

2022



## Evaluation des retombées atmosphériques totales à proximité de la SAM à Neuves-Maisons

Année 2022

## Diffusion libre pour une réutilisation ultérieure des données dans les conditions ci-dessous :

- Les données produites par ATMO Grand Est sont accessibles à tous sous licence libre «**ODbL v1.0**».
- Sur demande, ATMO Grand Est met à disposition les caractéristiques des techniques de mesures et des méthodes d'exploitation des données mises en œuvre ainsi que les normes d'environnement en vigueur.
- ATMO Grand Est peut rediffuser ce document à d'autres destinataires.
- Rapport non rediffusé en cas de modification ultérieure des données.

# PERSONNES EN CHARGE DU DOSSIER

---

<b>Rédaction</b>	Morgane KESSLER, Chargée d'études Unité Surveillance et études réglementaires
<b>Vérification</b>	Christelle SCHNEIDER, Ingénieure d'études Unité Surveillance et études réglementaires
<b>Approbation</b>	Bérénice JENNESON, Responsable Unité Surveillance et études réglementaires

Référence du projet : MSP-00825

Référence du rapport : SURV-EN-920\_1

Date de publication : 31-03-2023

## ATMO Grand Est

Espace Européen de l'Entreprise - 5 rue de Madrid - 67300 Schiltigheim

Tél : 03 69 24 73 73

Mail : [contact@atmo-grandest.eu](mailto:contact@atmo-grandest.eu)



## Contexte et objectifs

La Communauté de Communes Moselle et Madon souhaiterait mettre en place un projet d'installation de panneaux photovoltaïques à Neuves-Maisons à proximité de la SAM (aciérie). La collectivité s'interroge sur les niveaux de dépôts de poussières sur le futur site d'installation, pouvant impacter le rendement des modules photovoltaïques.

Ainsi, la Communauté de Communes Moselle et Madon a sollicité ATMO Grand Est afin d'évaluer les dépôts de poussières sur la zone future d'installation des panneaux.

Les polluants suivis étaient les poussières dans les retombées atmosphériques totales qui comprennent :

- Les retombées sèches en l'absence de pluies ;
- Les matières solubles et insolubles contenues dans les eaux de pluies recueillies ;
- Les matières entraînées ou redissoutes dans les eaux pluviales contenues dans le collecteur de pluie.

Les mesures ont été planifiées sur 4 campagnes de 1 mois chacune au cours de l'année 2022.

# Influence des dépôts de poussières sur le rendement des panneaux photovoltaïques

De manière générale, les performances des panneaux photovoltaïques sont influencées par plusieurs paramètres environnementaux tels que la température de l'air, la vitesse du vent, la pollution de l'air, l'irradiation du soleil, etc.

Parmi ces facteurs, le dépôt de poussières ou autres substances occultantes (végétaux, suie, etc.) sur les panneaux peut affecter considérablement le rendement de ces derniers : la poussière obstrue partiellement le passage du rayonnement solaire à l'intérieur des cellules et diminue ainsi le courant produit.

La diminution du rendement des panneaux solaires par les dépôts de poussières dépend de la densité de poussières accumulées (très variable en fonction des précipitations, des vents, du type de surface, de l'inclinaison du panneau...), de leur nature et de leur taille. Il est ainsi difficile de modéliser la perte de rendement engendrée par ce facteur.<sup>1,2</sup>

Cependant, la mesure des concentrations de retombées atmosphériques via des jauges Owen sur une zone donnée permet d'établir si celle-ci est plutôt propice ou non à l'installation de panneaux photovoltaïques.

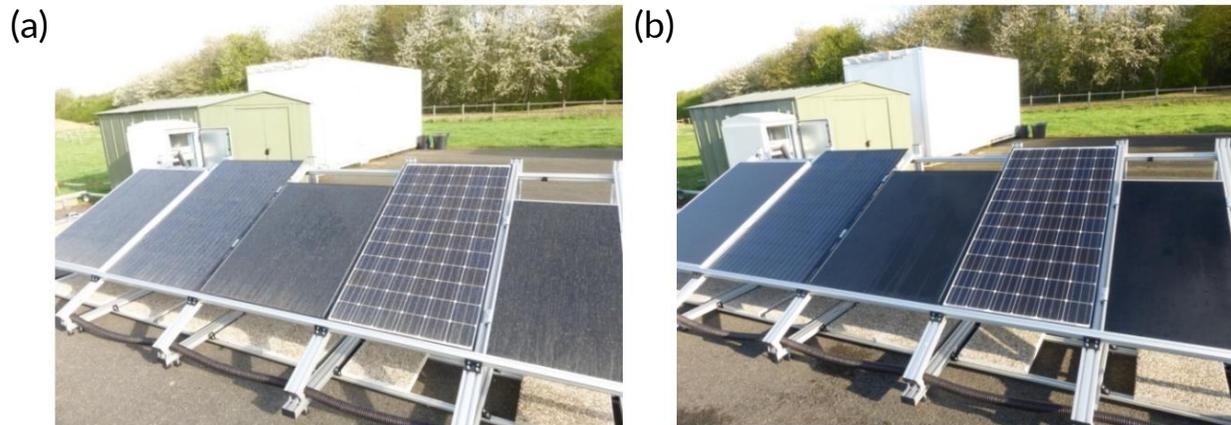


Figure 1 : Panneaux photovoltaïques en région parisienne, (a) recouverts de poussières après deux semaines sans précipitations, (b) le jour suivant, après de fortes précipitations<sup>1</sup>

<sup>1</sup> T. Mambrini *Caractérisation de panneaux solaires photovoltaïques en conditions réelles d'implantation et en fonction des différentes technologies.* Météorologie. Université Paris Sud - Paris XI, 2014.

<sup>2</sup> A. Sayyah, M.N. Horenstein, M. K. Mazumder. *Yield loss of photovoltaic panels caused by deposition on photovoltaic panels.* Solar Energy. Boston University, 2014.

## Sites de prélèvement

Six points de mesures ont été sélectionnés sur la future zone d'installation des panneaux photovoltaïques.

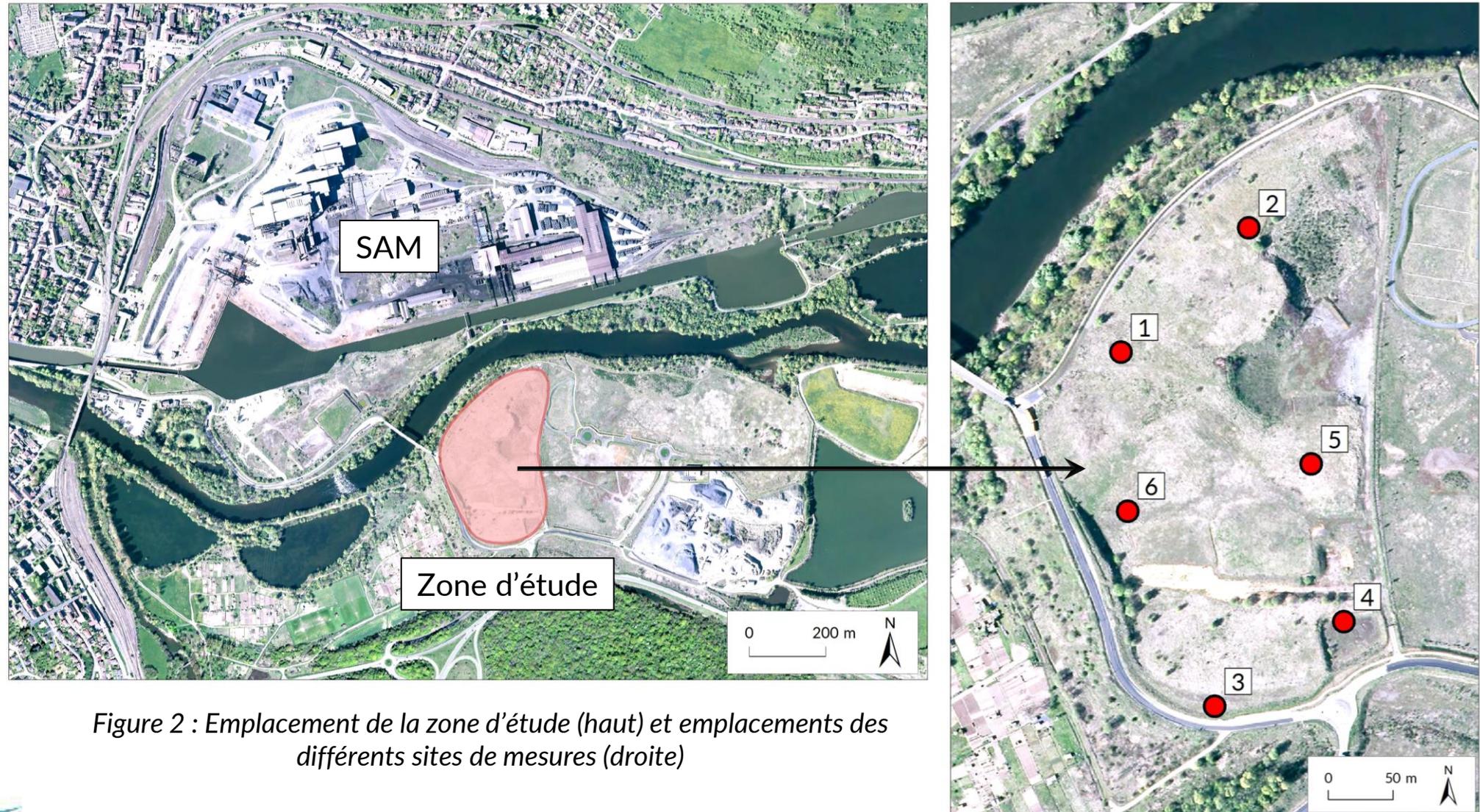


Figure 2 : Emplacement de la zone d'étude (haut) et emplacements des différents sites de mesures (droite)

# Sites de prélèvement

Les sites de mesures ont été instrumentés au moyen de jauges collectrices de retombées.

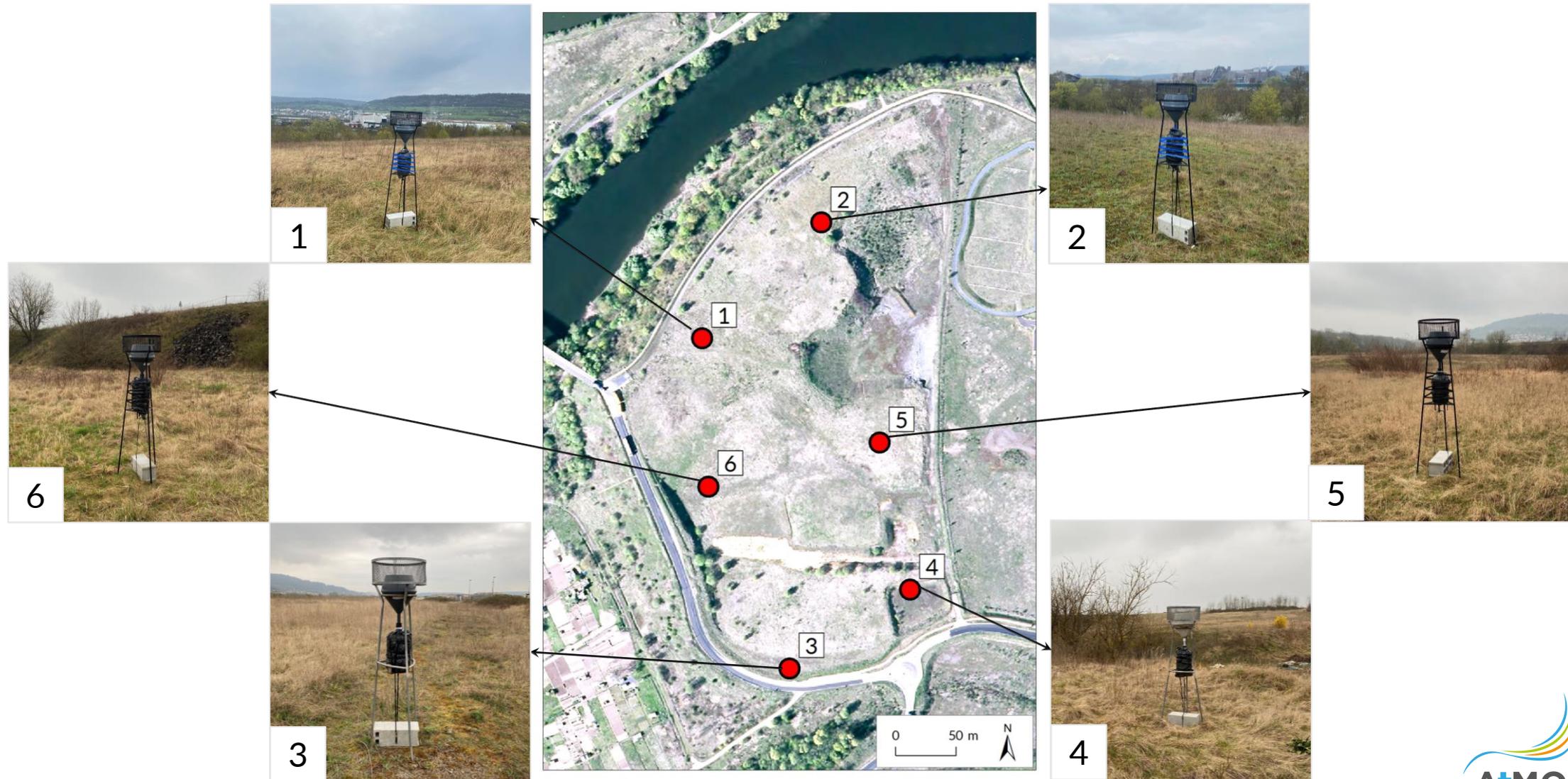


Figure 3 : Emplacement et photographies des différents sites de mesures



Moyen de mesure	Descriptif								
<p data-bbox="486 329 698 368">Jauge Owen</p> 	<p data-bbox="886 329 2372 586">La détermination des retombées atmosphériques totales au moyen de collecteurs de précipitation est une technique normalisée. La surface d'exposition des jauges est parfaitement connue, ce qui permet d'évaluer les dépôts atmosphériques. La durée de prélèvement est relativement longue pour que les concentrations mesurées soient supérieures au seuil de détection analytique : 1 mois / prélèvement. Pour éviter les interférences analytiques, les jauges sont recouvertes d'un film opaque.</p> <p data-bbox="886 639 2313 715">Les polluants suivis pour cette étude ainsi que les normes de mesurages mises en œuvre sont les suivants :</p> <table border="1" data-bbox="896 822 2364 1053"> <thead> <tr> <th data-bbox="896 822 1146 868">Polluants</th> <th data-bbox="1146 822 1498 868">Méthode analytique</th> <th data-bbox="1498 822 2033 868">Norme</th> <th data-bbox="2033 822 2364 868">Laboratoire d'analyse</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="896 868 1146 1053">Poussières dans les retombées atmosphériques totales</td> <td data-bbox="1146 868 1498 1053">Filtration sur filtre et pesée</td> <td data-bbox="1498 868 2033 1053">NF X 43-014 - Air ambiant - Détermination des retombées atmosphériques totales - Échantillonnage - Préparation des échantillons avant analyses</td> <td data-bbox="2033 868 2364 1053">Micropolluants Technologie</td> </tr> </tbody> </table>	Polluants	Méthode analytique	Norme	Laboratoire d'analyse	Poussières dans les retombées atmosphériques totales	Filtration sur filtre et pesée	NF X 43-014 - Air ambiant - Détermination des retombées atmosphériques totales - Échantillonnage - Préparation des échantillons avant analyses	Micropolluants Technologie
Polluants	Méthode analytique	Norme	Laboratoire d'analyse						
Poussières dans les retombées atmosphériques totales	Filtration sur filtre et pesée	NF X 43-014 - Air ambiant - Détermination des retombées atmosphériques totales - Échantillonnage - Préparation des échantillons avant analyses	Micropolluants Technologie						

Tableau 1 : Méthode de mesures employée dans l'étude

# Paramètres météorologiques



Les niveaux en polluants peuvent varier fortement sur une courte durée, ces variations étant, en partie, liées aux phénomènes météorologiques qui contrôlent la dispersion des polluants ou au contraire leur accumulation (cf. **annexe n° 1**).

Dans le cadre de cette étude, les mesures des paramètres météorologiques proviennent de la station de Nancy-Brabois du réseau ATMO Grand Est, la plus proche du lieu d'étude.

*⚠ Remarque : Ces données ne sont pas complètement représentatives des conditions météorologiques de la commune de Neuves-Maisons, les vitesses et directions de vents pouvant notamment varier en fonction de la rugosité de la zone (relief, bâtiments, végétation).*

## Périodes de mesures

Pour pouvoir calculer des moyennes annuelles, la stratégie d'échantillonnage doit notamment répondre à certains objectifs de qualité définis dans la Directive 2008/50/CE : à savoir, pour les retombées atmosphériques, une période minimale de mesures sur 30 % de l'année pour des mesures indicatives, ou 4 mois, réparties sur toute l'année pour être représentatives des diverses conditions de climat.

Pour répondre à ces critères, 4 campagnes de mesures ont été planifiées au cours de l'année 2022. Les dates sont regroupées dans le tableau suivant.

Campagne	Périodes de prélèvements par jauge
<b>C1</b>	30/03 au 29/04/2022
<b>C2</b>	08/06 au 07/07/2022
<b>C3</b>	14/09 au 14/10/2022
<b>C4</b>	15/11 au 14/12/2022

Tableau 2 : Dates des phases de prélèvement

# Valeurs de référence

Il n'existe pas de valeurs réglementaires ou de valeurs de référence concernant les retombées atmosphériques dans le contexte d'installation de panneaux photovoltaïques. Néanmoins, les niveaux enregistrés au cours de ces campagnes peuvent être comparés avec ceux rencontrés au cours d'autres études.

- ATMO Grand Est évalue les retombées atmosphériques totales au niveau de carrières depuis plusieurs années dans la Marne (51). Les statistiques résultants de ces mesures sont les suivantes :

Typologie du site de mesures	Carrière	Carrière ou usine de fabrication de ciment/charges minérales < 2 km	Carrière ou usine de fabrication de ciment/charges minérales entre 2 et 5 km
Moyenne	96	61	60
Médiane	69	51	49
Maximum	1042	781	770
Minimum	3	11	11

Tableau 3 : Niveaux de poussières dans les retombées atmosphériques totales mesurés par ATMO Grand Est dans la Marne (51) entre 1999 à 2022 (sur 25 sites de prélèvements)

- La réglementation allemande (TA Luft) impose le respect d'une concentration des poussières dans les retombées totales atmosphériques de **350 mg/m<sup>2</sup>/j** pour la protection contre les nuisances et désagréments significatifs.
- A titre indicatif (non applicable dans ce contexte) : L'article 19.7 de l'arrêté du 30/09/2016 relatif aux exploitations de carrières indique un objectif de **500 mg/m<sup>2</sup>/j** en moyenne annuelle glissante pour les sites à proximité de cibles (habitations et établissements accueillant des personnes sensibles)

# Limites de l'étude

L'étude est limitée à une investigation concernant **l'un des maillons** du cycle de la pollution de l'air, celui de la qualité de l'air (concentrations atmosphériques de polluants).

Compte tenu des périodes et de la fréquence des mesures, l'étude permet de qualifier les niveaux observés au regard des concentrations habituellement observées dans l'environnement.



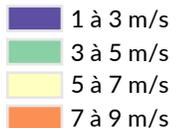
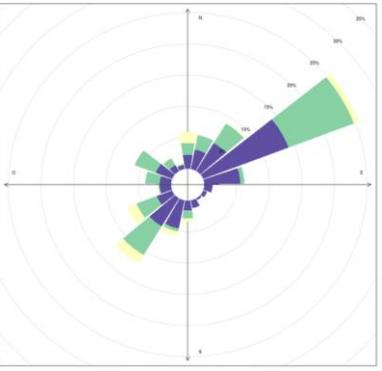
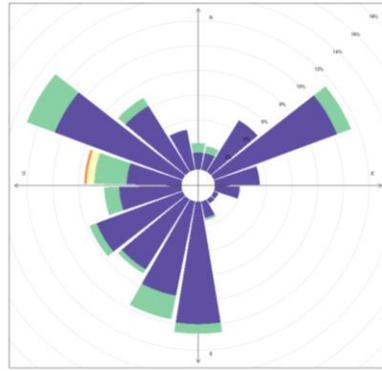
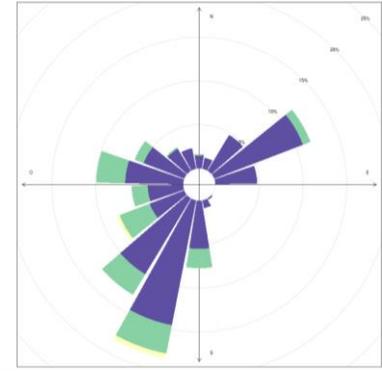
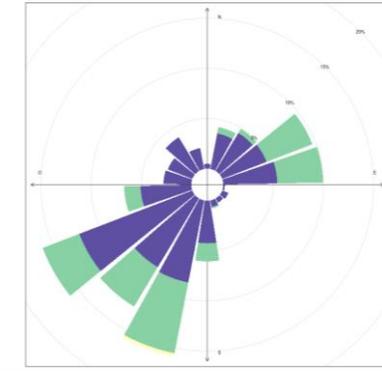
Figure 4 : Cycle de la pollution de l'air (source ATMO GE)

# Conditions météorologiques

Lien entre conditions météorologiques et qualité de l'air en annexe 1

## Vents :

Tableau 4 : Données de vents par phase de mesures

Période de prélèvement	C1	C2	C3	C4
<b>Rose des vents</b> 				
<b>Vitesse moyenne des vents (m/s)</b>	2,9	2,1	2,0	2,4

La zone d'étude est principalement impactée par les émissions de l'aciérie lorsque les vents sont de secteur nord mais également lors des périodes de vents faibles (étant donné la proximité de la SAM avec la zone). Parmi les 4 campagnes de mesures, la période C2 est celle où les occurrences de vents en provenance de la SAM étaient les plus fortes, même s'il ne s'agit pas de la direction de vent majoritaire. Lors des autres périodes de mesures, très peu de vents étaient en provenance de la SAM.

Concernant les vitesses de vents, elles étaient en moyenne plus fortes au cours de la campagne C1. Les conditions étaient alors favorables à une dispersion des poussières dans l'environnement. En revanche, les plus faibles vitesses de vents enregistrées au cours des campagnes C2 et C3 font que les conditions étaient plutôt favorables à une accumulation des poussières à proximité de leurs sources d'émissions (comme la SAM).

*⚠ Remarque : Les données de vents ne sont pas complètement représentatives des conditions météorologiques de la commune de Neuves-Maisons.*

# Conditions météorologiques

## Précipitations et températures :

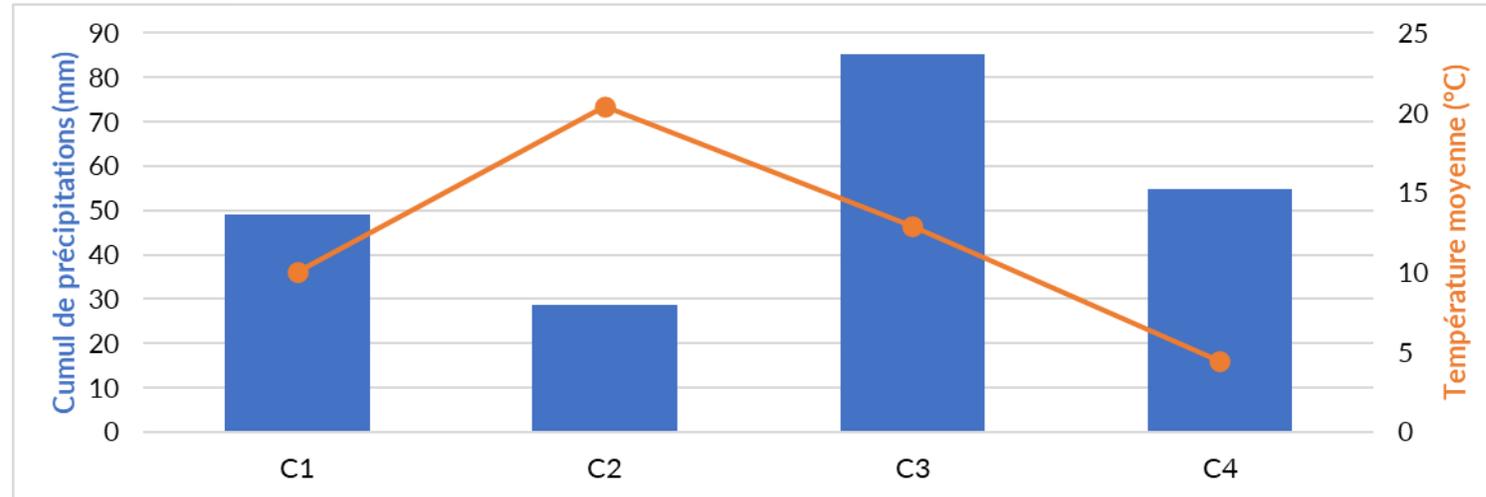


Figure 5 : Précipitations et températures moyennes par phase de mesures

Les cumuls de précipitations diffèrent beaucoup entre les campagnes. La campagne de mesures C3 était la plus pluvieuse et à l'inverse, la campagne C2 était la plus sèche. Il est difficile d'interpréter les niveaux de précipitations dans les cas des retombées. En effet, des pluies de courte durée peuvent permettre par entraînement une collecte plus importante de particules; des pluies de longue durée peuvent modifier, voire empêcher le transport des particules vers le collecteur. En conditions sèche, le vent peut entraîner des ré-envols de particules collectées auparavant en absence de pluie depuis le collecteur ou son entonnoir, mais également entraîner le ré-envol des poussières du sol jusqu'à la jauge.

Concernant les températures, les plus basses ont été enregistrées lors de la campagne C4 : cela a pu favoriser la stagnation des poussières (inversions thermiques) mais également les émissions de celles-ci par le chauffage. A l'inverse, la campagne C2 a enregistré les températures les plus chaudes.

## Résultats des mesures par sites

---

Les concentrations des poussières dans les retombées atmosphériques totales mesurées sur les 6 jauges au cours des 4 campagnes sont détaillées en **annexe n° 2**.

A noter que lors de la campagne de prélèvement C1, les jauges posées sur les sites 1 et 5 sont tombées au sol en raison de fortes vitesses de vents. Les résultats de mesures associées à ces jauges n'ont donc pas pu être validés. Néanmoins, ces derniers sont indiqués dans l'annexe n° 2 à titre informatif.

## Résultats des mesures par période de mesures et par site

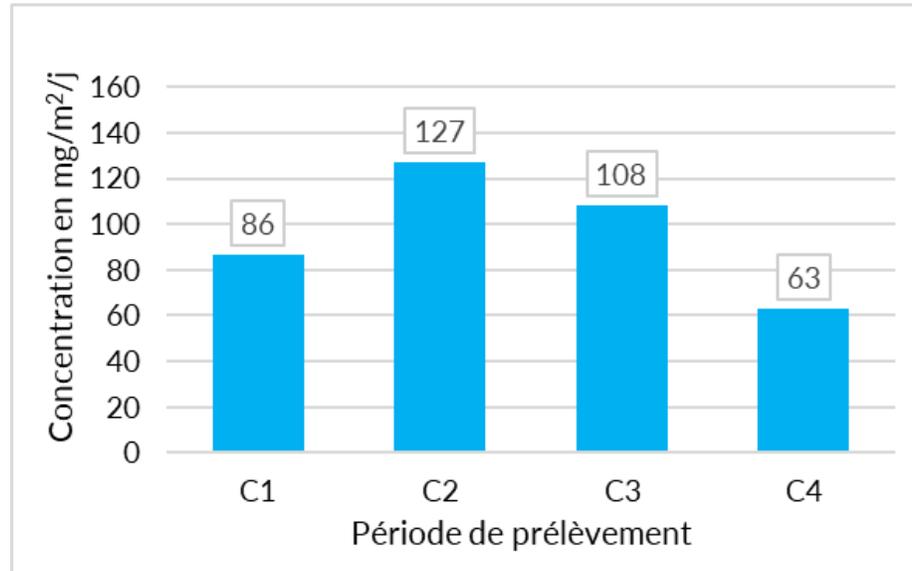


Figure 6 : Poussières dans les retombées atmosphériques totales moyennes par période de prélèvement

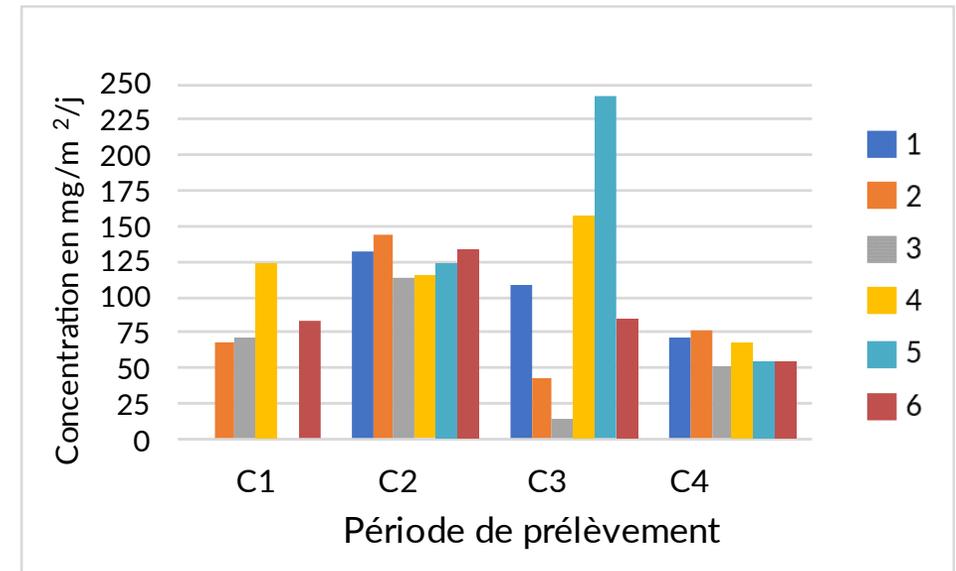


Figure 7 : Poussières dans les retombées atmosphériques totales par période de mesures et par site

Sur les 6 sites, la période de prélèvement C2 est celle ayant enregistré en moyenne la concentration la plus élevée. Cela peut être en partie dû aux vents ayant rabattu les émissions de la SAM (cf *Conditions météorologiques*, d. 14). La campagne C4 est celle dont les concentrations relevées sont en moyenne les plus basses, malgré les conditions météorologiques hivernales favorisant les fortes concentrations de poussières dans l'air.

Lors des périodes C2 et C4, les concentrations observées sont plutôt homogènes entre les différents sites. Elles le sont moins au cours de la campagne C1, et notamment lors de la campagne C3, durant laquelle les teneurs sont très dispersées.

# Résultats des mesures par sites

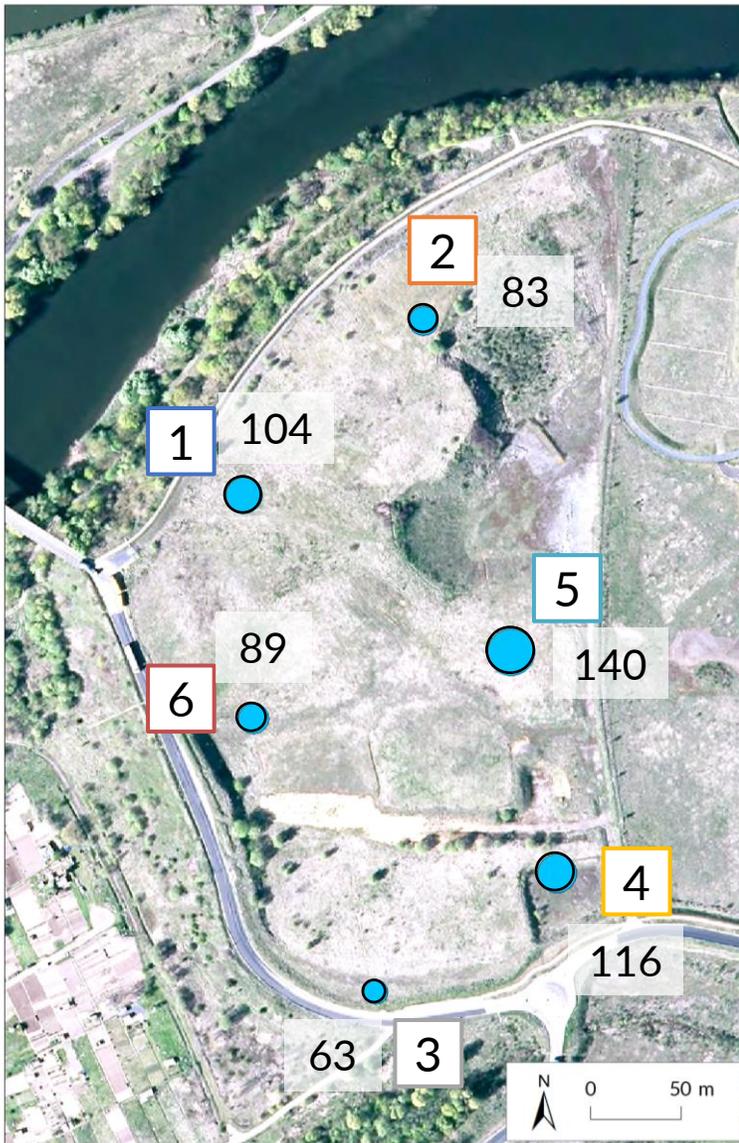


Figure 8 : Moyennes des concentrations en poussière par site

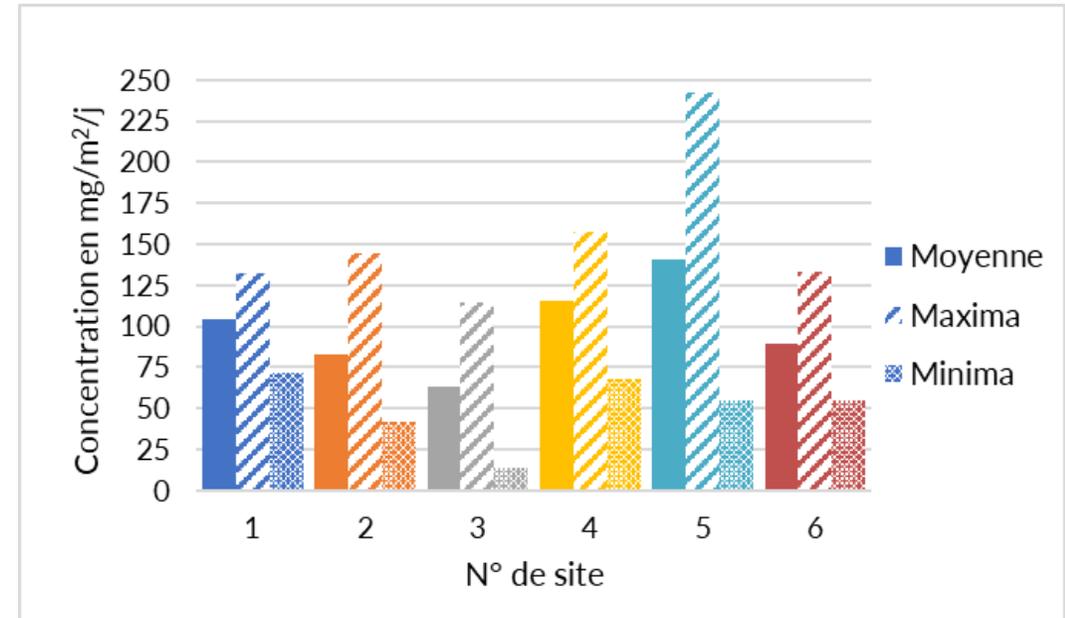


Figure 9 : Poussières dans les retombées atmosphériques totales par site

Les concentrations sur les différents sites de mesures vont en moyenne de 63 mg/m<sup>2</sup>/j (site 3) à 140 mg/m<sup>2</sup>/j (site 5).

Le site 5 a enregistré la plus grande concentration (242 mg/m<sup>2</sup>/j) pendant la période C3. Mais celui-ci a également enregistré une concentration de 54 mg/m<sup>2</sup>/j lors de la période C4, plus basse que l'ensemble des teneurs observées sur les sites 1, 4 et 6.

Le site 3 est celui où la concentration la plus basse a été relevée : 14 mg/m<sup>2</sup>/j au cours de la période C3.

# Synthèse



Sur l'ensemble des 4 campagnes de mesures réalisées, le site 5 (situé au centre-est de la zone d'étude) a enregistré en moyenne la concentration de poussières dans les retombées atmosphériques totales la plus élevée des 6 sites (140 mg/m<sup>2</sup>/j). La période C2 (juin-juillet) est celle où en moyenne les concentrations sont les plus élevées (12 mg/m<sup>2</sup>/j).

En moyenne, les résultats des mesures sur la zone d'étude **présentent des niveaux en poussières dans les retombées atmosphériques totales bien inférieurs à la valeur limite allemande pour la protection contre les nuisances et désagréments significatifs** (TA Luft de 350 mg/m<sup>2</sup>/j). Néanmoins, **excepté le site 3** (situé au sud de la zone), **les valeurs enregistrées sont en moyenne caractéristiques de celles observées sur des carrières** (selon études ATMO Grand Est).

La zone est ainsi globalement **plus poussiéreuse qu'un environnement dit « de fond », non impacté par une activité industrielle.**

A noter que les niveaux peuvent évoluer dans le temps en fonction des activités de la SAM et des autres industries à proximité.

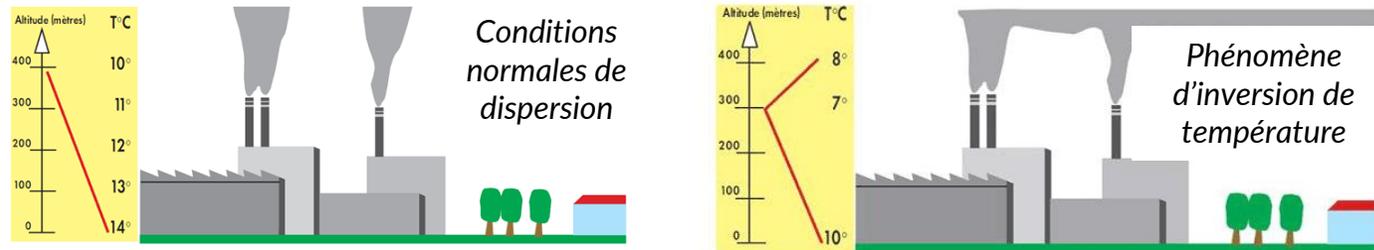
# Annexe 1 : Rôle de certains paramètres météorologiques sur la qualité de l'air

## Paramètres

## Rôles des conditions météorologiques dans la formation et dispersion des polluants de l'air

**La température** agit sur la chimie et les émissions des polluants : le froid diminue la volatilité de certains gaz, peut favoriser la stagnation des gaz issus des rejets d'échappement des véhicules, des installations de chauffage (dispersion limitée) etc... Les températures froides jouent sur l'augmentation des émissions liées au chauffage, tandis que les fortes températures favorisent les transformations photochimiques des polluants.

### Température



### Précipitations



**Lors de précipitations**, les gouttes de pluies captent les polluants gazeux et particulaires, favorisant ainsi le lessivage des masses d'air et une dilution des polluants dans l'air. Dans le cas des mesures des retombées atmosphériques, les pluies situées au-dessus des sites de mesure favorisent également l'entraînement des polluants dans les jauges.

### Direction et vitesse du vent



**Le vent est un paramètre météorologique essentiel** et contrôle la dispersion des polluants. Il intervient tant par sa direction pour orienter les panaches de pollution, que par sa vitesse pour diluer et entrainer les émissions de polluants. Une absence de vent ou des vents faibles contribuera à l'accumulation de polluants près des sources et inversement.

## Annexe 2 : Résultats des mesures

Période de prélèvement	Site de mesures	Volume d'eau de la jauge (L)	Poussières totales pesée dans la jauge (mg/m <sup>2</sup> /j)
C1	1	1,1	84
	2	1,9	67
	3	3,3	72
	4	2,3	123
	5	1,8	43
	6	3,5	84
C2	1	1,8	132
	2	1,7	144
	3	1,8	114
	4	1,8	115
	5	1,7	124
	6	1,8	133
C3	1	4,0	108
	2	4,3	42
	3	4,2	14
	4	4,5	158
	5	4,0	242
	6	4,4	84
C4	1	2,6	72
	2	2,4	77
	3	2,6	52
	4	2,7	68
	5	2,3	54
	6	2,6	55

*En rouge* : Résultats invalidés en raison de la chute de la jauge pendant la période de prélèvement



**AtMO**

GRAND EST

Metz - Nancy - Reims - Strasbourg

**Air • Climat • Energie • Santé**

Espace Européen de l'Entreprise – 5 rue de Madrid – 67300 Schiltigheim

Tél : 03.69.24.73.73 – [contact@atmo-grandest.eu](mailto:contact@atmo-grandest.eu)

Siret 822 734 307 000 17 – APE 7120 B

Association agréée de surveillance de la qualité de l'air