenciennes → Aulnoy-lez-Valenciennes → Marly → Condé-sur-l' Escaut → Petite-Forêt → Quiévrechain → Bruay-sur-l'Escaut → Saint-Saulve → Anzin → Maing → Vieux-Condé → Onnaing → Beuvrages → Prouvy**

Les variations observées dans les données peuvent s'expliquer par la diversité des sources locales ainsi que par les incertitudes liées aux mesures des capteurs, notamment en raison de l'humidité ou de l'absence de nettoyage. Par ailleurs, la typologie et l'environnement propres à chaque site n'ont pas été communiqués par l'interlocuteur.

Enfin cette étude met en évidence une influence météorologique significative sur la métrologie des capteurs, qui doit être largement prise en compte dans l'analyse. En l'absence de corrections régulières des capteurs, il convient donc de rester prudent quant à l'exploitation de ces données pour répondre aux objectifs de surveillance.

ANNEXE

Méthode d'évaluation (méthode Atmo interne)

L'évaluation qualitative repose ici sur trois critères :

- La **pente** (ou coefficient de régression) fournit des informations sur la direction et la force de la relation entre les variables. Une pente proche de 1 (ou -1) indique une forte corrélation positive (ou négative) linéaire, tandis qu'une pente proche de 0 suggère une corrélation faible ou nulle.
- **L'ordonnée à l'origine** qui représente le point où la courbe des données des micro-capteurs intercepte l'axe des données de la station VA2 lorsque toutes les autres variables sont nulles ou absentes.
- Le **coefficient de détermination** R^2 qui indique dans quelle mesure les variations de données des micro-capteurs sont expliquées par les variations de données de la station VA2 (Valenciennes-Wallon). Plus elle s'approche de 1, plus la corrélation est représentative de la relation entre les variables.

Ces 3 critères donnent un premier aperçu à eux seuls de la validation, mais une notation mathématique plus globale déterminera comment les considérer lors de la campagne.

Cette note (sur 10) est constituée de :

- **Un premier coefficient p_1 issu de la pente (p_1 : valeur max 1).**
 - o Si pente < 1, $p_1 = \text{pente}$
 - Ex : pente = 0.8 alors $p_1 = 0.8$
 - o Si pente > 1, $p_1 = 2 - \text{pente}$
 - Ex : pente = 1.1 alors $p_1 = 0.9$

A noter que le cas d'une pente négative n'a pas été considérée. Une pente négative indiquerait une anti-corrélation entre les données des micro-capteurs et la référence, ce qui invaliderait toutes les données.

- **Un deuxième coefficient p_2 représenté par le r^2 (p_2 : valeur max 2).**

Le R^2 est pondéré par 2 car c'est l'indicateur le plus important des trois comme il détermine la corrélation.

- Ex : $R^2 = 0.9$ alors $p_2 = 1.8$

- **Un troisième coefficient p_3 issu de l'ordonnée à l'origine (p_3 : valeur max 1).**

Ici, le calcul est basé sur une fonction qui attribue une note très élevée aux valeurs proches de zéro. Lorsque l'ordonnée est égale à zéro, le score est égal à 1, mais il diminue à mesure que l'on s'éloigne de zéro (soit en positif ou en négatif), faisant ainsi converger le score vers 0.

C'est le cas de l'inverse d'exponentielle qui valide ces deux critères :

$$\frac{1}{e^0} = 1 \text{ et } \frac{1}{e^{100}} \rightarrow 0$$

Toutefois, afin de ne pas faire tendre ce score trop vite vers 0, les valeurs d'ordonnée à l'origine sont divisées par 10 avant de les insérer dans l'exponentielle.

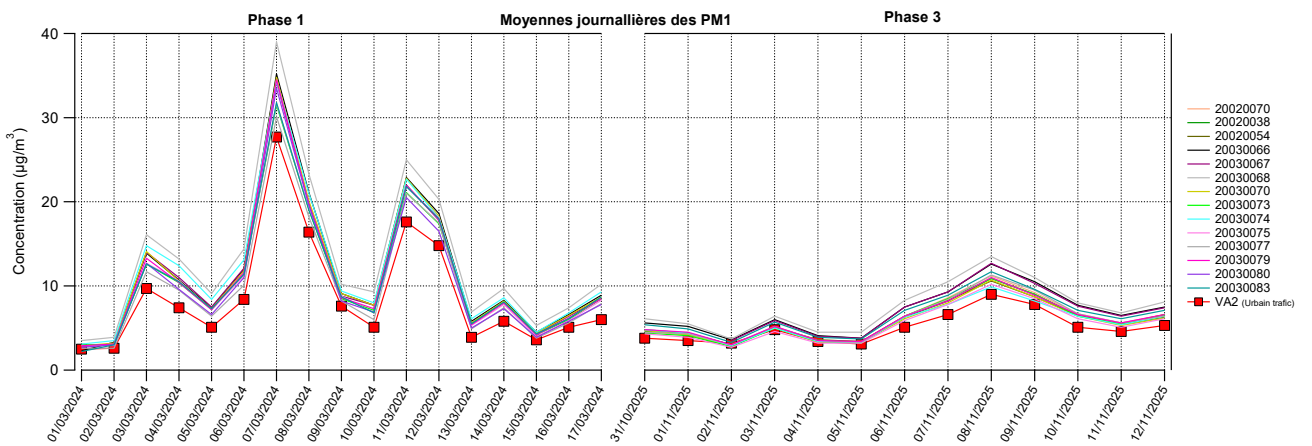
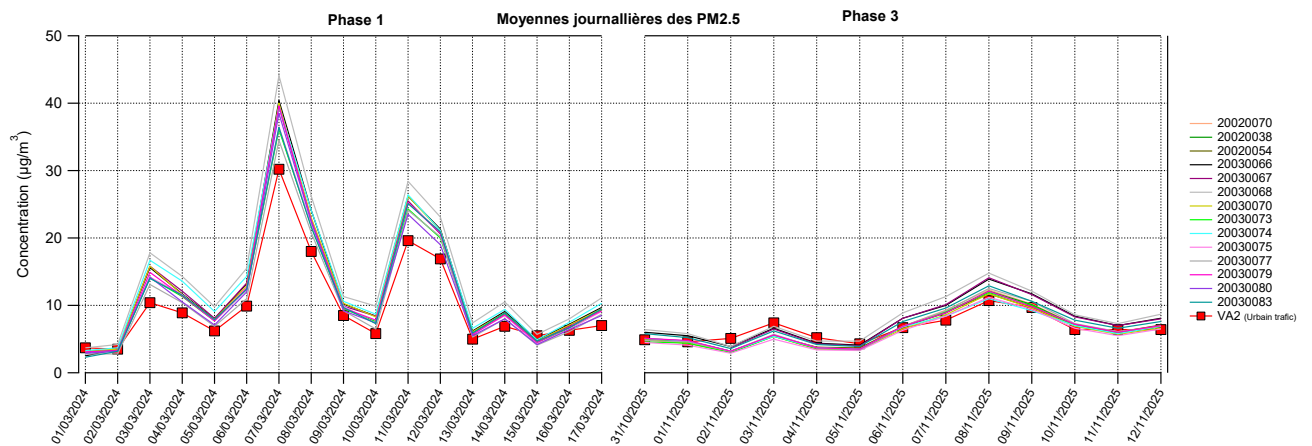
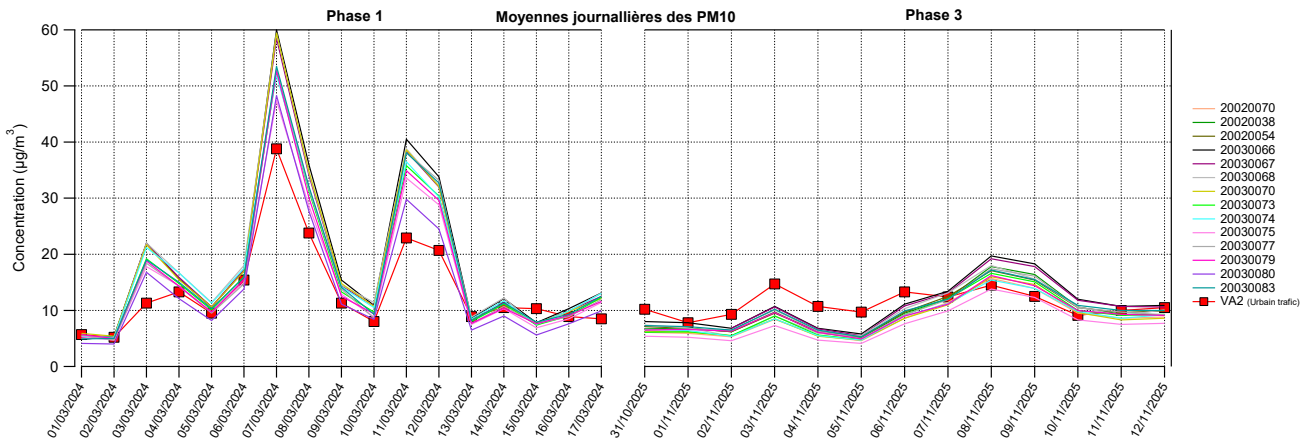
Enfin, comme l'ordonnée peut être positive ou négative, considérer la valeur absolue de l'ordonnée à l'origine avant de l'insérer dans l'exponentielle.

$$p_3 = \frac{1}{e^{|ordonnée/10|}}$$

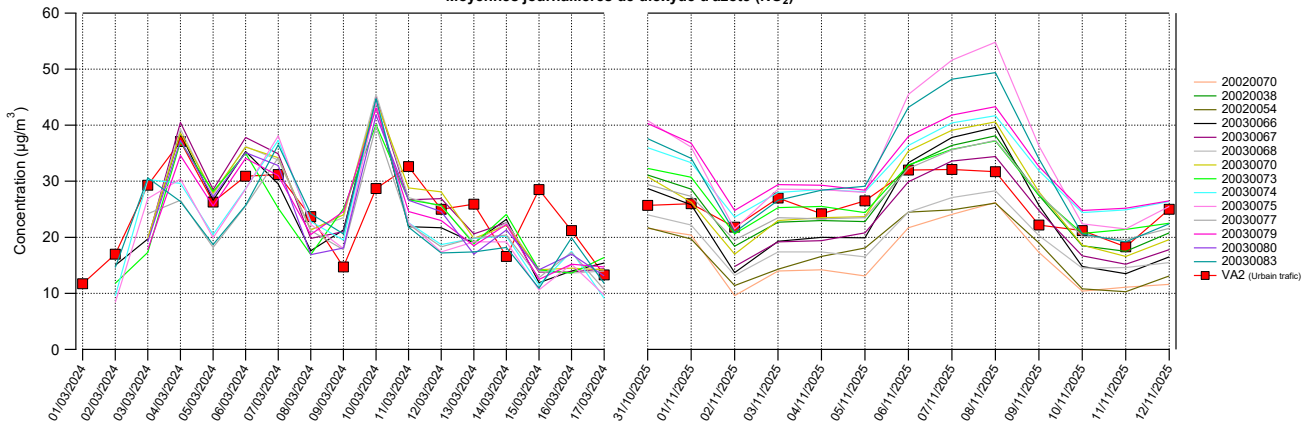
La **note finale** est ainsi un nombre compris entre 0 et 4. Ce dernier est enfin multiplié par 2,5 pour avoir une échelle comprise entre 0 et 10 :

$$\text{Note} = (p_1 + p_2 + p_3) \times 2.5$$

Evolution temporelle journalière



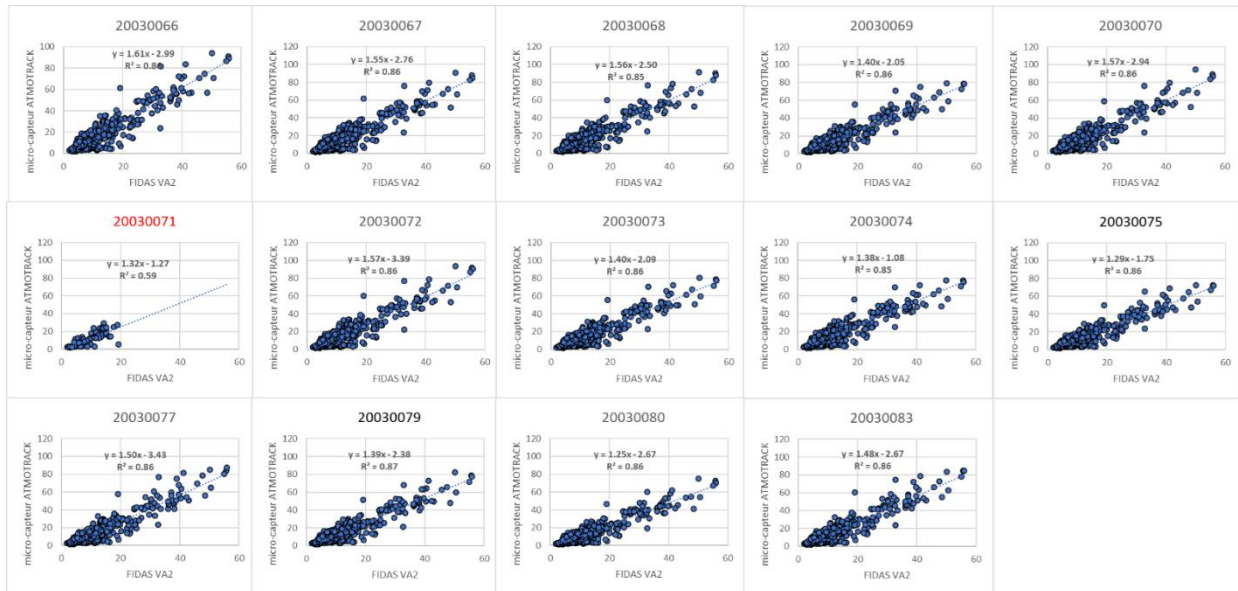
Moyennes journalières de dioxyde d'azote (NO₂)



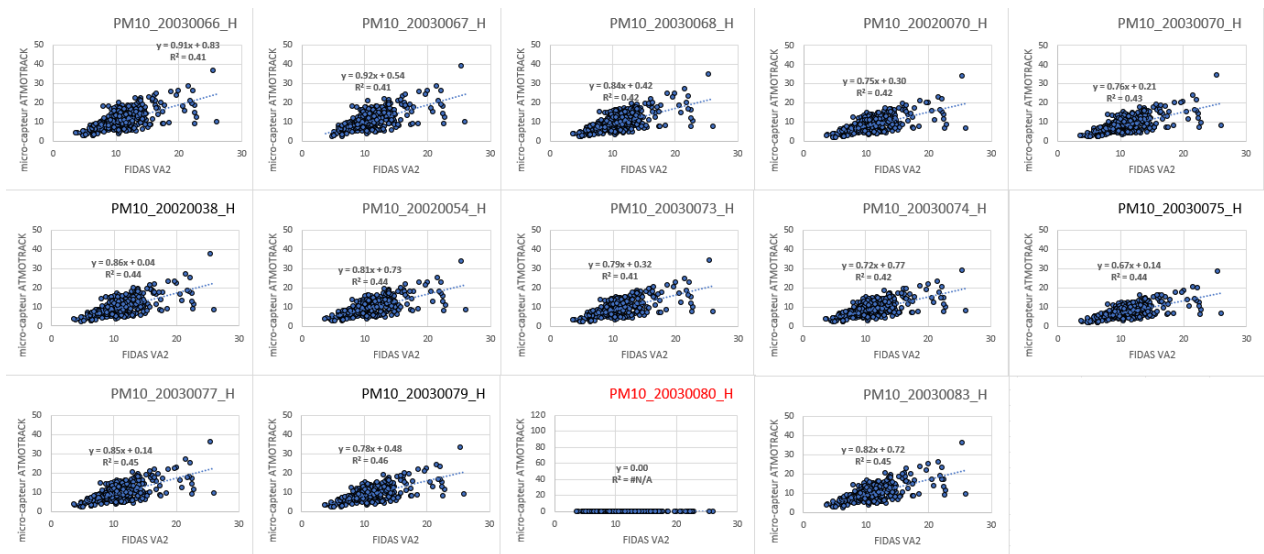
Corrélations

PM10

Phase 1

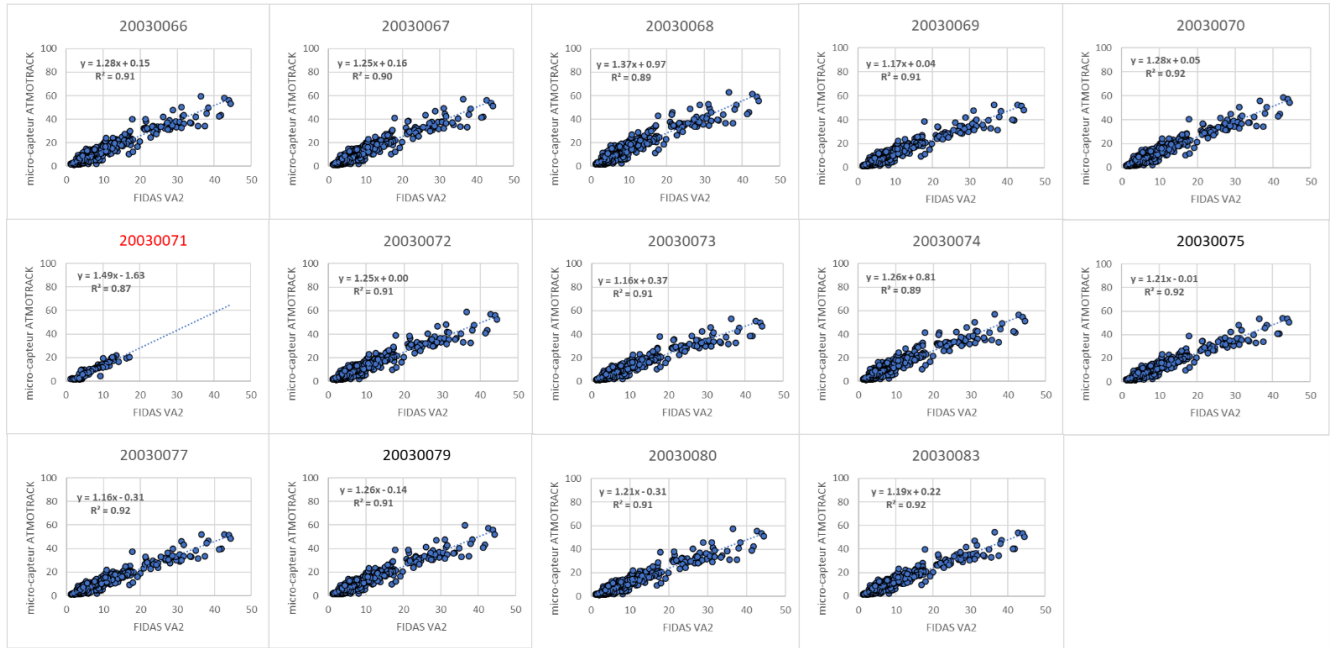


Phase 3

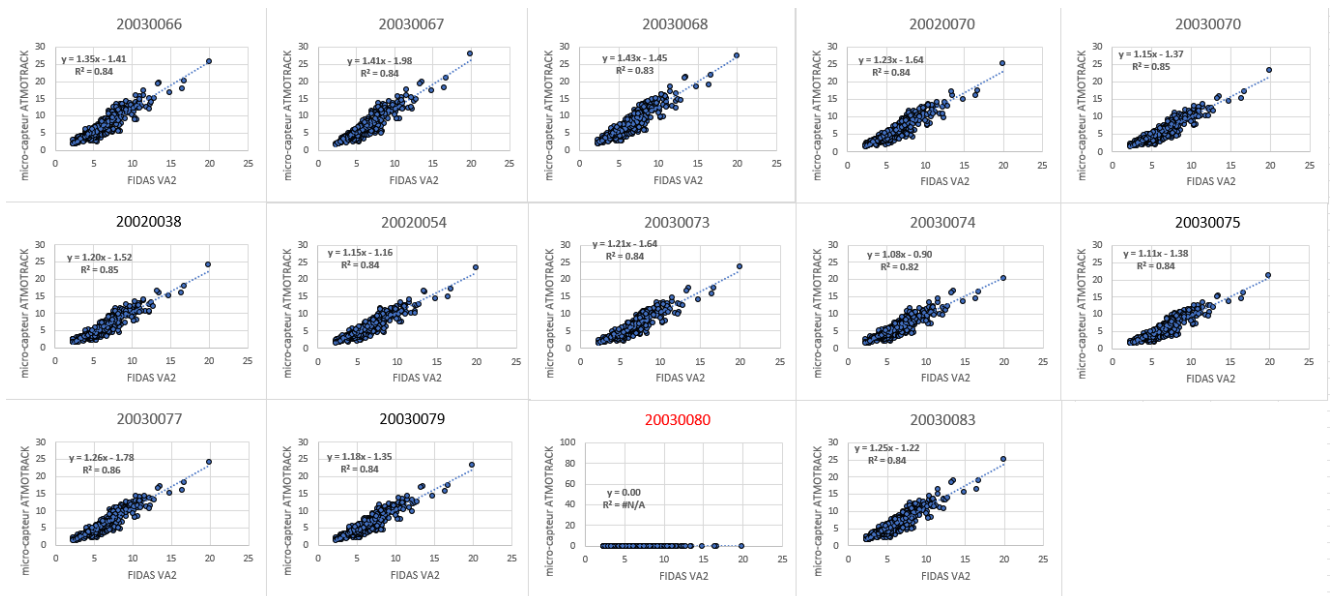


PM2.5

Phase 1

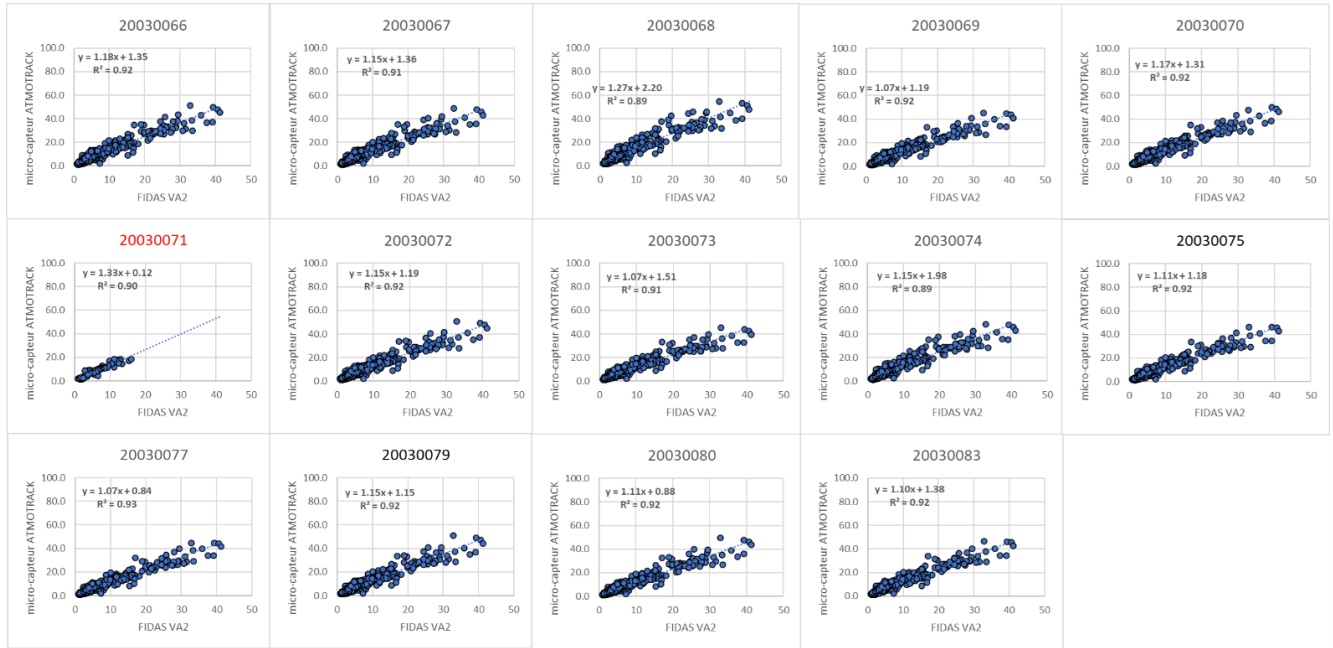


Phase 3

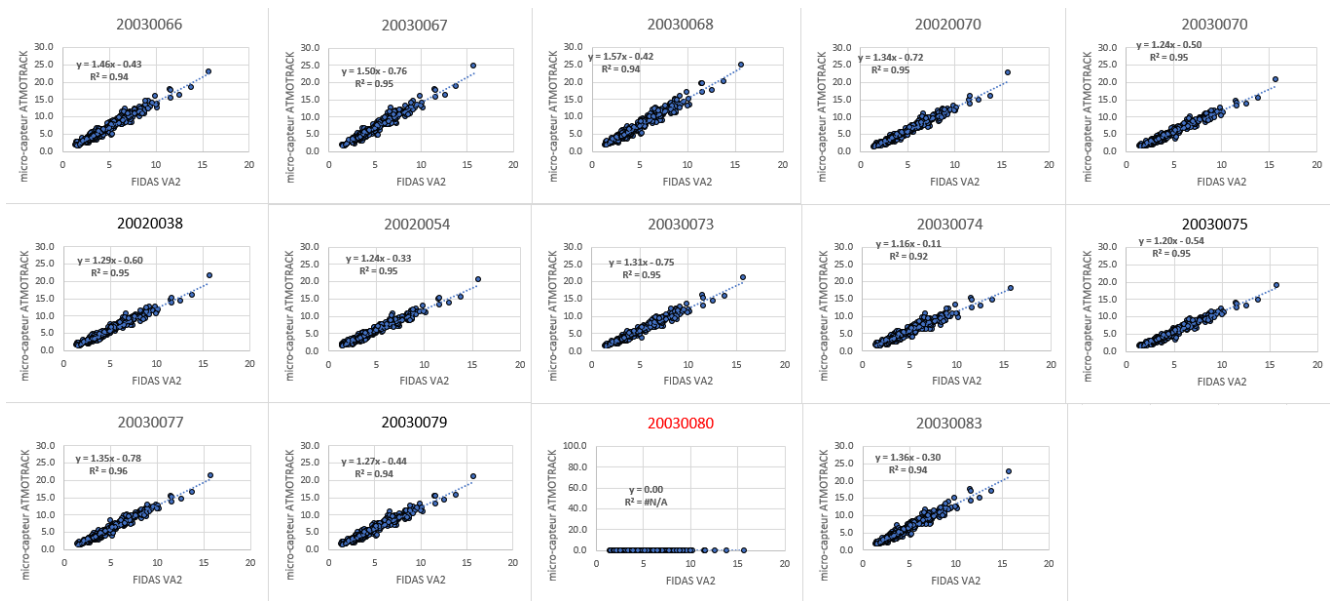


PM1

Phase 1

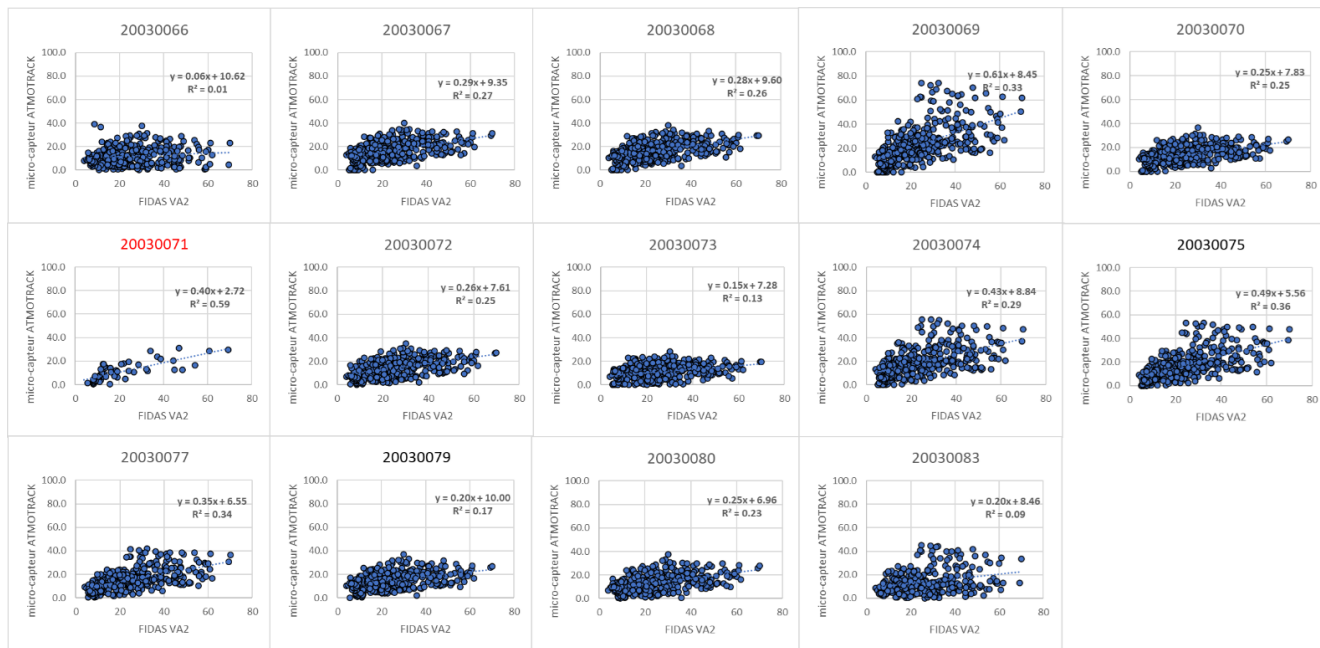


Phase 3

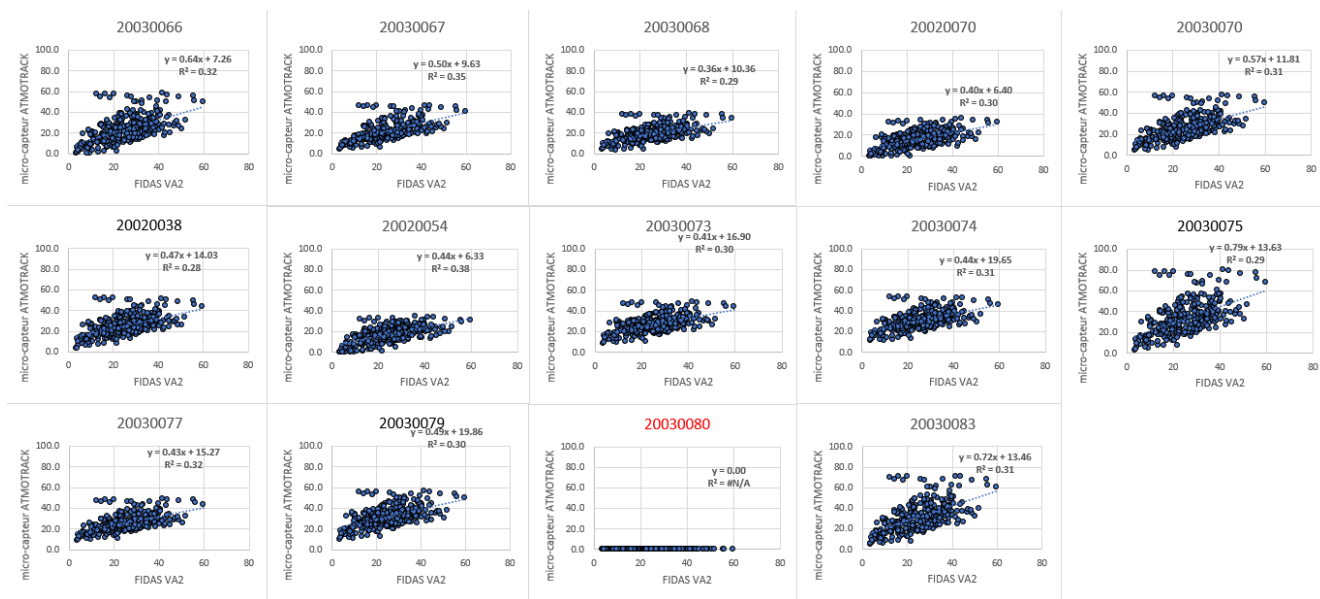


NO₂

Phase 1

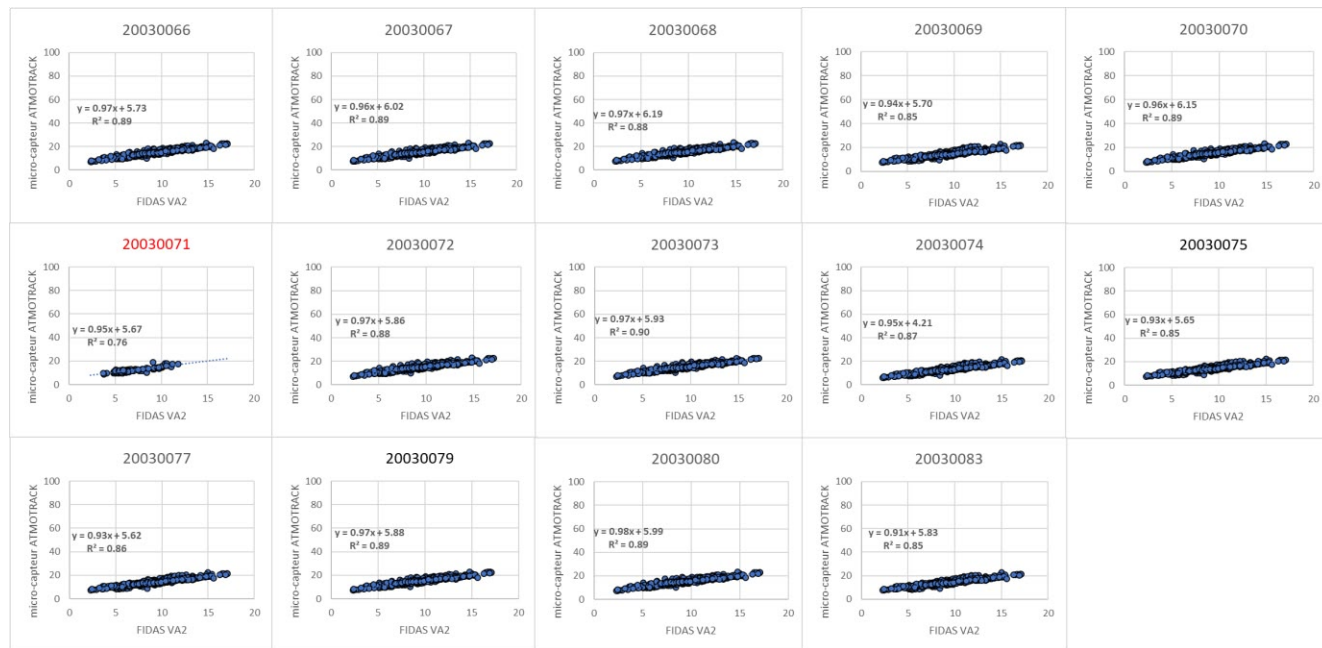


Phase 3

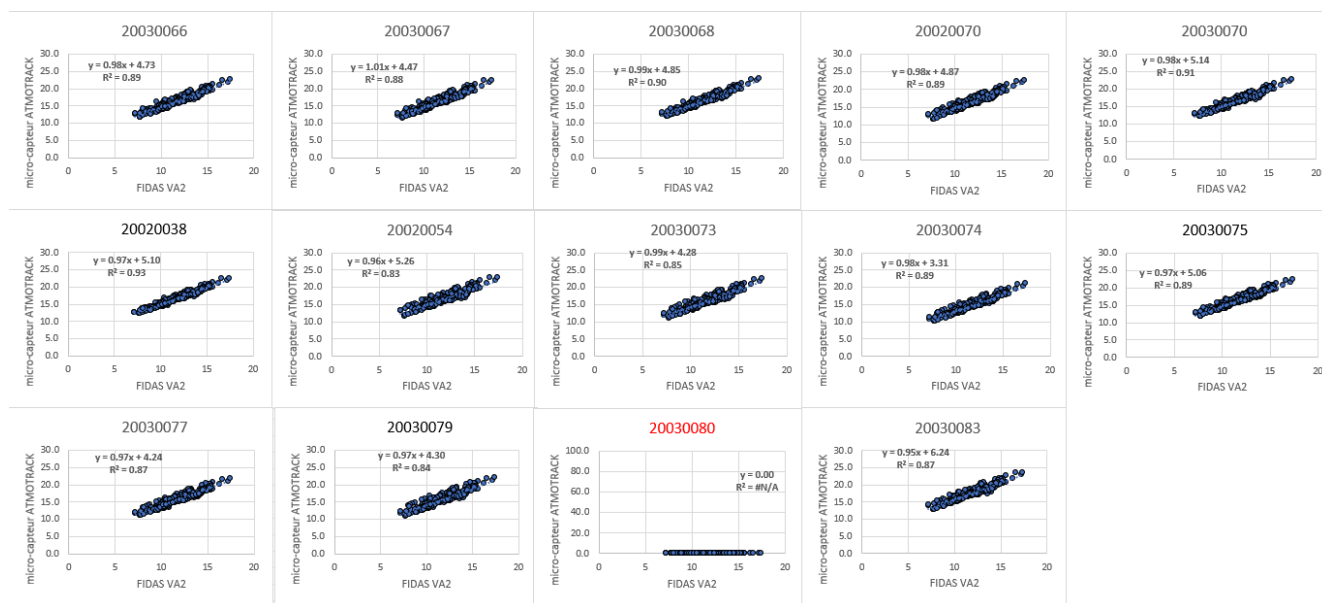


Température

Phase 1

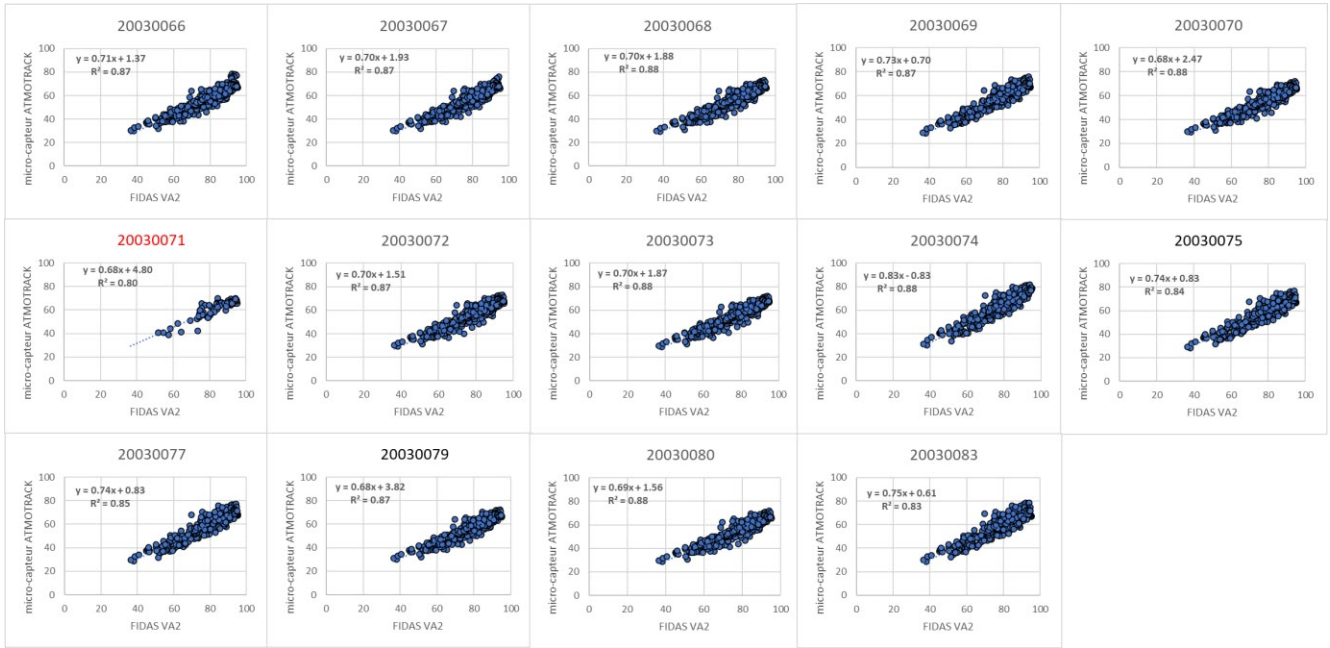


Phase 3

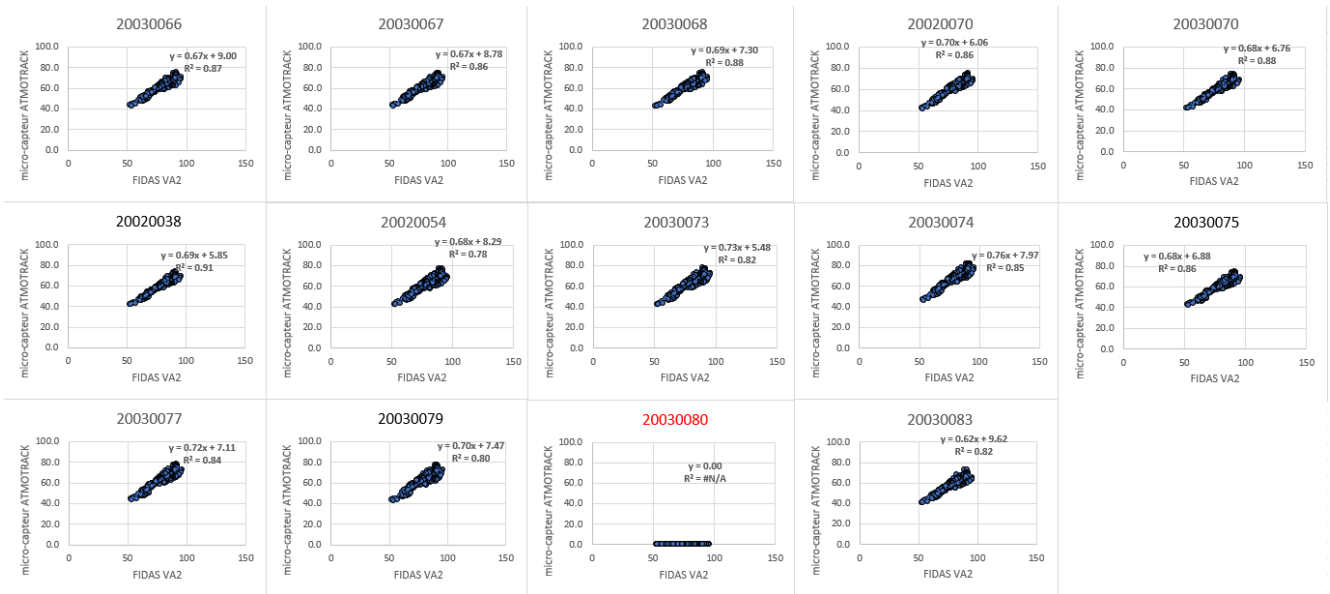


Humidité Relative

Phase 1



Phase 3



Données corrigées MOY - Trim 4 2024					
	Capteur	PM1 µg/m ³	PM2.5 µg/m ³	PM10 µg/m ³	NO ₂ µg/m ³
Quiévrechain	20020070	7.7	7.7	8.0	19.2
Bruay-sur-l'Escaut	20020038	9.3	9.4	11.9	18.2
Condé-sur-l'Escaut	20020054	8.7	8.7	10.4	14.7
Aulnoy-lez-Valenciennes	20030066	9.4	9.3	7.6	28.1
Vieux-Condé	20030067	9.6	9.6	8.4	28.7
Maing	20030068	10.0	9.6	8.5	29.1
Anzin	20030070	9.7	9.5	7.9	34.2
Prouvy	20030073	10.0	10.1	10.3	29.6
Onnaing	20030074	5.3	5.2	7.2	26.6
Marly	20030075	9.4	9.4	11.1	25.3
Petite-Forêt	20030077	10.5	10.7	9.7	26.1
Beuvrages	20030079	10.4	10.1	11.2	30.6
Saint-Saulve	20030080	9.8	9.7	11.4	27.1
Valenciennes	20030083	9.9	10.1	9.7	20.7
Données corrigées MOY - Trim 1 2025					
	Capteur	PM1 µg/m ³	PM2.5 µg/m ³	PM10 µg/m ³	NO ₂ µg/m ³
Quiévrechain	20020070	10.5	10.5	11.2	26.0
Bruay-sur-l'Escaut	20020038	15.4	15.6	19.4	31.3
Condé-sur-l'Escaut	20020054	13.9	14.0	16.4	40.3
Aulnoy-lez-Valenciennes	20030066	15.6	15.5	12.8	20.0
Vieux-Condé	20030067	16.2	16.2	14.2	36.3
Maing	20030068	16.4	15.8	14.3	34.4
Anzin	20030070	15.3	15.1	13.1	41.2
Prouvy	20030073	17.2	17.6	17.7	45.1
Onnaing	20030074	10.0	9.9	13.2	39.1
Marly	20030075	15.6	15.7	18.1	30.6
Petite-Forêt	20030077	17.9	18.4	16.9	34.3
Beuvrages	20030079	17.4	17.1	18.9	41.8
Saint-Saulve	20030080	16.7	16.9	19.8	33.7
Valenciennes	20030083	16.4	16.7	15.7	26.7
Données corrigées MOY - Trim 2 2025					
	Capteur	PM1 µg/m ³	PM2.5 µg/m ³	PM10 µg/m ³	NO ₂ µg/m ³
Quiévrechain	20020070	4.8	6.1	12.8	51.6
Bruay-sur-l'Escaut	20020038	5.3	6.7	15.2	41.9
Condé-sur-l'Escaut	20020054	5.4	6.7	14.3	43.4
Aulnoy-lez-Valenciennes	20030066	4.7	6.3	14.9	37.2
Vieux-Condé	20030067	4.0	5.2	13.2	47.4
Maing	20030068	3.9	5.7	14.2	45.9

Anzin	20030070	6.5	8.1	15.5	38.9
Prouvy	20030073	5.1	6.5	13.8	49.0
Onnaing	20030074	4.4	5.4	11.4	50.7
Marly	20030075	6.3	7.8	14.2	37.3
Petite-Forêt	20030077	4.9	6.1	14.2	38.7
Beuvrages	20030079	5.9	7.3	14.1	51.9
Saint-Saulve	20030080	5.4	6.8	13.4	44.6
Valenciennes	20030083	5.4	7.0	15.0	27.7
Données corrigées MOY - Trim 3 2025					
	Capteur	PM1 µg/m³	PM2.5 µg/m³	PM10 µg/m³	NO₂ µg/m³
Quiévrechain	20020070	2.8	3.6	7.5	18.4
Bruay-sur-l'Escaut	20020038	2.9	3.6	8.3	29.1
Condé-sur-l'Escaut	20020054	3.2	3.9	8.4	18.8
Aulnoy-lez-Valenciennes	20030066	2.6	3.4	8.3	21.5
Vieux-Condé	20030067	2.0	2.6	7.0	29.5
Maing	20030068	2.0	2.8	7.1	28.2
Anzin	20030070	3.7	4.4	8.9	23.4
Prouvy	20030073	2.3	2.9	6.6	32.4
Onnaing	20030074	2.7	3.2	6.6	33.1
Marly	20030075	3.2	3.8	7.3	19.8
Petite-Forêt	20030077	2.4	2.9	7.3	25.4
Beuvrages	20030079	3.0	3.6	7.4	28.4
Saint-Saulve	20030080	2.7	3.3	6.4	27.3
Valenciennes	20030083	2.9	3.7	8.3	23.5