

ÉVALUATION DES CONCENTRATIONS EN DIOXYDE D'AZOTE AVANT LA MISE EN PLACE DES PLANS DE DÉPLACEMENTS ÉTABLISSEMENTS SCOLAIRES

2025

Évaluation des concentrations en dioxyde d'azote avant la mise en place des Plans de Déplacements Établissements Scolaires

Année 2025

Madininair : Observatoire de la Qualité de l'Air



Rapport édité sous système de management de la qualité certifié AFAQ ISO 9001 : 2015

	Rédaction	Vérification	Approbation
Nom	A.LAGNEAU	K.RAMASSAMY	C.BOULLANGER
Qualité	Chargée d'études	Ingénieure d'études	Responsable études
Visa			

○ SOMMAIRE ○

I.	Présentation de l'étude	4
II.	Contexte de l'étude	5
II.1	Polluant étudié : Le dioxyde d'azote	5
II.1.1	Origines et sources	5
II.1.2	Réglementation et norme	6
II.1.3	Effets sur la santé	7
II.1.4	Effets sur l'environnement	7
II.2	Description des campagnes de mesures	7
III.	Matériels et méthodes	8
III.1	Sur site	8
III.2	Au laboratoire	8
IV.	Données météorologiques	9
IV.1	Pluviométrie	9
IV.2	Vent	10
V.	Résultats des concentrations mesurées	11
VI.	Conclusion	16
VII.	Annexe	17

I. Présentation de l'étude

L'observatoire de la qualité de l'air en Martinique, Madininair, surveille et évalue la qualité de l'air ambiant sur l'ensemble du territoire martiniquais. Il dispose actuellement de 10 stations de mesure dispersées stratégiquement sur le territoire. Ces stations mesurent divers polluants : dioxyde de soufre SO₂, dioxyde d'azote NO₂, ozone O₃, particules PM10 (inférieures à 10 microns de diamètre), particules PM2.5 (inférieures à 2,5 microns de diamètre), benzène, métaux lourds, hydrocarbures aromatiques polycycliques.

La surveillance et l'évaluation de la qualité de l'air ambiant s'effectuent à l'aide de mesures fixes complétées par des mesures indicatives. En 2025, Madininair a réalisé, dans le cadre du programme Air Espace Sud Martinique et du projet de mise en place des Plans de Déplacements Établissements Scolaires (PDES), une évaluation des concentrations en dioxyde d'azote (NO₂), traceur de la pollution automobile, aux alentours de trois écoles de l'Espace Sud dans les communes de Rivière-Salée et de Sainte-Anne.

Cette étude a pour objectif d'évaluer les concentrations initiales en dioxyde d'azote NO₂ le long des futurs itinéraires PDES aux alentours des trois établissements scolaires et de comparer les résultats obtenus avec les normes environnementales en vigueur. Cette étude nous permet d'établir une cartographie de la pollution en dioxyde d'azote NO₂. Une seconde étude devrait être réalisée après la mise en place du PDES, lequel vise à réduire le nombre de véhicules individuels déposant les enfants à l'école, et ainsi devrait diminuer les concentrations en NO₂.

II. Contexte de l'étude

II.1 Polluant étudié : Le dioxyde d'azote

II.1.1 Origines et sources

Le dioxyde d'azote (NO_2) se forme dans l'atmosphère à partir du monoxyde d'azote (NO) qui se dégage essentiellement lors de la combustion de matières fossiles, dans la circulation routière, par exemple. Les sources principales sont les véhicules et les installations de combustion (centrale thermique, incinérateur, raffinerie, ...).

Les concentrations de NO et de NO_2 augmentent en règle générale dans les villes aux heures de pointe dues au trafic automobile.

Les concentrations de dioxyde d'azote (NO_2) ainsi que celles du monoxyde d'azote (NO) mesurées par les capteurs proches du trafic automobile ont diminué mais l'effet reste encore peu perceptible compte tenu de l'augmentation forte du trafic. Ces évolutions sont à mettre en relation avec les modifications apportées aux véhicules (principalement la généralisation du pot catalytique), principaux émetteurs de ces polluants.

II.1.2 Réglementation et norme

L'arrêté du 16 avril 2021 définit les normes environnementales du NO₂. La directive européenne 2008/50/CE précise que la norme annuelle est comparable à une concentration calculée sur la base d'une mesure effectuée pendant 14% du temps de l'année, répartie dans l'année. Les oxydes d'azote sont mesurés dans l'air ambiant, en microgramme par mètre cube d'air prélevé (µg/m³). A titre indicatif, une nouvelle directive européenne 2024/2881 concernant la qualité de l'air a été mise en place. Elle abaisse significativement les valeurs limites annuelles en NO₂ et sera applicable à partir du 1^{er} janvier 2030.

Période de base	Intitulé de la norme	Valeur de la norme NO ₂ (µg/m ³)	Valeur à atteindre le 01/01/2030 (µg/m ³)
Horaire (Santé)	Valeur Limite horaire	200 (18 dépassements autorisés par an)	200 (3 dépassements autorisés par an)
	Seuil d'information et de recommandation	200	150
	Seuil d'alerte	400	200 (3h consécutives)
Année (Santé)	Valeur Limite annuelle	40	20
	Seuil d'évaluation supérieur ¹	32	
	Seuil d'évaluation inférieur ²	26	
	Valeur OMS	10	10

Tableau II-1 : Normes environnementales pour le dioxyde d'azote (Arrêté du 16 avril 2021)

La directive européenne 2008/50/CE définit des seuils d'évaluation inférieur et supérieur permettant d'évaluer le risque de dépassement des normes environnementales si la mesure était réalisée toute l'année.

¹ Niveau au-delà duquel il est permis, pour évaluer la quantité de l'air ambiant, d'utiliser une combinaison de mesures fixes et de techniques de modélisation et/ou de mesures indicatives. Un dépassement du seuil supérieur correspond à un risque élevé d'atteindre la valeur limite pour la protection de la santé, si la mesure était effectuée en continu toute l'année.

² Niveau au deçà duquel il est suffisant, pour évaluer la qualité de l'air ambiant, d'utiliser des techniques de modélisation ou d'estimation objective. Un dépassement du seuil inférieur correspond à un risque modéré d'atteindre la valeur limite pour la protection de la santé, si la mesure était effectuée en continu toute l'année.

II.1.3 Effets sur la santé

Le NO₂ est un gaz irritant qui pénètre dans les fines ramifications des voies respiratoires, il entraîne une hyper réactivité bronchique chez les patients asthmatiques. Les études sur les populations humaines indiquent que l'exposition à long terme peut altérer la fonction pulmonaire et augmenter les risques de troubles respiratoires.

Le dioxyde d'azote est irritant pour les bronches. Il pénètre dans les voies respiratoires profondes et accroît la sensibilité des bronches face aux infections chez l'enfant. Il fragilise la muqueuse pulmonaire face aux agressions infectieuses, notamment chez les enfants.

II.1.4 Effets sur l'environnement

Le dioxyde d'azote se transforme dans l'atmosphère en acide nitrique, qui retombe au sol et sur la végétation. Cet acide contribue, en association avec d'autres polluants, à l'acidification des milieux naturels et donc participe aux phénomènes de pluies acides.

- Les effets sur les végétaux : les effets négatifs des oxydes d'azote sur les végétaux sont la réduction de la croissance, de la production et de la résistance aux pesticides.
- Les effets sur les matériaux : les oxydes d'azote accroissent les phénomènes de corrosion.

Le NO₂ est également un précurseur de l'ozone (O₃) qui est, en basse altitude, un composé néfaste pour la santé humaine et l'environnement.

II.2 Description des campagnes de mesures

Dans le but de fournir une spatialisation en NO₂ le long des futurs itinéraires PDES aux alentours de trois établissements scolaires, une étude a été réalisée durant les mois septembre à novembre 2025. Les cartes des sites d'implantation sont présentées en annexe.

Ces quatre campagnes successives, de deux semaines chacune, représentent 14% du temps de l'année, permettant d'estimer une moyenne annuelle, et ainsi de comparer ces données aux normes environnementales en vigueur.

- Campagne 1 : du 30 septembre au 14 octobre 2025
- Campagne 2 : du 14 octobre au 28 octobre 2025
- Campagne 3 : du 28 octobre au 12 novembre 2025
- Campagne 4 : du 12 novembre au 26 novembre 2025

III. Matériels et méthodes

III.1 Sur site

La méthode de prélèvement du NO_2 est celle des tubes passifs. Le principe général consiste en un tube vertical ouvert à sa partie inférieure, et contenant en sa partie supérieure interne, un support solide (grilles) imprégné d'une substance chimique (triéthanolamine+BRIJ35) adaptée à l'absorption de NO_2 qui diffuse naturellement dans le tube.



Pendant la durée d'exposition du tube dans l'atmosphère, le gaz NO_2 est piégé dans le tube sous forme de nitrite NO_2^- .

Les tubes sont posés à environ 2 mètres du sol, essentiellement pour des raisons de vandalisme, sur des supports (lampadaire, poteau...) tout en restant représentatifs de l'air respirable. Les tubes sont posés sur des supports qui sont fixés au poteau à l'aide de collier de serrage.

Cette étude dure 14% de l'année, temps minimum à une représentativité de la pollution à l'échelle annuelle (Cf. directive européenne 2008/50/CE).

Le tube sera laissé ouvert pendant une période de 15 jours, puis remplacé par un autre et cela de façon successive, sans interruption.

Les tubes sont ensuite retournés en laboratoire afin de déterminer la masse de NO_2^- captée. La masse de nitrite NO_2^- est convertie en termes de concentration volumique dans l'air.

III.2 Au laboratoire

Après échantillonnage, les tubes sont analysés le plus rapidement possible au laboratoire de Madinainair. L'analyse se fait par spectrophotométrie. Dans chaque tube l'ajout d'une solution, qui réagit avec le NO_2^- , donne une coloration plus ou moins rose en fonction de la concentration en NO_2^- .

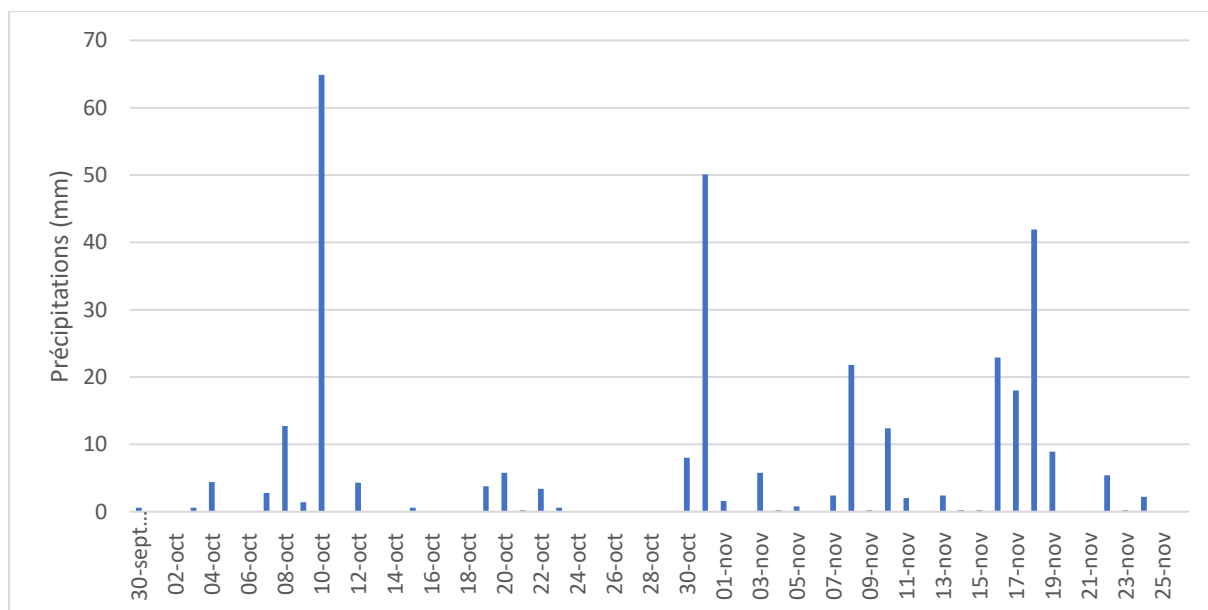
Une fois la coloration développée, on mesure l'absorbance des différentes solutions obtenues, qui sont comparées à la droite d'étalonnage, préalablement établie à partir de solutions étalons.

On obtient des concentrations en microgramme de nitrite par millilitre de réactif colorimétrique utilisé et correspondant au gaz NO_2 capté par les supports imprégnés. Les concentrations dans l'air, en microgramme par mètre cube d'air ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), sont ensuite calculées en tenant compte de la durée d'exposition et du débit de diffusion à l'intérieur du tube.

IV. Données météorologiques

IV.1 Pluviométrie

Les conditions climatiques sont les paramètres les plus importants dans la dispersion des polluants atmosphériques. Il faut donc en tenir compte lorsque l'on compare les données des différentes campagnes.



Graphique IV-1 : Précipitation durant la période de mesure sur la station « Sainte-Anne SECI » de Météo France

La pluie joue un rôle de lixiviation de l'atmosphère. On pourra donc s'attendre à des concentrations plus faibles en NO₂ les jours de pluie. Les précipitations maximales sont mesurées le 10/10/2025 avec 64,9 mm d'eau. Durant les huit semaines de campagne, le cumul des précipitations est de 313,7 mm d'eau.

IV.2 Vent

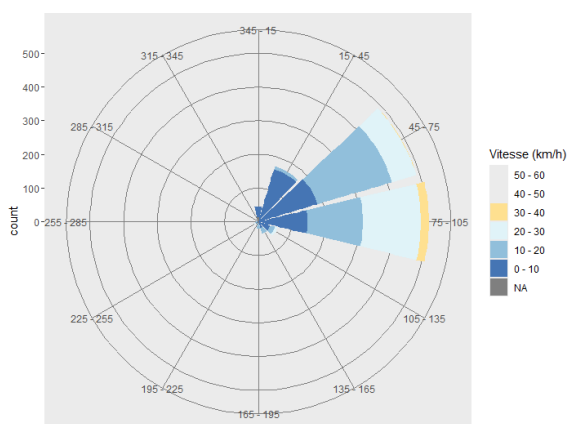


Figure IV-1 : Direction des vents dominants sur la station « Lamentin-aéroport » de Météo France

Les données de vents proviennent de la station de Météo France® située au Lamentin-aéroport, pour les campagnes réalisées à Rivière Salée.

Durant la période de mesure, la vitesse moyenne des vents enregistrée s'élève à 12,6 km/h, avec un maximum horaire de 38,2 km/h.

Les vents sont principalement orientés de secteur Est à Nord-Est.

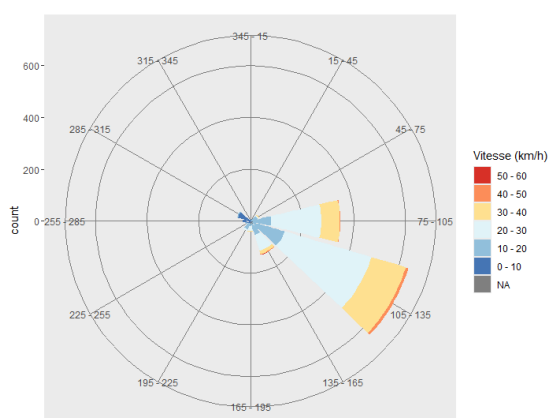


Figure IV-2 : Direction des vents dominants sur la station « Vauclin (Château paille) » de Météo France

Les données de vents proviennent de la station de Météo France® située au Vauclin, pour les campagnes réalisées à Sainte-Anne.

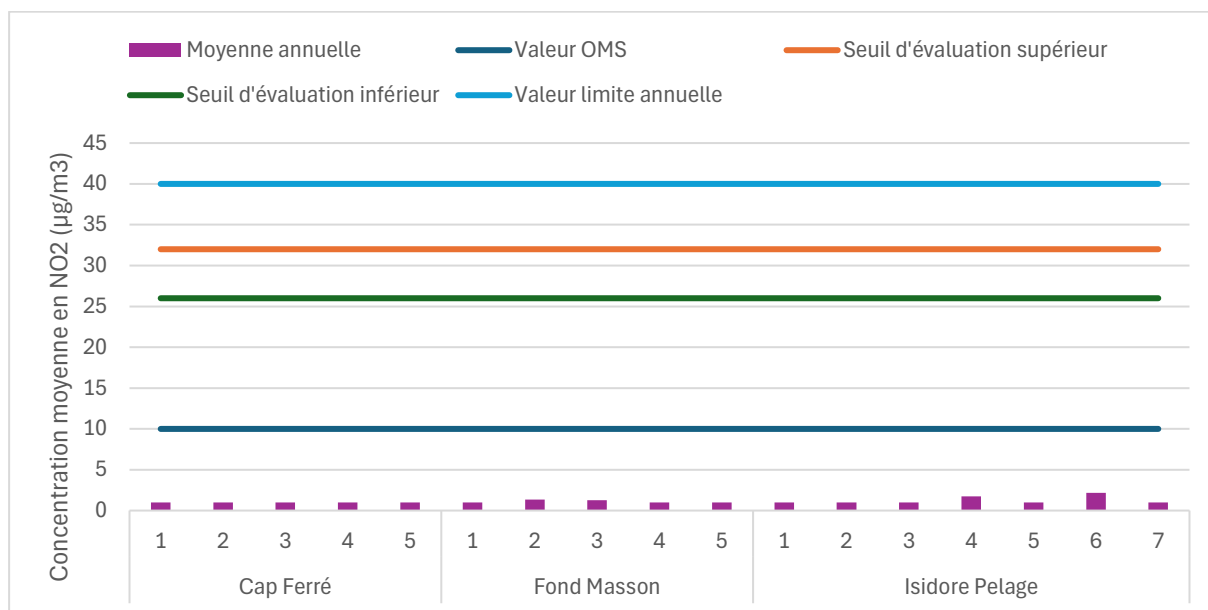
Durant la période de mesure, la vitesse moyenne des vents enregistrée s'élève à 22,3 km/h, avec un maximum horaire de 54 km/h.

V. Résultats des concentrations mesurées

Le tableau ci-dessous présente les concentrations moyennes annuelles en NO₂ sur les futurs itinéraires PDES aux alentours de trois écoles de l'Espace Sud (Sainte-Anne et Rivière-Salée) en 2025, comparables aux normes environnementales en vigueur. Les cartes des sites d'implantation sont présentées en annexe.

Tubes	Concentration moyenne en NO ₂ (µg/m ³)
Rivière-Salée	
1	1,0
2	1,4
3	1,3
4	1,0
5	1,0
Sainte-Anne Cap Ferré	
1	1,0
2	1,0
3	1,0
4	1,0
5	1,0
Sainte-Anne Isidore Pelage	
1	1,0
2	1,0
3	1,0
4	1,7
5	1,0
6	2,2
7	1,0

Tableau V-1 : Concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote (NO₂) mesurées sur les futurs itinéraires PDES en 2025



Graphique V-1 : Concentrations moyennes annuelles en NO₂ (µg/m³) aux différents points de mesure sur les futurs itinéraires PDES en 2025

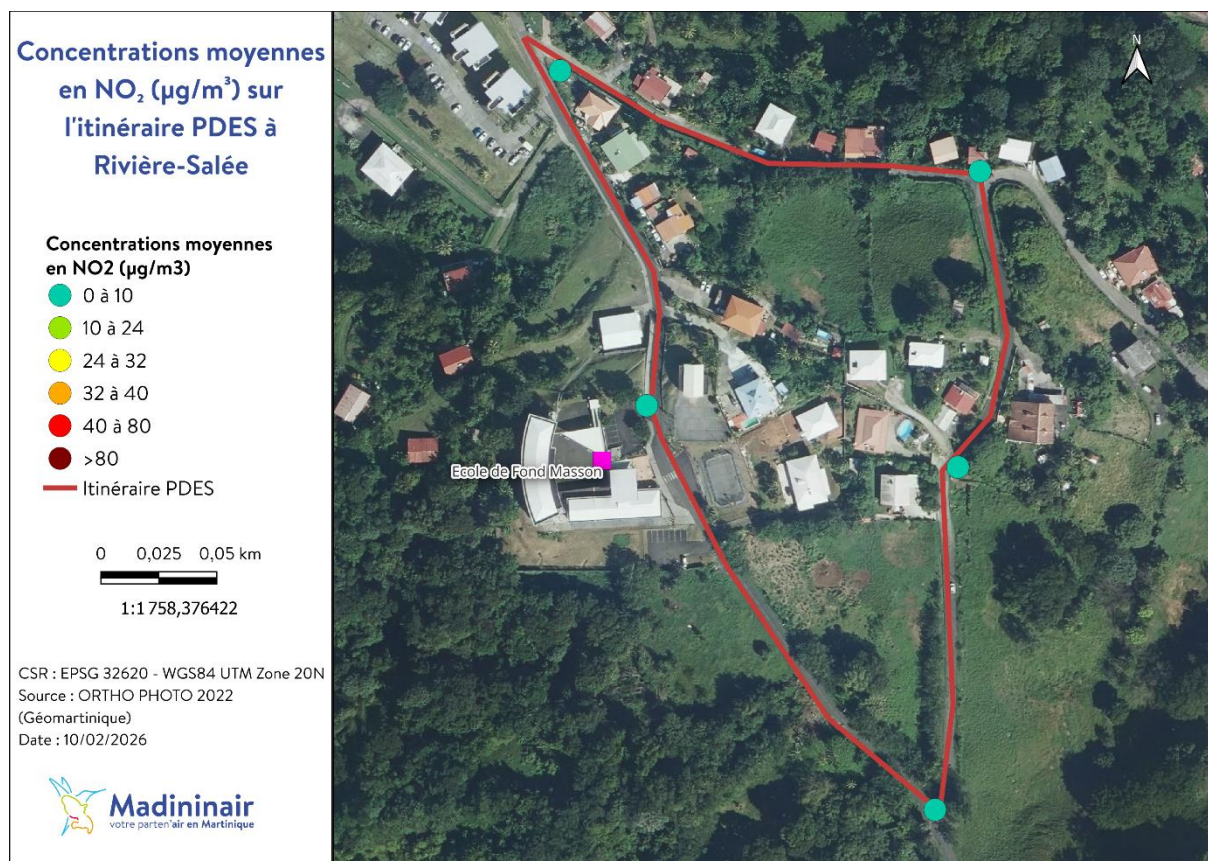
Aucun site ne dépasse la valeur limite annuelle pour la protection de la santé, la valeur OMS et les seuils d'évaluation inférieur et supérieur.

La concentration maximale est mesurée sur le site 6 (2,2 µg/m³), sur l'itinéraire PDES du Collège Isidore Pelage à Sainte-Anne.

Le risque de dépasser les normes environnementales en dioxyde d'azote sur ces sites semble faible.

Les cartes ci-dessous présentent la spatialisation de la pollution automobile sur les trois itinéraires PDES à Rivière-Salée et Sainte-Anne.

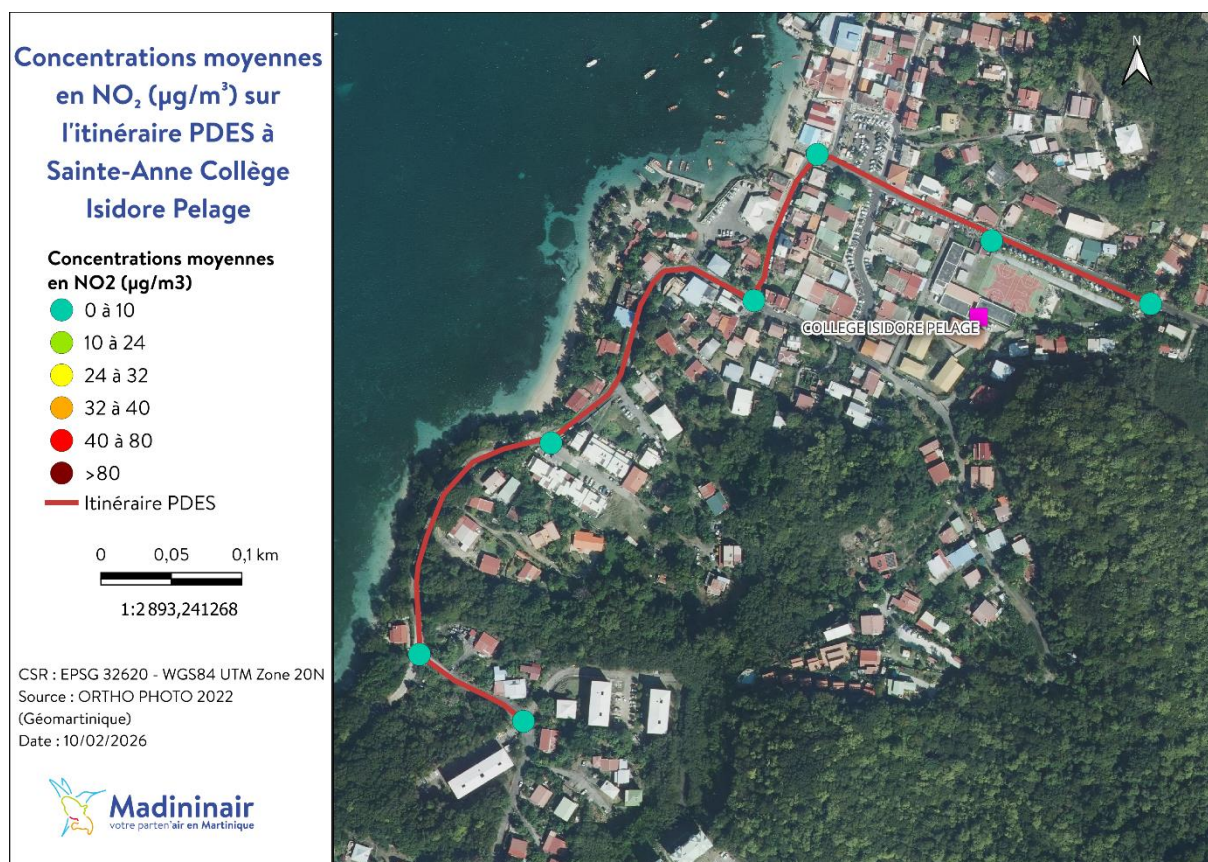
- **Rivière-Salée**



Carte V-1 : Spatialisation des concentrations moyennes annuelles en NO₂ sur l'itinéraire PDES à Rivière-Salée

Cette carte permet de visualiser l'impact de la pollution automobile sur la qualité de l'air sur l'itinéraire PDES à Rivière-Salée. Les concentrations en NO₂ sont faibles sur l'ensemble des points de mesure et inférieures à la valeur limite pour la protection de la santé et au seuil de référence préconisé par l'OMS de 10 µg/m³.

- Sainte-Anne, Collège Isidore Pelage



Carte V-2 : Spatialisation des concentrations moyennes annuelles en NO₂ sur l'itinéraire PDES à Sainte-Anne, Collège Isidore Pelage

Cette carte permet de visualiser l'impact de la pollution automobile sur la qualité de l'air sur l'itinéraire PDES à Sainte-Anne au niveau du collège Isidore Pelage. Les concentrations en NO₂ sont faibles sur l'ensemble des points de mesure et inférieures à la valeur limite pour la protection de la santé et au seuil de référence préconisé par l'OMS de 10 µg/m³.

- Sainte-Anne, Cap Ferré



Carte V-3 : Spatialisation des concentrations moyennes annuelles en NO₂ sur l'itinéraire PDES au Marin

Cette carte permet de visualiser l'impact de la pollution automobile sur la qualité de l'air sur l'itinéraire PDES à Sainte-Anne au niveau de l'école Cap Ferré. Les concentrations en NO₂ sont faibles sur l'ensemble des points de mesure et inférieures à la valeur limite pour la protection de la santé et au seuil de référence préconisé par l'OMS de 10 µg/m³.

VI. Conclusion

L'étude menée autour de trois établissements scolaires de l'Espace Sud a permis d'évaluer la quantité de dioxyde d'azote (NO₂), principal polluant issu du trafic automobile, dans l'air le long des itinéraires PDES. L'utilisation de tubes passifs a permis de spatialiser les concentrations en NO₂ et de définir les zones les plus impactées par la pollution automobile.

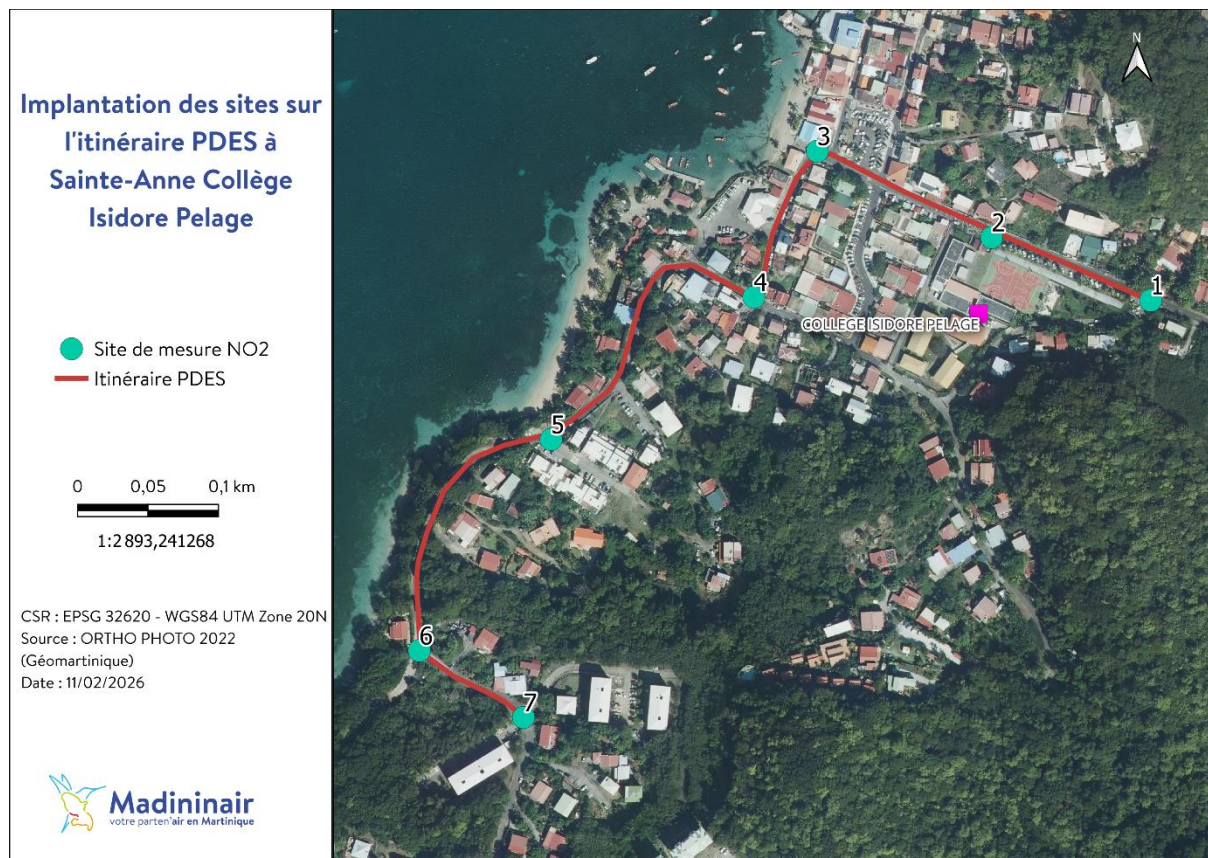
Cette étude s'est déroulée durant quatre campagnes de deux semaines, représentant 14% de l'année, permettant ainsi d'estimer une moyenne annuelle. Les concentrations moyennes annuelles en NO₂ ont été comparées aux normes environnementales en vigueur. La valeur limite annuelle pour la protection de la santé de 40 µg/m³ et les seuils d'évaluation sont utilisés pour déterminer le risque de dépassement des normes environnementales et ainsi définir la stratégie de mesure à mettre en place dans ces zones.

Aucun site ne dépasse le seuil d'évaluation supérieur et inférieur ni la valeur limite annuelle pour la protection de la santé. Ainsi, le risque de dépasser les normes environnementales en dioxyde d'azote sur ces itinéraires PDES semble faible pour une mesure réalisée toute l'année.

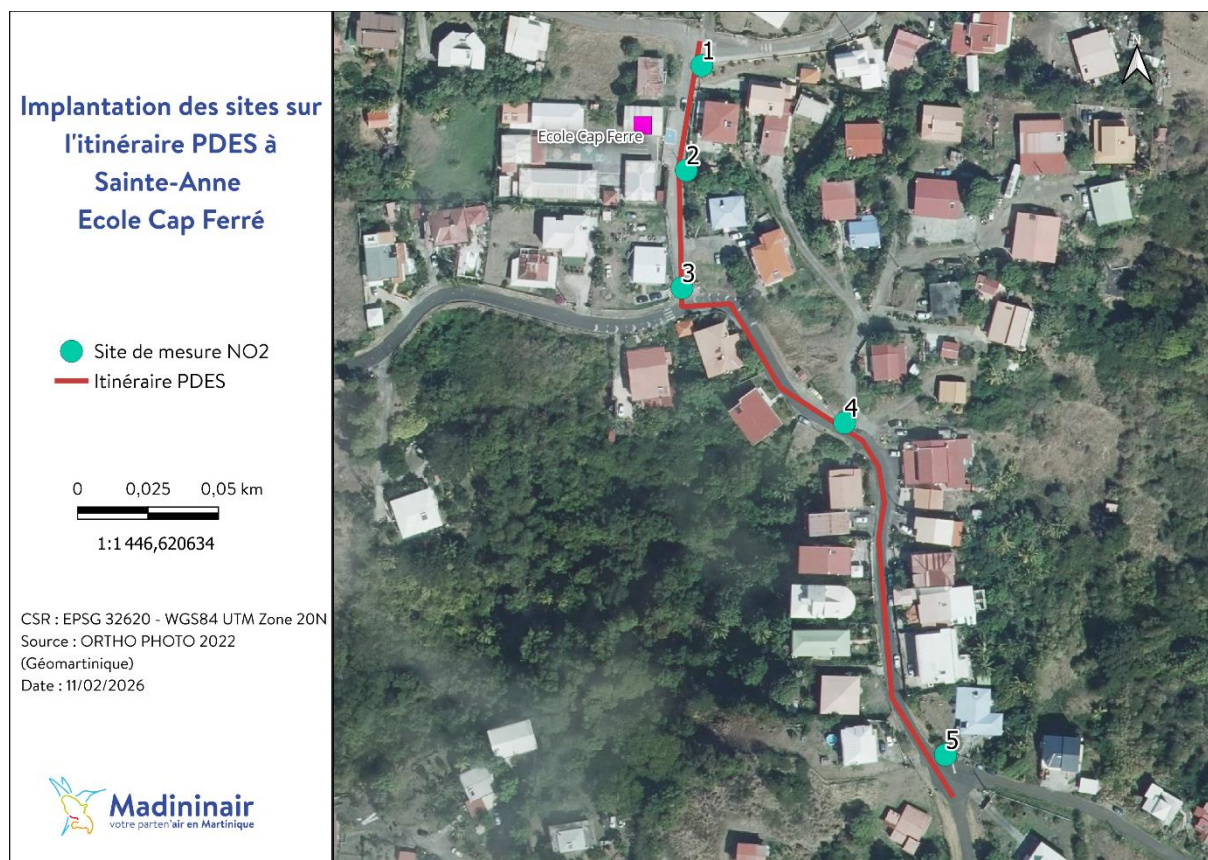
Une seconde étude devrait être réalisée après la mise en place du PDES afin de comparer les concentrations en NO₂ aux concentrations initiales mesurées lors de cette étude. L'objectif du PDES est de réduire le nombre de véhicules individuels déposant les enfants à l'école, qui devrait entraîner une diminution des concentrations en NO₂.

VII. Annexe

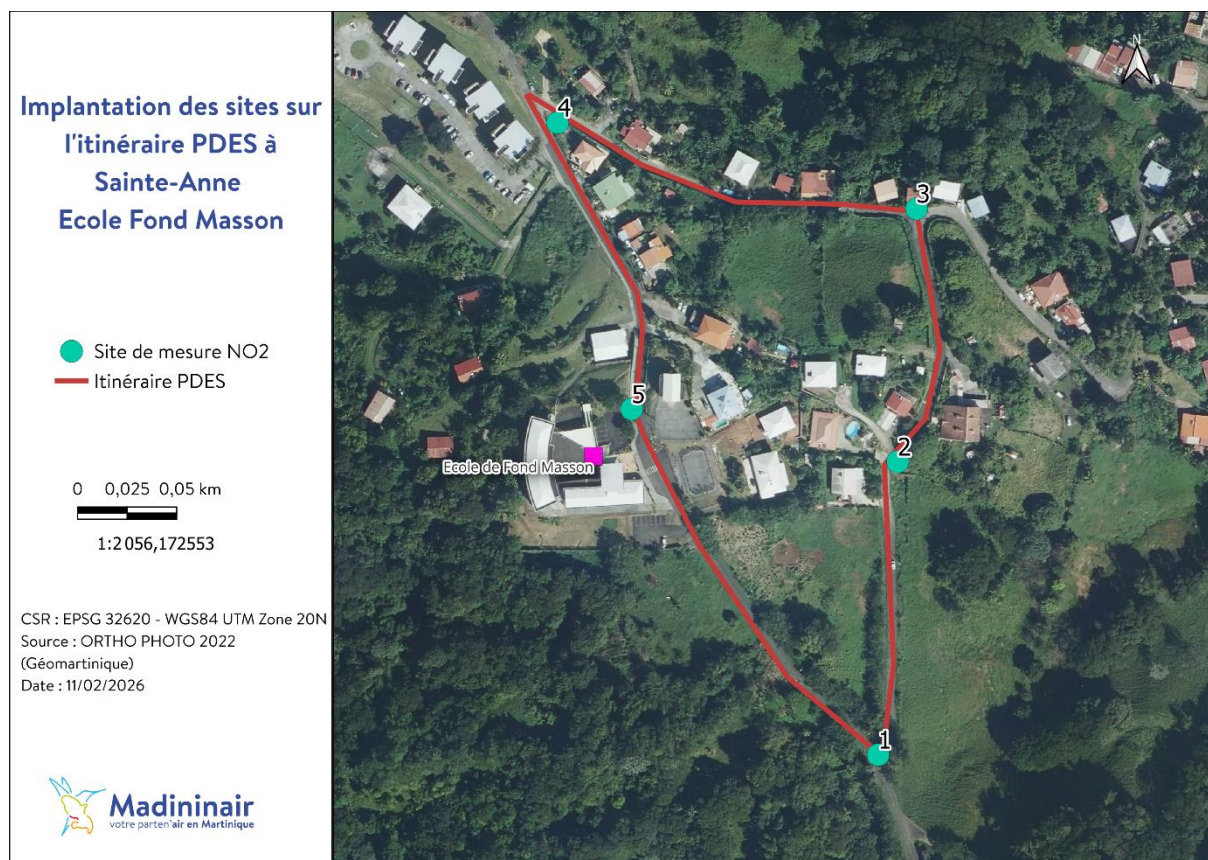
Sites d'implantation à Sainte-Anne, collège Isidore Pelage



Sites d'implantation à Sainte-Anne Ecole Cap Ferré



Sites d'implantation à Rivière-Salée





31, rue du Professeur Raymond Garcin
Allée du Prunier - 97200 Fort-de-France
Tél. : 0596 60 08 48
info@madininair.fr
www.madininair.fr

