

Mesure des polluants liés aux émissions du trafic routier sur l'île de Cayenne

Juillet 2023



Auteurs : Karim MERAD BOUDIA
Mouad AOUS
Antonin LOTTO

ATMO GUYANE :
Immeuble EGTRANS International
ZI de Dégrad des Cannes
BP 51059 - 97343 - Cayenne Cedex
Tél : 0594 28 22 70
contact@atmo-guyane.org

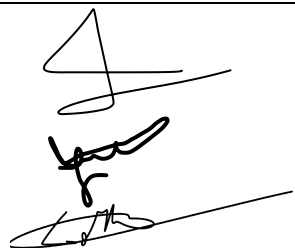


Mesure des polluants liés aux émissions du trafic routier sur l'île de Cayenne

Juillet 2023

Avertissement

Les informations contenues dans ce rapport traduisent la mesure d'un ensemble d'éléments à un instant t donné, caractérisé par des conditions climatiques propres.

Atmo Guyane ne saurait être tenu pour responsable des événements pouvant résulter de l'interprétation et/ou de l'utilisation des informations faites par un tiers.

	Rédaction	Vérification	Approbation
Nom	Karim MERAD BOUDIA Mouad AOUS Antonin LOTTO	Kathy PANECHOU	Rodolphe SORPS
Qualité	Ingénieurs d'études	Directrice	Président
Visa			

SOMMAIRE

1. Introduction.....	5
2. Polluants et méthodologie	5
3. Résultats.....	7
3.1. Vérification de l'absence de contamination des échantillons.....	7
3.2. Vérification de la cohérence des doublons et triplets	8
3.3. Résultats des échantillons	9
3.4. Spatialisation des NOx.....	18
3.5. Comparaison des résultats avec les données stations.....	20
3.6 Influence des données météorologiques.....	20
4. Conclusion.....	22
Annexes	23

Liste des figures

Figure 1 : Extrait du bulletin annuel 2021 de Météo France	6
Figure 2 : Planning prévisionnel de l'étude	7
Figure 3 : Représentations des concentrations des oxydes d'azote en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	11
Figure 4 : Représentation des concentrations du monoxyde de carbone	12
Figure 5 : Représentation des concentrations d'ozone	13
Figure 6 : Représentation des concentrations des BTEX	16
Figure 7 : Spatialisation du dioxyde d'azote sur l'île de Cayenne	19
Figure 8 : Comparaison des concentrations du dioxyde d'azote avec les stations de mesure	20
Figure 9 : Représentation de la pluviométrie et température durant les 2 campagnes	21

Liste des tableaux

Tableau 1 : Concentrations des blancs en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	8
Tableau 2 : Ecart entre les doublons mis en place	8
Tableau 3 : Concentrations mesurées en saison des pluies sur les triplets en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	9
Tableau 4 : Concentrations mesurées en saison des pluies sur les triplets en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	9
Tableau 5 : Concentrations des oxydes d'azote en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	10
Tableau 6 : Concentrations moyennes des oxydes d'azote en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	10
Tableau 7 : Concentrations du monoxyde de carbone en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	12
Tableau 8 : Concentration de l'ozone en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	13
Tableau 9 : Concentrations du dioxyde de soufre en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	14
Tableau 10 : Concentrations des BTEX en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pendant la saison des pluies	15
Tableau 11 : Concentrations des BTEX en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pendant la saison sèche	15
Tableau 12 : Préconisations de l'OMS	16
Tableau 13 : Numérotation des échantillons de HAP (valeurs ; annexe 4)	17
Tableau 14 : Numérotation des échantillons de COV (valeurs ; annexe 5)	17
Tableau 15 : résultats échantillon COV 005 et comparaison avec la VLCT (annexe 6)	18
Tableau 16 : Valeurs moyennes enregistrées durant les 2 campagnes	21

Liste des annexes

<i>Annexe 1 : Disposition des points de prélèvements de NO₂ (campagne 2019)</i>	23
<i>Annexe 2 : Nombre de mesures par points de prélèvements</i>	24
<i>Annexe 3 : Localisation des points de mesure</i>	26
<i>Annexe 4 : Résultats des mesures HAP</i>	28
<i>Annexe 5 : Résultats des mesures de COV</i>	31
<i>Annexe 6 : Seuils réglementaires</i>	34

1. Introduction

Atmo Guyane a mis en place plusieurs études visant à mesurer les concentrations en dioxyde d'azote (NO₂) sur l'ensemble de l'île de Cayenne où le trafic automobile est en constante augmentation.

Une station de mesures de type « trafic » a été mise en fonction depuis 2021. Elle est équipée d'analyseurs automatiques de particules fines et des oxydes d'azote.

Ces études sont régulièrement reconduites afin d'observer d'éventuelles variations des concentrations.

Atmo Guyane souhaite élargir les polluants recherchés et ne pas se limiter qu'au NO₂.

Dans ce contexte, une nouvelle étude est mise en place afin de mesurer les émissions de polluants atmosphériques dues au trafic routier sur l'ensemble de l'île de Cayenne, qui regroupe les villes de Cayenne, Matoury et Rémire Montjoly, ainsi que ses principaux axes routiers.

L'objectif de cette étude est principalement d'apporter de nouveaux paramètres pour développer la modélisation et des éléments de comparaison pour les futures études.

A l'heure actuelle, aucune donnée spatialisée, sur la base de mesures n'est disponible pour ces polluants, hormis pour le NO₂.

Cette étude nous permet également d'identifier d'éventuelles corrélations entre les différents polluants mesurés, ainsi que l'influence des conditions météorologiques sur les concentrations observées.

2. Polluants et méthodologie

L'étude proposée par Atmo Guyane vise à mesurer les concentrations des polluants gazeux majoritaires liés au trafic automobile.

Les principaux polluants émis dans l'air ambiant par le trafic routier sont :

- Les particules fines (PM) ;
- Le dioxyde d'azote (NO_x) ;
- Le dioxyde de soufre (SO₂) ;
- Le monoxyde de carbone (CO) ;
- Benzène, toluène, xylène, éthylbenzène (BTEX) ;
- Les composés organiques volatils aromatiques et chlorés (COV) ;
- Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) ;
- Les métaux lourds ;
- L'ozone (O₃), polluant secondaire.

Une campagne de mesures à grande échelle avec un nombre de points important est réalisée principalement par des prélèvements passifs pour les NO_x, SO₂, CO, O₃, BTEX. Les tubes passifs sont laissés sur le terrain pendant 14 jours puis envoyés au laboratoire pour analyse.

Cependant, certains polluants (COV et HAP) sont mesurés via des prélèvements actifs. Le temps de prélèvement est compris entre 30-60 min (suivant le débit d'aspiration fixé sur la pompe). Toutefois, le nombre de ces points de prélèvements actifs est beaucoup moins important que les prélèvements passifs, en raison de la complexité de leur mise en place.

Pour des raisons logistiques, la mesure des particules fines et métaux lourds n'a pas été réalisée.

Les points de prélèvements sont implantés le long des axes routiers, au niveau des trottoirs afin d'évaluer les concentrations auxquelles les piétons et cyclistes sont exposés.

Dans le but de mettre en évidence une éventuelle influence des saisons des pluies et des saisons sèches sur les mesures, cette campagne est réalisée sur les deux périodes.

Cette étude est menée sur l'ensemble de l'île de Cayenne pour une répartition des points similaire à celle déjà réalisée lors de l'étude du NO₂ en 2019, dont la cartographie des points de prélèvements est représentée dans l'annexe 1. Cependant, le nombre de points de prélèvement est plus limité en raison du nombre élevé de polluants mesurés. Ces points de prélèvements sont déterminés selon les résultats de l'étude sur le NO₂ réalisée précédemment, et sont résumés dans l'annexe 2.

La localisation de chaque point de prélèvement est mentionnée dans l'annexe 3.

→ Planning prévisionnel des campagnes

Le territoire guyanais est caractérisé par un climat équatorial humide où deux périodes se distinguent : une saison des pluies où les précipitations sont élevées, et une saison sèche où les précipitations sont rares. Ces dernières influent considérablement sur la qualité de l'air en Guyane.

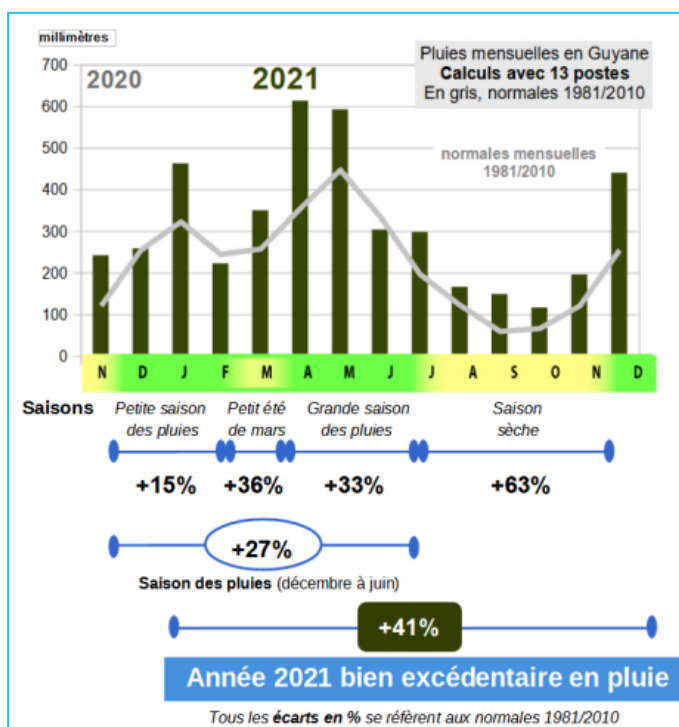


Figure 1 : Extrait du bulletin annuel 2021 de Météo France

Selon le bulletin météorologique annuel de 2021, les précipitations sont nettement plus importantes entre décembre-juin qu'entre juillet-novembre. Ces 2 périodes représentent respectivement la saison des pluies et la saison sèche.

De ce fait, la réalisation de 2 campagnes est nécessaire durant les 2 saisons : la première entre janvier et juin et la seconde entre juillet et novembre.

Le planning prévisionnel pour ces deux campagnes est le suivant :

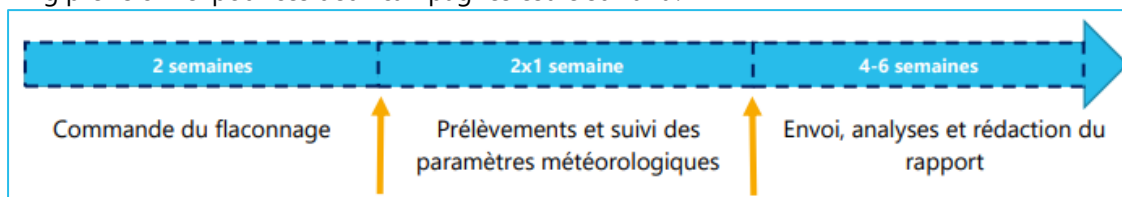


Figure 2 : Planning prévisionnel de l'étude

Les mesures se sont déroulées du **8 au 22 juin 2022** pour la saison des pluies, et du **10 au 24 novembre** pour la saison sèche.

3. Résultats

3.1. Vérification de l'absence de contamination des échantillons

Afin de s'affranchir de toute contamination pendant les phases de transport et stockage, des blancs sont réalisés. Les concentrations de ces blancs sont précisés ci-après.

Les blancs de terrain consistent en des tubes de prélèvements qui subissent les mêmes étapes que les tubes de prélèvement hormis la phase d'échantillonnage : ces tubes sont emmenés dans les mêmes conditions au cours des campagnes mais ne sont pas mis en place.

Les blancs de laboratoire ne sont pas emmenés sur le terrain et sont conservés au laboratoire d'Atmo Guyane. Ils permettent de témoigner d'une éventuelle contamination du support de prélèvements ou lors de la phase de transport entre le laboratoire fournisseur et Atmo Guyane.

Polluant	Blanc	Saison des pluies	Saison sèche
O ₃ (µg/éch)	Laboratoire	<0,45	<0,45
	Terrain	<0,45	<0,45
NO ₂ (µg/éch)	Laboratoire	/	<0,01
	Terrain	<0,01	<0,01
NO _x (µg/éch)	Laboratoire	/	<0,05
	Terrain	<0,05	<0,05
Benzène (µg/m ³)	Laboratoire	<0,06	<0,06
	Terrain	<0,06	<0,06
Toluène (µg/m ³)	Laboratoire	<0,05	<0,05
	Terrain	<0,05	<0,05
Ethylbenzène (µg/m ³)	Laboratoire	<0,05	<0,05
	Terrain	<0,05	<0,05
Xylène (µg/m ³)	Laboratoire	<0,1	<0,1
	Terrain	<0,1	<0,1
SO ₂ (µg/éch)	Laboratoire	<0,72	<0,72
	Terrain	<0,72	<0,72

HAP	Laboratoire	Ech 023 (annexe 4)	Ech 024/025 (annexe 4)
	Terrain	Ech 024 (annexe 4)	Ech 026 (annexe 4)
COV	Laboratoire	Ech 012 (annexe 5)	Ech 012/013 (annexe 5)
	Terrain	Ech 011 (annexe 5)	Ech 011 (annexe 5)

Tableau 1 : Concentrations des blancs en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

- ✓ **Les résultats des blancs de terrain et de laboratoire témoignent de l'absence de contamination des échantillons.**

3.2. Vérification de la cohérence des doublons et triplets

Plusieurs doublons sont installés au droit de certains points de prélèvements afin de s'assurer de la répétabilité de la méthode d'échantillonnage.

Polluant	Ecart moyen	Ecart maximal
NO _x	17%	47 %
CO	16 %	21 %
O ₃	15 %	44 %
SO	0	0
Benzène	9 %	18 %
Toluène	7 %	13 %
Xylène	7 %	13 %
Ethylbenzène	33 %	66 %

Tableau 2 : Ecart entre les doublons mis en place

Ces doublons ont permis de mettre en évidence un écart moyen différent pour chaque polluant. Hormis pour l'éthylbenzène, les écarts moyens sont tous inférieurs à 17%. Cette tendance est une conséquence des faibles concentrations observées.

En effet, à titre d'exemple pour l'éthylbenzène, des concentrations de $0.1\mu\text{g}/\text{m}^3$ et de $0.2\mu\text{g}/\text{m}^3$ mesurées sur un même point de prélèvement correspondent à un écart de 66%.

Par ailleurs, étant donné que les résultats des prélèvements actifs sont inférieurs à la limite de détection, il est inutile de comparer les doublons des polluants mesurés via des prélèvements actifs (HAP et COV).

- ✓ **Les résultats des doublons sont cohérents compte tenu des concentrations observées et permettent de valider la méthode utilisée.**

Des triplets ont été également placés au droit d'un point de prélèvement pour chaque polluant et à chaque campagne afin de s'assurer de la cohérence des résultats des trois tubes de prélèvements entre eux. Ces derniers sont représentés sur les 2 tableaux suivants :

Saison des pluies

Polluant	Ech 1	Ech 2	Ech 3	Moyenne	Ecart (1)
NO _x	3	4.2	4.3	3.8	34%
CO	600	1259	1398	1086	74%
O ₃	15.9	15	12.1	14.3	27%
SO	< 3	< 3	< 3	< 3	0 %

Benzène	0.8	0.4	0.2	0.5	128 %
Toluène	0.9	0.8	0.3	0.7	90 %
Xylène	0.8	0.8	0.4	0.7	60 %
Ethylbenzène	0.2	0.1	0.2	0.2	0 %

Tableau 3 : Concentrations mesurées en saison des pluies sur les triplets en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

(1) : Ecart entre la concentration maximale et minimale mesurée rapporté à la moyenne

(2) : les valeurs des concentrations sont en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Saison sèche

Polluant	Ech 1	Ech 2	Ech 3	Moyenne	Ecart (1)
NOx	6.2	6	6	6.1	3 %
CO	600	600	600	600	0 %
O3	14.4	13.3	15.9	14.5	18 %
SO	< 3	< 3	< 3	< 3	0 %
Benzène	0,5	0,6	0,5	0,5	20 %
Toluène	0,6	0,5	0,6	0,6	17 %
Xylène	0,6	0,3	0,8	0,6	83 %
Ethylbenzène	0,1	0,1	0,1	0,1	0 %

Tableau 4 : Concentrations mesurées en saison des pluies sur les triplets en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

(1) : Ecart entre la concentration maximale et minimale mesurée rapporté à la moyenne

(2) : les valeurs des concentrations sont en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Les écarts enregistrés sont très élevés pour certains polluants. Cela s'explique d'une part par la mesure de très faibles concentrations (BTEX), dont une légère variation influe grandement sur le pourcentage d'écart, et d'autre part, par la variation d'un des 3 échantillons par rapport aux 2 autres. Cette variation peut être relative à une orientation différente du tube de prélèvement.

Cependant, il apparaît que pour chaque polluant, au moins 2 échantillons ont des valeurs très proches. Pour ces triplets, on prendra en considération la moyenne entre les 2 valeurs les plus proches.

De même que pour les doublons, les résultats des points triples permettent également de valider la méthode utilisée et l'exploitabilité des données obtenues.

3.3. Résultats des échantillons

A la suite de chaque période de mesures (saison des pluies et saison sèche), les prélèvements ont été envoyés aux laboratoires pour analyse des concentrations en polluants.

Les résultats observés pour chaque polluant sont les suivants :

→ Les résultats **Oxydes d'azote** en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

ID	Saison des pluies						Saison sèche							
	NO	NO2			NOx		NO	NO2			NOx			
1	< 2	3	4,2	4,3	3	4,2	4,3	< 2	6,2	6	6	6,2	6	6
2	< 2	11,1			11,1		2	11,3			11,3			

3	< 2	5,3		5,3		2,5		7,6		10,1					
4	< 2	9,3		9,3		< 2		10,7		10,7					
5	< 2	7		7		4,3		6,5		10,8					
6	< 2	3,8		3,8		< 2		2,9		2,9					
7	< 2	15,5	16,8		15,5	16,8		5,5	10,5	12,2	13,4		17,7	23,9	
8	< 2	3,9		3,9		< 2		4,2		4,2					
9	< 2	5,1		5,1		< 2		5,3		5,3					
10	< 2	2,7	2,7		2,7	2,7		< 2	3,3	2,9		3,3	2,9		
11	< 2	15,1		15,1		14,5		15,5		30					
12	< 2	12,4		12,4		3		9,3		12,3					
13	< 2	2,8		2,8		< 2		4,4		4,4					
14	< 2	4,7		4,7		2,7		4,8		7,5					
15	< 2	5	3,1		5	3,1		< 2	5,1		5,1				
16	< 2	9		9		2,9		7,2		10,1					
17	< 2	4,6		4,6		2,6		5,6		8,2					
18	< 2	2,8	/		2,8	/		< 2	3,9	4		3,9	4		
19	< 2	3,9		3,9		< 2		2,8		2,8					
20	< 2	7,1		7,1		< 2		11,1		11,1					
21	< 2	3,9		3,9		< 2		5,4		5,4					
22	< 2	3,1		3,1		10,2		11,2		21,4					
23	< 2	2,5		< 2,6		< 2		5,9		5,9					
24	< 2	4,8		4,8		5,6		3,9		9,4					
25	< 2	4,7		4,7		< 2		2,8		2,8					
26	< 2	1,7		< 2,6		< 2		1,4		< 2,6					

Tableau 5 : Concentrations des oxydes d'azote en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

	Saison des pluies		Saison sèche	
	NO ₂	NO _x	NO ₂	NO _x
Moyenne	6	6	6,6	8,8

Tableau 6 : Concentrations moyennes des oxydes d'azote en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

La moyenne des concentrations de NO₂ sur les 2 périodes de prélèvements est respectivement 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pendant la saison des pluies et 6,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pendant la saison sèche. Ces 2 valeurs sont largement inférieures à la valeur limite mentionnée dans le code de l'environnement qui est de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle sur une année civile (annexe 6).

Également, aucun des prélèvements ne dépasse cette valeur réglementaire.

Durant la saison des pluies, les concentrations en monoxyde d'azote sont très faibles (inférieures à la limite de détection). Cependant, lors de la saison sèche, les concentrations en monoxyde d'azote augmentent sur certains points de prélèvements, jusqu'à atteindre 14,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ID 11).

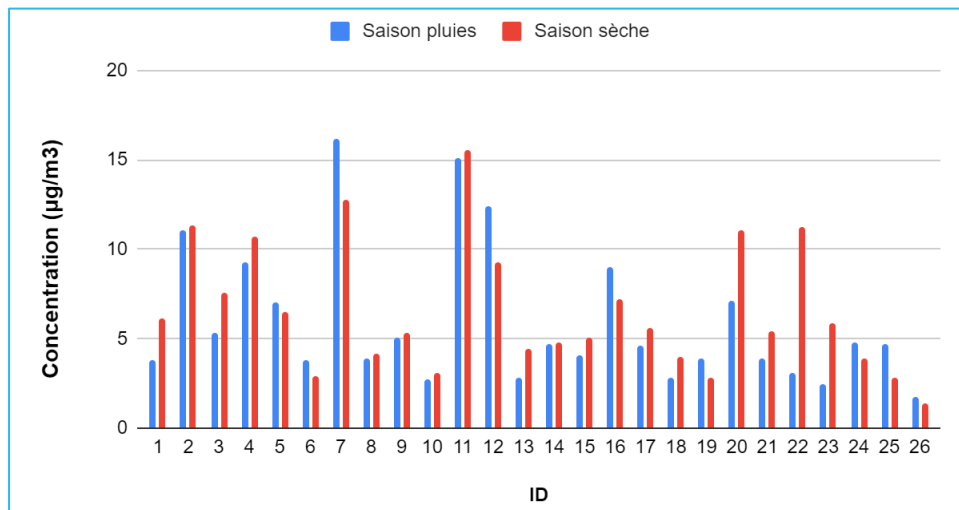


Figure 3 : Représentations des concentrations des oxydes d'azote en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Les concentrations maximales en NO_2 observées correspondent à l'ID 7 et 11 et aux points de prélèvements 17 et 25 (annexe 3). Ces concentrations dépassent légèrement les $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tout en restant largement inférieures à la valeur cible.

Les concentrations en NO_2 diffèrent légèrement entre la saison des pluies et la saison sèche de façon non significative.

→ Les résultats **Monoxyde de carbone** : en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

ID	Saison des pluies			Saison sèche		
	1	995	1108		<600	<600
2		655			<600	
3		<600			<600	
4						
5		819			<600	
6		1440			<600	
7	1982	2450		<600	<600	
8		846			<600	
9						
10		<600			<600	
11	<600	1259	1398	<600	<600	<600
12		732			<600	
13	<600	<600		<600	<600	
14		1070			<600	
15						
16						
17		<600			<600	
18						
19						
20						
21						

22	692	<600
23	982	<600
24	<600	<600
25	619	<600
26	1458	<600
Moyenne	926	<600

Tableau 7 : Concentrations du monoxyde de carbone en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Les résultats obtenus lors de la saison sèche sont inférieurs à la limite de détection ($600 \mu\text{g}/\text{m}^3$).
Pour la saison des pluies, la moyenne des concentrations en CO sur les 26 points de prélèvements est $926 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Il n'existe pas dans la réglementation une valeur limite dans l'air ambiant par rapport à une moyenne annuelle. La seule valeur cible fixée par la réglementation est le maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures dont la valeur est $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ (annexe 6).

Pour rappel, les prélèvements passifs réalisés sur 14j en continu ne permettent pas de comparer les concentrations observées à la valeur cible citée. Néanmoins, on remarque que le résultat obtenu sur 14 jours reste environ 10 fois plus faible que la valeur cible fixée sur une moyenne de 8h.

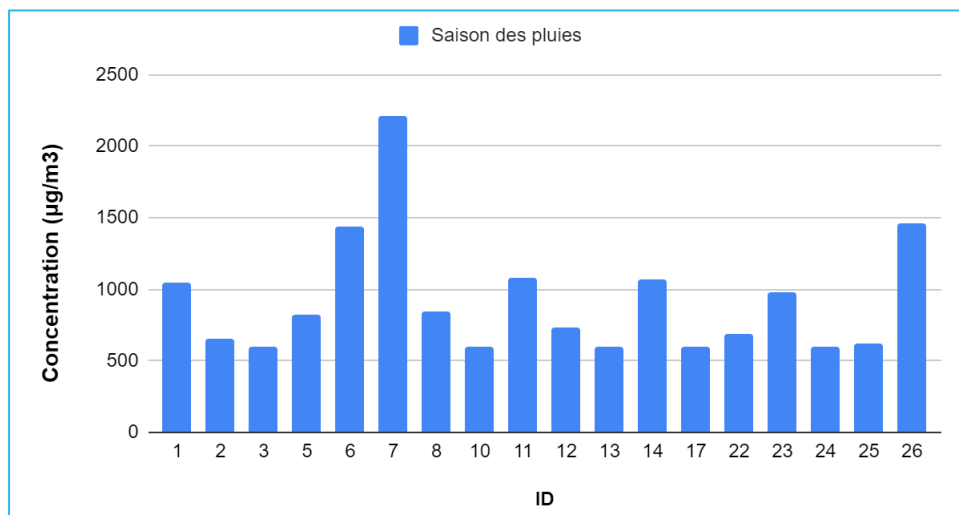


Figure 4 : Représentation des concentrations du monoxyde de carbone

La concentration maximale en CO observée correspond à l'ID 7 soit au point de prélèvement 17 (annexe 3). Toutefois cette valeur reste inférieure (environ 4,5 fois) par rapport à la valeur cible fixée pour une moyenne sur 8h glissante ($10 \text{ mg}/\text{m}^3$).

→ Les résultats **Ozone** en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

ID	Saison des pluies			Saison sèche		
	1	15,9	15	12,1	14,4	13,3
2	20,1			25,5		
3	29			27,6		
4	21,5			26		
5	20,8			26,4		
6	28,3			27		
7	20,1	24,6		26,5	27,2	

8		27,1				24,4
9		23,9				26,1
10	17,6	19,5		24,5	26,7	
11		15,1				19,2
12		26,2				25,4
13	17,2	18,3		22,8	21,5	
14	17,6	12,3		15,6	13,2	
15		17,2				10,3
16		19,2				20,2
17		18,6				28,6
18	24,1	15,4		21,2	20,9	
19		12,5				6,6
20		18,5				21,5
21		18,2				22,6
22		15,9				14,1
23		16,1				18,4
24		18,2				28
25		27,2				32,5
26		27,6				27,2
Moyenne		20,34				22,39

Tableau 8 : Concentration de l'ozone en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Le calcul de la moyenne de l'ozone par rapport à tous les points de prélèvements permet de déterminer la période durant laquelle l'ozone était le plus présent : la moyenne la plus élevée correspond à la saison sèche pendant laquelle l'ensoleillement est le plus important sur le territoire. L'ensoleillement favorise la formation d'ozone.

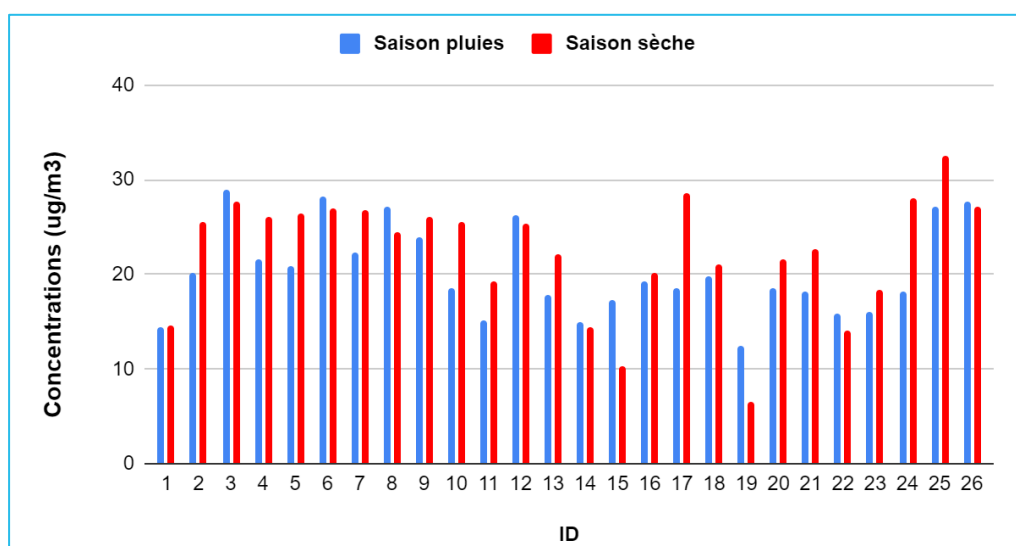


Figure 5 : Représentation des concentrations d'ozone

Les concentrations en ozone sont plus ou moins équivalentes sur beaucoup de points de prélèvements. Cependant, la concentration maximale observée en saison sèche correspond à l'ID 25 (point de prélèvement n°49).

Pour information, l'objectif qualité fixé par le code de l'environnement est $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le maximum journalier de la moyenne sur 8 heures, pendant une année civile. Etant donnée que les prélèvements durent 14 jours, les résultats obtenus ne sont pas comparables à cet objectif qualité.

Néanmoins, on remarque que les concentrations observées restent largement inférieures à cette valeur fixée par la réglementation sur une moyenne journalière de 8h.

Il est également essentiel de rappeler que l'ozone est un polluant secondaire se formant via la réaction de certains composés chimiques dans l'air. Autrement dit, il n'est pas issu directement des émissions relatives au trafic routier

→ Les résultats **Dioxyde de soufre** en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

ID	Saison des pluies			Saison sèche		
1						
2	< 3			< 3		
3	< 3			< 3		
4						
5	< 3			< 3		
6						
7	< 3	< 3		< 3	< 3	
8	< 3			< 3		
9	< 3			< 3		
10	< 3			< 3		
11						
12	< 3			< 3		
13	< 3	< 3		< 3	< 3	
14	< 3			< 3		
15						
16						
17	< 3			< 3		
18	< 3			< 3		
19						
20	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
21	< 3			< 3		
22	< 3			< 3		
23	< 3			< 3		
24	< 3			< 3		
25	< 3			< 3		
26	< 3	< 3		< 3	< 3	

Tableau 9 : Concentrations du dioxyde de soufre en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Pour rappel, l'objectif qualité dans l'air ambiant fixé par la réglementation est de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle (annexe 6).

Les concentrations en dioxyde de soufre observées sur les périodes de mesures sont très faibles (inférieures à la limite de détection). Toutefois, cette valeur respecte de loin l'objectif qualité fixé par la réglementation.

→ Les résultats **BTEX** en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Saison des pluies

ID	B			T			E			X		
1	0,3			0,5			0,1			0,6		
2	0,9			8,1			1,9			6,6		
3	0,5			2			0,4			1,7		
7	1,1			9,6			2,3			7,9		
8	0,6	0,5		1,9	1,9		0,5	0,5		1,9	1,9	
10	0,8	0,2	0,4	0,9	0,3	0,8	0,2	0,1	0,2	0,8	0,4	0,8
11	0,4			1,7			0,3			1,3		
13	0,3			1,5			0,3			1,3		
14	0,3	0,3		0,8	0,7		0,2	0,1		0,8	0,7	
23	0,3			0,5			0,1			0,5		
24	0,5			1,7			0,4			1,5		
25	0,5			1,7			0,4			1,5		
26	0,6			0,8			0,2			0,8		

Tableau 10 : Concentrations des BTEX en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pendant la saison des pluies

Saison sèche

ID	B			T			E			X		
1	0,8			1,2			0,2			0,8		
2	0,9			5,8			0,9			4,4		
3	0,6			2,2			0,4			1,6		
7	0,9			6,5			0,8			3,5		
8	/			/			/			/		
10	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5	0,6	0,1	0,1	0,1	0,6	0,3	0,8
11	0,9			5,8			0,8			4,1		
13	0,6			1,6			0,3			1,2		
14	0,8	0,7		1,2	1,7		0,2	0,3		0,6	1,1	
23	0,3			0,4			0,1			0,5		
24	0,5			1,3			0,2			0,9		
25	0,6			1			0,2			0,7		
26	0,5			0,1			<0,05			<0,1		

Tableau 11 : Concentrations des BTEX en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pendant la saison sèche

Les graphiques ci-dessous représentent une comparaison des concentrations de BTEX observées durant les 2 campagnes de mesures pour les différents points de mesures.

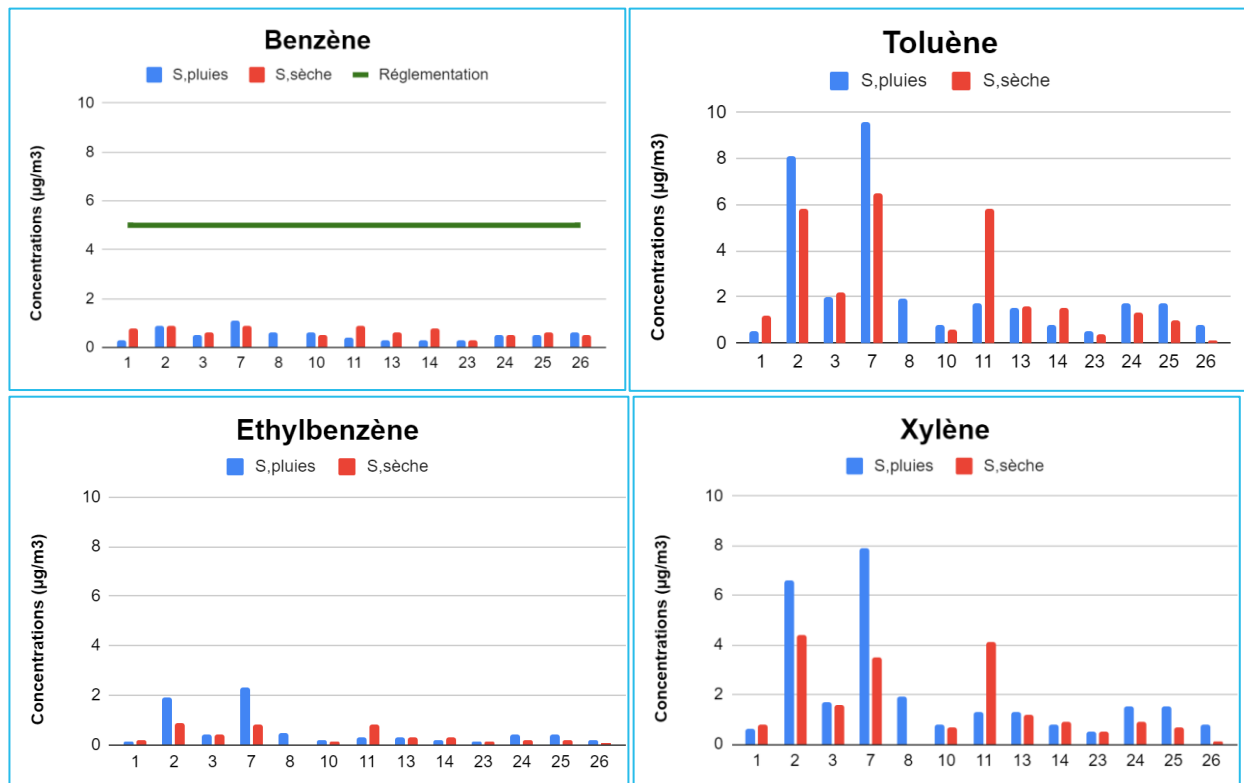


Figure 6 : Représentation des concentrations des BTEX

La variation entre les concentrations observées durant les 2 campagnes (2 saisons) varie de façon non significative contenu des faibles valeurs observées.

Toutefois, on observe pour les points 2 et 7 des concentrations nettement plus élevées en toluène et xylène que les autres points de mesure.

Pour rappel, les points 2 et 7 correspondent respectivement à l'avenue Jean Galnot et l'avenue Henri Agarande situées toutes les 2 à Cayenne.

Concernant le benzène, la réglementation en France préconise une valeur limite de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle et une moyenne annuelle de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ comme objectif de qualité.

Durant les 2 campagnes de mesures du benzène, les concentrations mesurées sont très faibles et très inférieures des 2 valeurs citées précédemment (concentration maximale mesurée : $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Pour le toluène, xylène et éthylbenzène dans l'air ambiant, il n'existe pas de valeurs réglementaires précises pour ces polluants. Néanmoins, l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) préconise de ne pas dépasser les valeurs suivantes :

Toluène	$260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur 7 jours
Ethylbenzène	$22\ 000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle
Xylène	$4\ 800 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur 24 heures

Tableau 12 : Préconisations de l'OMS

Concernant l'éthylbenzène dont la valeur préconisée par l'OMS correspond à une moyenne annuelle, cette valeur est de loin supérieure aux concentrations observées durant les 2 campagnes.

Pour le toluène, la moyenne sur 7 jours préconisée est également très supérieure aux concentrations observées durant les 7j rapportées des 14j de prélèvements.

Pour le xylène, la valeur préconisée existe en moyenne horaire. Rapportées à 24h, les concentrations observées en 14j, sont extrêmement inférieures de la valeur préconisée.

Les valeurs préconisées par l'OMS sont des valeurs très élevées par rapport aux valeurs liées à la réglementation comme celles du benzène. Elles sont donc à prendre avec précautions dans les réflexions.

Toutefois, les concentrations en BTEX observées durant les 2 campagnes sont très faibles à négligeables dans certains endroits.

→ **HAP** : Les résultats sont en ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

ID	Saison des pluies		Saison sèche	
	Numéro de l'échantillon		Numéro de l'échantillon	
2	017		017	
7	019	020	020	021
10	021		023	
12	018		022	
13	015	016	018	019
16	022		016	
18	014		015	
26	013		014	

Tableau 13 : Numérotation des échantillons de HAP (valeurs ; annexe 4)

Les résultats des échantillons mesurés sont représentés dans l'annexe 4.

Les concentrations en HAP mesurées dans les 8 points de prélèvements sont toutes inférieures à la limite de détection.

Pour rappel, des prélèvements actifs de 30 min ont été réalisés pour la mesure des HAP via une pompe GilAir avec un volume d'air prélevé de 75L. Ces prélèvements ont été réalisés aux heures de pointes matinales, ainsi qu'aux bords des routes.

En conclusion, l'exposition des automobilistes aux HAP est presque nulle.

→ Les résultats **COV** en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

ID	Saison des pluies		Saison sèche	
	Numéro de l'échantillon		Numéro de l'échantillon	
2	005		004	
7	007	008	007	008
10	009		010	
12	006		009	
13	003	004	005	006
16	010		003	
18	002		002	
26	001		001	

Tableau 14 : Numérotation des échantillons de COV (valeurs ; annexe 5)

Les résultats des échantillons mesurés sont représentés dans l'annexe 5.

De même que pour les HAP, les concentrations des COV mesurées durant les 2 saisons sont toutes inférieures à la limite de détection hormis pour l'échantillon 005 prélevé lors de la campagne en saison sèche. Cet échantillon correspond au point de prélèvement placé à l'entrée du pont du Larivot, principal axe routier reliant l'île de Cayenne à l'ouest guyanais. Un prélèvement actif de 75L d'air sur ce point a été réalisé pour une durée de 32 minutes. Les résultats pertinents sont synthétisés sur le tableau suivant :

Polluant	($\mu\text{g}/\text{éch}$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$) expo 32min	(mg/m^3) expo 15min	Comparaison VLCT
Toluène	32	427	0.2	0.2 < 384
Ethylbenzène	1.7	23	0.011	0.011 < 442
Xylènes	6.7	89	0.042	0.042 < 442
Tétrachloroéthylène	9	120	0.056	0.056 < 275

Tableau 15 : résultats échantillon COV 005 et comparaison avec la VLCT (annexe 6)

Ce point de prélèvement est le seul prélèvement actif où la limite de détection est dépassée pour certains COV car c'est un axe routier très fréquenté. Néanmoins, les valeurs observées restent très faibles.

Etant donné que ces résultats sont issus d'un prélèvement actif de quelques minutes, nous comparons les résultats obtenus à la VLCT, valeur limite d'exposition à court terme (annexe 6).

Pour une exposition de 15min, les valeurs observées sont 100 fois plus faibles que la VLCT.

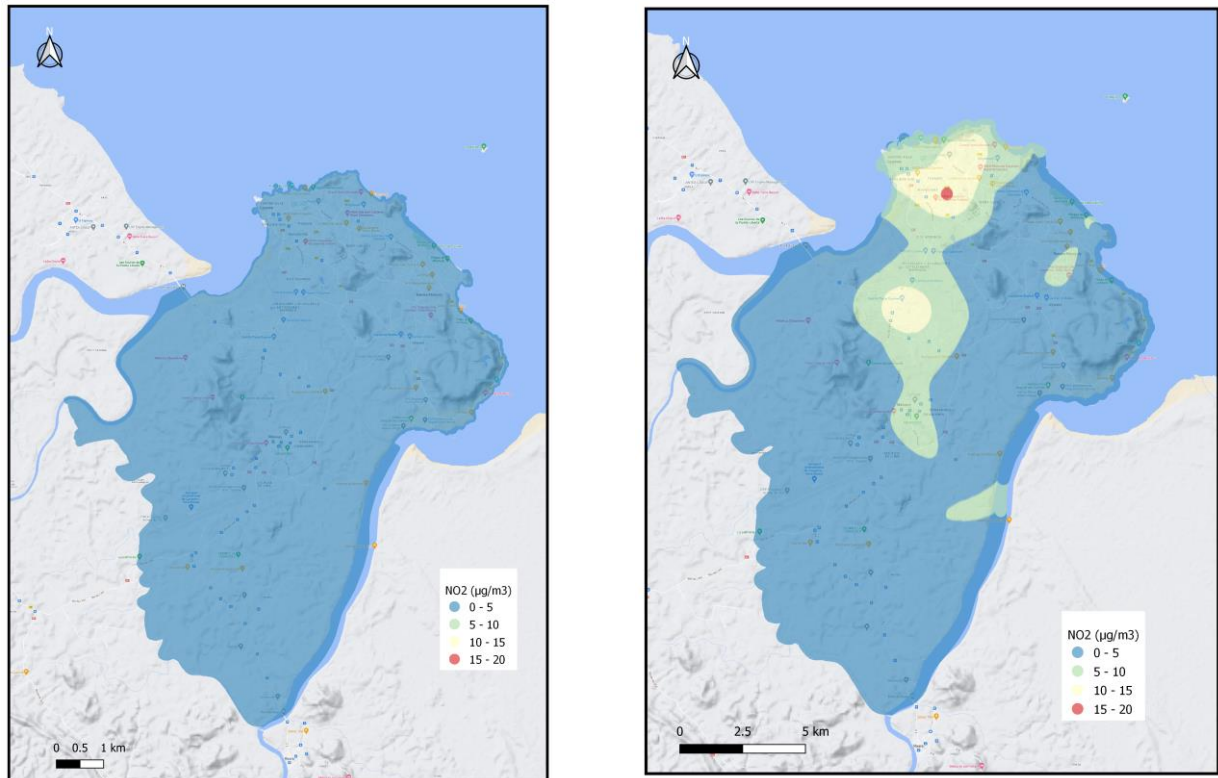
Pour rappel, la VLCT est la concentration mesurée sur une durée maximale de 15 minutes. Son respect prévient les risques d'effets toxiques immédiats ou à court terme. De plus, la VLCT correspond à l'exposition professionnelle.

Même si la VLCT est appliquée aux milieux professionnels, il est utile de comparer les concentrations observées à cette valeur car elle permet de caractériser les effets des concentrations observées sur la santé humaine.

On peut en conclure que l'exposition des automobilistes aux COV est presque nulle et n'est donc pas significative.

3.4. Spatialisation des NOx

Une cartographie de la répartition spatiale de la pollution en dioxyde d'azote (NO_2) a été réalisée en utilisant des mesures moyennées recueillies à l'aide de tubes à diffusion répartis sur l'ensemble des sites de la zone d'étude. Pour améliorer la précision de cette cartographie, des techniques géostatistiques ont été utilisées, en prenant en compte des variables auxiliaires corrélées au polluant considéré. Ces méthodes ont déjà été utilisées dans le passé pour traiter les résultats des campagnes précédentes sur la même zone d'étude et ont prouvé leur utilité dans la compréhension spatio-temporelle des concentrations en dioxyde d'azote.



Saison des pluies

Saison sèche

Figure 7 : Spatialisation du dioxyde d'azote sur l'île de Cayenne

Les résultats finaux de la cartographie du dioxyde d'azote (NO_2) pour les périodes d'exposition des tubes, moyennées sur l'année 2022, ont été obtenus en utilisant un algorithme d'interpolation de type "krigeage" avec dérive externe.

Cette méthode a donné de meilleurs résultats pour cette période par rapport à l'algorithme de "cokrigeage" colocalisé qui était utilisé précédemment. Cependant, les deux méthodes donnent des résultats assez similaires. Le krigeage avec dérive externe est souvent plus adapté lorsque la variable auxiliaire est de même nature que la variable d'intérêt, comme c'est le cas ici avec la combinaison des mesures du polluant et de la modélisation spatiale des immissions en dioxyde d'azote disponibles.

En comparant les deux campagnes de mesures, une augmentation significative des concentrations en NO_2 a été observée sur l'ensemble de la zone géographique étudiée pendant la saison sèche. Cela se traduit par la présence d'un îlot de pollution dans les zones d'étude. Les concentrations les plus élevées en NO_2 sont généralement observées à proximité des ronds-points et des routes, atteignant un maximum de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Cependant, cette valeur reste en dessous de la limite annuelle de qualité de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Cette augmentation des niveaux de pollution en NO_2 s'explique par la faible circulation de l'air et la diminution des journées pluvieuses pendant cette période de prélèvements.

3.5. Comparaison des résultats avec les données stations

Atmo Guyane dispose d'une station réglementaire de type trafic pour la mesure de la qualité de l'air implantée depuis 2021 à proximité d'un axe routier très fréquenté de la ville de Cayenne (route de la Madeleine). Celle-ci est dédiée à la mesure des particules fines et aux oxydes d'azote liés aux trafic routier.

Les concentrations en dioxyde d'azote mesurées lors des 2 campagnes de mesures sont comparées à la concentration moyenne observé durant chacune de ces campagnes. Le graphique ci-dessous illustre cette comparaison :

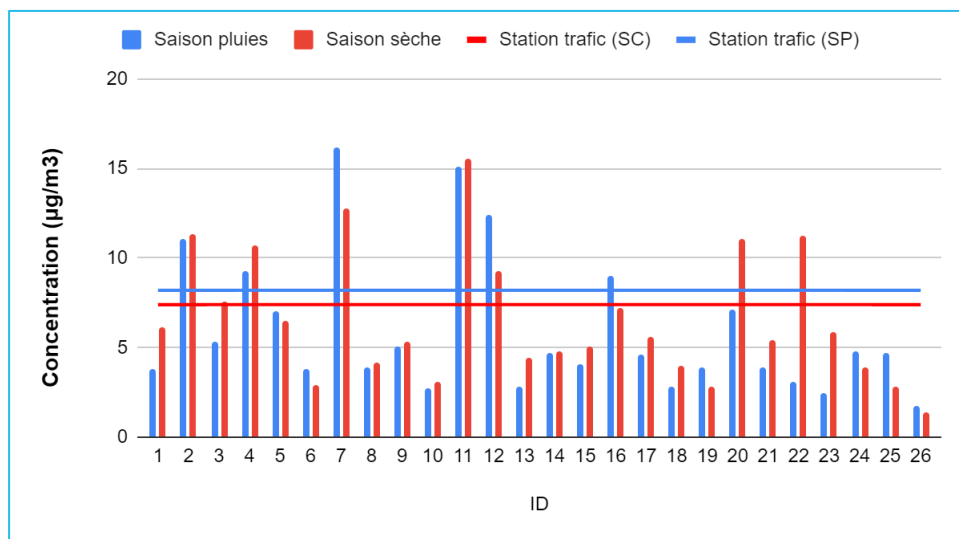


Figure 8 : Comparaison des concentrations du dioxyde d'azote avec les stations de mesure

La plupart des points de mesures représentent des concentrations plus faibles en NO₂ que la station d'Atmo Guyane. Toutefois, certains endroits enregistrent des concentrations plus élevées en saison sèche et en saison des pluies. Ces sites correspondent à des lieux plus fréquentés par les automobilistes, notamment pendant les heures de pointes.

Ces points de prélèvements où les concentrations observées sont les plus élevées sont représentés au mieux dans la partie précédente grâce à la spatialisation via des cartes. Ces points correspondent à des zones routières fortement fréquentées par les automobilistes, et se trouvent à proximité de la route de l'est et de la N1.

Ces routes étant des axes routiers principaux à trafic dense, il est évident que les concentrations en dioxyde d'azote émis par le trafic routier sont plus élevées par rapports aux reste des points de prélèvements. Toutefois, les concentrations observées sont inférieures à la valeur réglementaire de **40 µg/m³**.

3.6 Influence des données météorologiques

Afin de comprendre l'évolution de la pollution atmosphérique durant les 2 campagnes de mesures, il est essentiel d'analyser l'impact de la météo sur la qualité de l'air. De ce fait, les 2 graphiques suivants représentent les valeurs moyennes journalières de la température et de la pluviométrie, 2 paramètres météorologiques influençant la présence des polluants dans l'air, durant ces 2 périodes de prélèvements.

Ces données sont issues de la station de mesure fixe d'Atmo Guyane située à Matoury. Celle-ci permet, entre autres, d'enregistrer en continu des données météorologiques quotidiennement.

Il faut rappeler que les 2 périodes de prélèvements correspondent à la saison des pluies et à la saison sèche : saison des pluies où la pluviométrie est, en temps normal, plus importante et la température plus faible que la saison sèche.

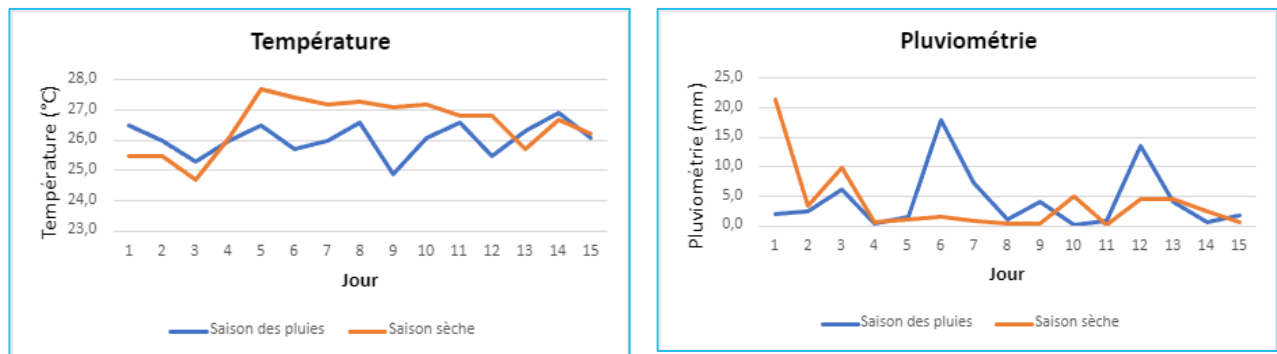


Figure 9 : Représentation de la pluviométrie et température durant les 2 campagnes

	Saison des pluies	Saison sèche
Température	26,1 °c	26,5 °c
Pluviométrie	4,2 mm	3,8 mm

Tableau 16 : Valeurs moyennes enregistrées durant les 2 campagnes

Les suppositions théoriques sont confirmées, à savoir que la pluviométrie est plus importante durant la saison des pluies et que la température est plus faible durant cette même période. Toutefois, la différence de ces 2 paramètres météorologiques n'est pas très importante. C'est pourquoi, lors de l'analyse des polluants, on ne remarque pas une grande différence entre les concentrations observées.

Toutefois, certains polluants comme l'ozone et les NOx sont plus présents pendant la saison sèche.

A partir de cela, on peut dire que ces 2 saisons peuvent être considérées comme une seule même saison.

Ces 2 campagnes ne nous permettent pas de quantifier l'impact de la météo sur la qualité de l'air. Toutefois, elles nous ont permis de confirmer l'hypothèse que la qualité de l'air s'améliore lors des journées pluvieuses.

4. Conclusion

Le trafic routier est l'une des principales sources d'émissions de polluants dans l'air. Des polluants gazeux comme les oxydes d'azotes, dioxyde de soufre, BTEX, monoxyde de carbone... mais aussi des polluants particulaires (particules fines).

Durant cette étude, ont été considérés les polluants gazeux en raison de la possibilité de prendre en compte plusieurs points de prélèvement grâce à l'utilisation des tubes passifs. Cette méthodologie a permis d'étendre la mesure sur toute la région de l'île de Cayenne.

2 campagnes de mesures espacées d'environ 5 mois ont été mises en place durant 2 saisons différentes (saison des pluies en juin et saison sèche en novembre).

Après analyse des concentrations mesurées pour tous les polluants, seules les oxydes d'azotes et l'ozone sont présents dans l'air de manière significative.

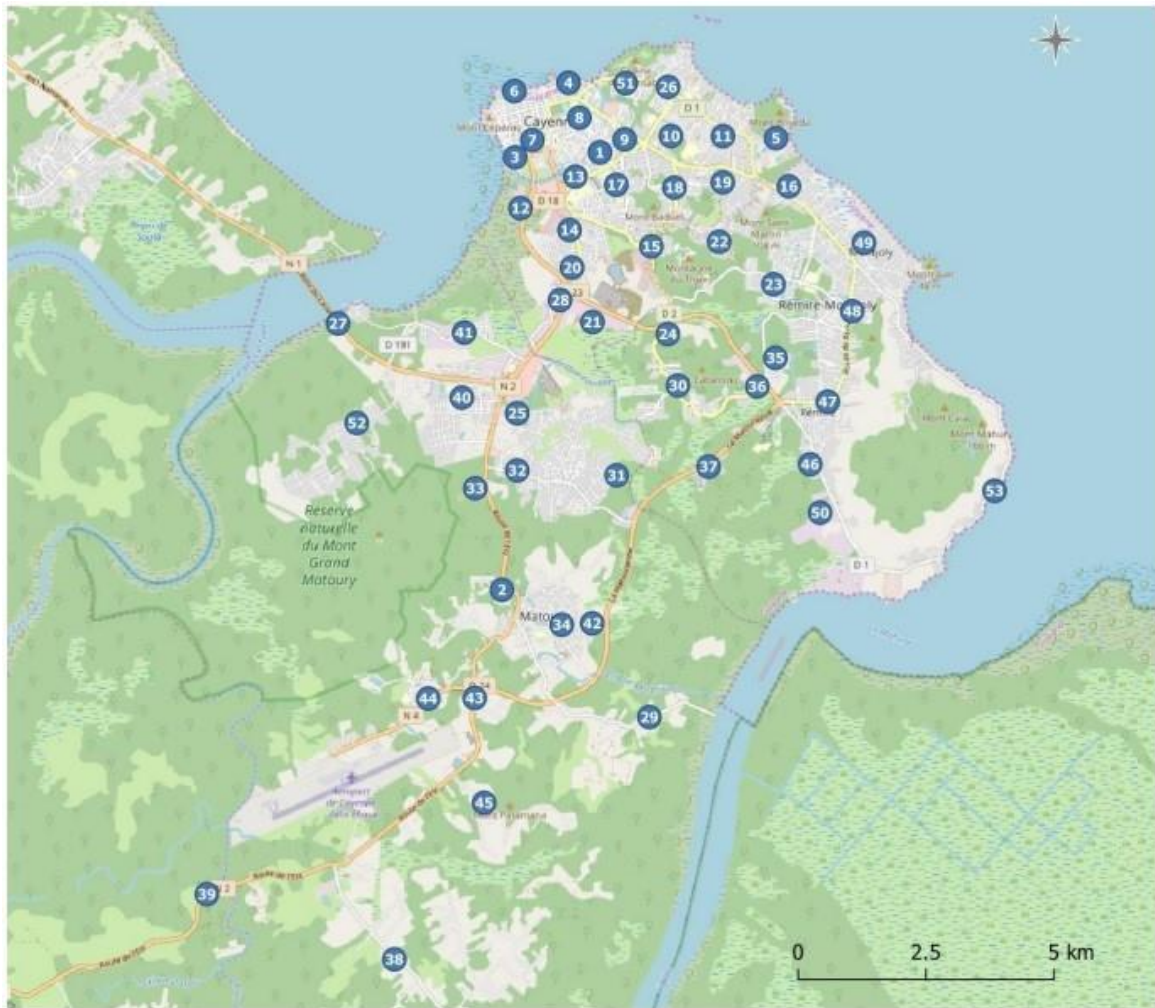
Contrairement aux oxydes d'azotes qui sont des polluants primaires (issus directement du trafic routier), l'ozone est un polluant secondaire : il se forme lorsque les NOx et COV réagissent au soleil. Ces deux derniers étant émis par le trafic routier, la concentration d'ozone augmente en ce sens. Toutefois, il faut prendre en considération la présence naturelle d'ozone dans l'air, surtout durant les journées fortement ensoleillées.

Malgré la présence dans l'air des polluants cités précédemment, les concentrations enregistrées sont inférieures aux seuils fixés par la réglementation pour la protection de la santé humaine. De plus, les concentrations en BTEX, COV, HAP, dioxyde de soufre et monoxyde de carbone sont très faibles, voire presque nulles.

Ces observations nous permettent de conclure que le trafic routier a un impact faible sur la dégradation de la qualité de l'air générale sur l'île de Cayenne. Toutefois, il est essentiel de suivre l'évolution des oxydes d'azote à proximité des axes routiers car ils sont clairement identifiés, durant cette étude, comme le principal polluant gazeux généré par le trafic routier.

Annexes

Annexe 1 : Disposition des points de prélèvements de NO₂ (campagne 2019)



Annexe 2 : Nombre de mesures par points de prélèvements

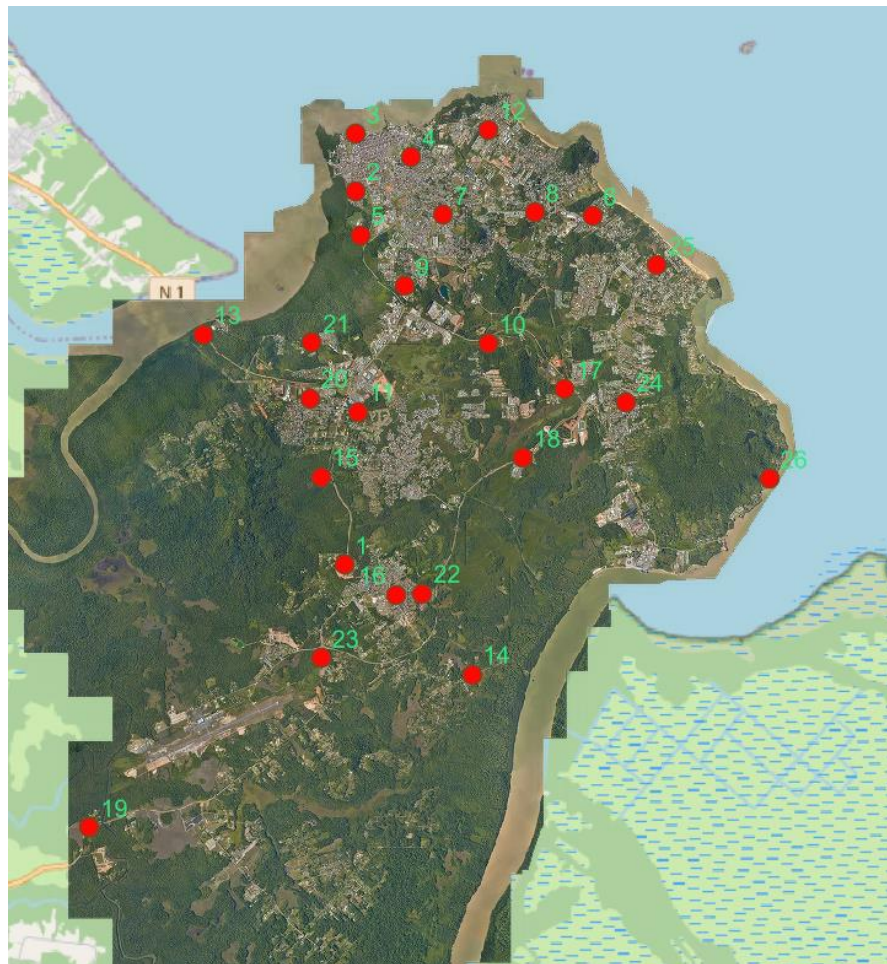
Points de prélèvements	NOx	O3	CO	SO2	BTEX	HAP + COV
1						
2	3	3	2		1	
3	1	1	1	1	1	1
4						
5						
6	1	1	1	1	1	
7						
8	1	1				
9						
10						
11						
12	1	1	1	1		
13						
14						
15						
16	1	1	1		1	
17	2	2	2	2	1	2
18						
19	1	1	1	1	2	
20	1	1		1		
21						
22						
23						
24	2	2	1	1	3	1
25	1	1	3		1	
26	1	1	1	1		1
27	2	2	2	2	1	2
28						
29	1	1	1	1	2	
30						
31						
32						
33	1	1				
34	1	1				1
35						
36	1	1	1	1		
37	2	2		1		1
38						
39	1	1				
40	1	1		3		
41	1	1		1		

42	1	1	1	1		
43	1	1	1	1	1	
44						
45						
46						
47	1	1	1	1	1	
48						
49	1	1	1	1	1	
53	1	1	1	2	1	1

Annexe 3 : Localisation des points de mesure

ID	N° pts de prélèvement	X	Y	Adresse
1	2	352030	536706	Résidence Moutouchi, Avenue Michel Said, 97351 Matoury
2	3	352289	545168	1 Avenue Jean Galmot, 97300 Cayenne
3	6	352273	546463	2 Rue des Amandiers, 97300 Cayenne
4	8	353544	545941	Collège Auxence Contout, Boulevard de la République, 97300 Cayenne
5	12	352394	544172	La Foir'Fouille, Rue de la Rivière de Cayenne, 97300 Cayenne
6	16	357640	544599	10 Rue René Maran, 97354 Remire-Montjoly
7	17	354267	544630	1368 Avenue Henri Agarande, 97300 Cayenne
8	19	356347	544678	358 Chemin Imed, 97300 Cayenne
9	20	353402	543010	1 Lotissement Toussaint, 97300 Cayenne
10	24	355276	541710	3850 Route de Cabassou (rd1), 97354 Remire-Montjoly
11	25	352328	540161	35 Rue Pinot, 97351 Matoury
12	26	355280	546544	27 Rue des Aïmaras, 97354 Remire-Montjoly
13	27	348824	541916	3800 Larivot, 97351 Matoury
14	29	354914	534216	14 chemin de la levée, 97351 Matoury
15	33	351510	538691	4540 Cogneau Ouest, 97351 Matoury
16	34	353199	536023	29 Rue du Caractère des Dames, 97351 Matoury
17	36	357023	540684	2 Rue des Nénuphars, 97354 Remire-Montjoly
18	37	356072	539117	1 Residence Touka, 97354 Remire-Montjoly
19	39	346260	530751	22 c Route de l'Est, 97356 Montsinéry-Tonnegrande
20	40	351246	540468	12 Rue du Fromager, 97351 Matoury
21	41	351292	541738	2 Village Cecilia, 97351 Matoury

22	42	353796	536050	45 Rue Gabriel Chaumier, 97351 Matoury
23	43	351497	534589	271 Impasse Wing Piou, 97351 Matoury
24	47	358402	540386	7 Rue Rosemond Hirep, 97354 Remire-Montjoly
25	49	359110	543496	Impasse Sainte-Rita, 97354 Remire-Montjoly
26	53	361664	538643	14 Montjoly Plage, 97354 Remire-Montjoly



Localisation des points de prélèvements sur l'île de Cayenne – Cartographie campagne 2022

Annexe 4 : Résultats des mesures HAP

→ Saison des pluies

Analyse	Unité	Q	011	012	013	014	015
<i>HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES</i>							
naphtalène	ng/support	Q			<15	<15	<15
anthracène	ng/support	Q			<15	<15	<15
phénanthrène	ng/support	Q			<10	<10	<10
fluoranthène	ng/support	Q			<5	<5	<5
benzo(a)anthracène	ng/support	Q			<10	<10	<10
chrysène	ng/support	Q			<5	<5	<5
benzo(a)pyrène	ng/support	Q			<5	<5	<5
benzo(ghi)pérylène	ng/support	Q			<5	<5	<5
benzo(k)fluoranthène	ng/support	Q			<5	<5	<5
indéno(1,2,3-cd)pyrène	ng/support	Q			<5	<5	<5
acénaphylène	ng/support	Q			<5	<5	<5
acénaphène	ng/support	Q			<10	<10	<10
fluorène	ng/support	Q			<10	<10	<10
pyrène	ng/support	Q			<5	<5	<5
benzo(b)fluoranthène	ng/support	Q			<5	<5	<5
dibenzo(ah)anthracène	ng/support	Q			<5	<5	<5
Somme des HAP (10) VROM	ng/support	Q			<80	<80	<80
Somme des HAP (16) - EPA	ng/support	Q			<120	<120	<120

Analyse	Unité	Q	016	017	018	019	020
<i>HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES</i>							
naphtalène	ng/support	Q	<15	22	<15	<15	22
anthracène	ng/support	Q	<15	<15	<15	<15	<15
phénanthrène	ng/support	Q	<10	<10	<10	<10	<10
fluoranthène	ng/support	Q	<5	<5	<5	<5	<5
benzo(a)anthracène	ng/support	Q	<10	<10	<10	<10	<10
chrysène	ng/support	Q	<5	<5	<5	<5	<5
benzo(a)pyrène	ng/support	Q	<5	<5	<5	<5	<5
benzo(ghi)pérylène	ng/support	Q	<5	<5	<5	<5	<5
benzo(k)fluoranthène	ng/support	Q	<5	<5	<5	<5	<5
indéno(1,2,3-cd)pyrène	ng/support	Q	<5	<5	<5	<5	<5
acénaphylène	ng/support	Q	<5	<5	<5	<5	<5
acénaphène	ng/support	Q	<10	<10	<10	<10	<10
fluorène	ng/support	Q	<10	<10	<10	<10	<10
pyrène	ng/support	Q	<5	<5	<5	<5	<5
benzo(b)fluoranthène	ng/support	Q	<5	<5	<5	<5	<5
dibenzo(ah)anthracène	ng/support	Q	<5	<5	<5	<5	<5
Somme des HAP (10) VROM	ng/support	Q	<80	<80	<80	<80	<80
Somme des HAP (16) - EPA	ng/support	Q	<120	<120	<120	<120	<120

Analyse	Unité	Q	021	022	023	024
<i>HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES</i>						
naphtalène	ng/support	Q	<15	<15	<15	<15
anthracène	ng/support	Q	<15	<15	<15	<15
phénanthrène	ng/support	Q	<10	<10	<10	<10
fluoranthène	ng/support	Q	<5	<5	<5	<5
benzo(a)anthracène	ng/support	Q	<10	<10	<10	<10
chrysène	ng/support	Q	<5	<5	<5	<5
benzo(a)pyrène	ng/support	Q	<5	<5	<5	<5
benzo(ghi)pérylène	ng/support	Q	<5	<5	<5	<5
benzo(k)fluoranthène	ng/support	Q	<5	<5	<5	<5
indéno(1,2,3-cd)pyrène	ng/support	Q	<5	<5	<5	<5
acénaphthylène	ng/support	Q	<5	<5	<5	<5
acénaphthène	ng/support	Q	<10	<10	<10	<10
fluorène	ng/support	Q	<10	<10	<10	<10
pyrène	ng/support	Q	<5	<5	<5	<5
benzo(b)fluoranthène	ng/support	Q	<5	<5	<5	<5
dibenzo(ah)anthracène	ng/support	Q	<5	<5	<5	<5
Somme des HAP (10) VROM	ng/support	Q	<80	<80	<80	<80
Somme des HAP (16) - EPA	ng/support	Q	<120	<120	<120	<120

→ Saison sèche

Analyse	Unité	Q	011	012	013	014	015
<i>HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES</i>							
naphtalène	ng/support	Q				<15	<15
anthracène	ng/support	Q				<15	<15
phénanthrène	ng/support	Q				<10	<10
fluoranthène	ng/support	Q				<5	<5
benzo(a)anthracène	ng/support	Q				<10	<10
chrysène	ng/support	Q				<5	<5
benzo(a)pyrène	ng/support	Q				<5	<5
benzo(ghi)pérylène	ng/support	Q				<5	<5
benzo(k)fluoranthène	ng/support	Q				<5	<5
indéno(1,2,3-cd)pyrène	ng/support	Q				<5	<5
acénaphthylène	ng/support	Q				<5	<5
acénaphthène	ng/support	Q				<10	<10
fluorène	ng/support	Q				<10	<10
pyrène	ng/support	Q				<5	<5
benzo(b)fluoranthène	ng/support	Q				<5	<5
dibenzo(ah)anthracène	ng/support	Q				<5	<5
Somme des HAP (10) VROM	ng/support	Q				<80	<80
Somme des HAP (16) - EPA	ng/support	Q				<120	<120

Analyse	Unité	Q	016	017	018	019	020
<i>HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES</i>							
naphtalène	ng/support	Q	15	<15	<15	<15	<15
anthracène	ng/support	Q	<15	<15	<15	<15	<15
phénanthrène	ng/support	Q	<10	<10	<10	<10	<10
fluoranthène	ng/support	Q	<5	<5	<5	<5	<5
benzo(a)anthracène	ng/support	Q	<10	<10	<10	<10	<10
chrysène	ng/support	Q	<5	<5	<5	<5	<5
benzo(a)pyrène	ng/support	Q	<5	<5	<5	<5	<5
benzo(ghi)pérylène	ng/support	Q	<5	<5	<5	<5	<5
benzo(k)fluoranthène	ng/support	Q	<5	<5	<5	<5	<5
indéno(1,2,3-cd)pyrène	ng/support	Q	<5	<5	<5	<5	<5
acénaphthylène	ng/support	Q	<5	<5	<5	<5	<5
acénaphthène	ng/support	Q	<10	<10	<10	<10	<10
fluorène	ng/support	Q	<10	<10	<10	<10	<10
pyrène	ng/support	Q	<5	<5	<5	<5	<5
benzo(b)fluoranthène	ng/support	Q	<5	<5	<5	<5	<5
dibenzo(ah)anthracène	ng/support	Q	<5	<5	<5	<5	<5
Somme des HAP (10) VROM	ng/support	Q	<80	<80	<80	<80	<80
Somme des HAP (16) - EPA	ng/support	Q	<120	<120	<120	<120	<120

Analyse	Unité	Q	021	022	023	024	025
<i>HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES</i>							
naphtalène	ng/support	Q	<15	<15	<15	<15	<15
anthracène	ng/support	Q	<15	<15	<15	<15	<15
phénanthrène	ng/support	Q	<10	<10	<10	<10	<10
fluoranthène	ng/support	Q	<5	<5	<5	<5	<5
benzo(a)anthracène	ng/support	Q	<10	<10	<10	<10	<10
chrysène	ng/support	Q	<5	<5	<5	<5	<5
benzo(a)pyrène	ng/support	Q	<5	<5	<5	<5	<5
benzo(ghi)pérylène	ng/support	Q	<5	<5	<5	<5	<5
benzo(k)fluoranthène	ng/support	Q	<5	<5	<5	<5	<5
indéno(1,2,3-cd)pyrène	ng/support	Q	<5	<5	<5	<5	<5
acénaphthylène	ng/support	Q	<5	<5	<5	<5	<5
acénaphthène	ng/support	Q	<10	<10	<10	<10	<10
fluorène	ng/support	Q	<10	<10	<10	<10	<10
pyrène	ng/support	Q	<5	<5	<5	<5	<5
benzo(b)fluoranthène	ng/support	Q	<5	<5	<5	<5	<5
dibenzo(ah)anthracène	ng/support	Q	<5	<5	<5	<5	<5
Somme des HAP (10) VROM	ng/support	Q	<80	<80	<80	<80	<80
Somme des HAP (16) - EPA	ng/support	Q	<120	<120	<120	<120	<120

Analyse	Unité	Q	026
<i>HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES</i>			
naphtalène	ng/support	Q	<15
anthracène	ng/support	Q	<15
phénanthrène	ng/support	Q	<10
fluoranthène	ng/support	Q	<5
benzo(a)anthracène	ng/support	Q	<10
chrysène	ng/support	Q	<5
benzo(a)pyrène	ng/support	Q	<5
benzo(ghi)pérylène	ng/support	Q	<5
benzo(k)fluoranthène	ng/support	Q	<5
indéno(1,2,3-cd)pyrène	ng/support	Q	<5
acénaphthylène	ng/support	Q	<5
acénaphthène	ng/support	Q	<10
fluorène	ng/support	Q	<10
pyrène	ng/support	Q	<5
benzo(b)fluoranthène	ng/support	Q	<5
dibenzo(ah)anthracène	ng/support	Q	<5
Somme des HAP (10) VROM	ng/support	Q	<80
Somme des HAP (16) - EPA	ng/support	Q	<120

Annexe 5 : Résultats des mesures de COV

→ Saison des pluies

Analyse	Unité	Q	001	002	003	004	005
COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS							
benzène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
toluène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
éthylbenzène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
orthoxyène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
para- et métaxyène	µg/éch.	Q	<2	<2	<2	<2	<2
xylènes	µg/éch.	Q	<3	<3	<3	<3	<3
BTEX totaux	µg/éch.	Q	<6	<6	<6	<6	<6
naphtalène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS							
1,2-dichloroéthane	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
1,1-dichloroéthène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
cis-1,2-dichloroéthène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
trans-1,2-dichloroéthylène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
dichlorométhane	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
1,2-dichloropropane	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
1,3-dichloropropène	µg/éch.	Q	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1
tétrachloroéthylène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
tétrachlorométhane	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
1,1,1-trichloroéthane	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
trichloroéthylène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
chloroforme	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
chlorure de vinyle	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
hexachlorobutadiène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
bromoforme	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
Analyse	Unité	Q	006	007	008	009	010
COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS							
benzène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
toluène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
éthylbenzène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
orthoxyène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
para- et métaxyène	µg/éch.	Q	<2	<2	<2	<2	<2
xylènes	µg/éch.	Q	<3	<3	<3	<3	<3
BTEX totaux	µg/éch.	Q	<6	<6	<6	<6	<6
naphtalène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS							
1,2-dichloroéthane	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
1,1-dichloroéthène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
cis-1,2-dichloroéthène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
trans-1,2-dichloroéthylène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
dichlorométhane	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
1,2-dichloropropane	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
1,3-dichloropropène	µg/éch.	Q	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1
tétrachloroéthylène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
tétrachlorométhane	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
1,1,1-trichloroéthane	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
trichloroéthylène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
chloroforme	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
chlorure de vinyle	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
hexachlorobutadiène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
bromoforme	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1

Analyse	Unité	Q	011	012	013	014	015
COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS							
benzène	µg/éch.	Q	<1	<1			
toluène	µg/éch.	Q	<1	<1			
éthylbenzène	µg/éch.	Q	<1	<1			
orthoxyène	µg/éch.	Q	<1	<1			
para- et métaxyène	µg/éch.	Q	<2	<2			
xylénes	µg/éch.	Q	<3	<3			
BTEX totaux	µg/éch.	Q	<6	<6			
naphtalène	µg/éch.	Q	<1	<1			
COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS							
1,2-dichloroéthane	µg/éch.	Q	<1	<1			
1,1-dichloroéthène	µg/éch.	Q	<1	<1			
cis-1,2-dichloroéthène	µg/éch.	Q	<1	<1			
trans-1,2-dichloroéthylène	µg/éch.	Q	<1	<1			
dichlorométhane	µg/éch.	Q	<1	<1			
1,2-dichloropropane	µg/éch.	Q	<1	<1			
1,3-dichloropropène	µg/éch.	Q	<1.1	<1.1			
tétrachloroéthylène	µg/éch.	Q	<1	<1			
tétrachlorométhane	µg/éch.	Q	<1	<1			
1,1,1-trichloroéthane	µg/éch.	Q	<1	<1			
trichloroéthylène	µg/éch.	Q	<1	<1			
chloroforme	µg/éch.	Q	<1	<1			
chlorure de vinyle	µg/éch.	Q	<1	<1			
hexachlorobutadiène	µg/éch.	Q	<1	<1			
bromoforme	µg/éch.	Q	<1	<1			

→ Saison sèche

Analyse	Unité	Q	001	002	003	004	005
COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS							
benzène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1 ¹⁾
toluène	µg/éch.	Q	<1	<1	1.8	<1	32 ¹⁾
éthylbenzène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	1.7 ¹⁾
orthoxyène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	1.4 ¹⁾
para- et métaxyène	µg/éch.	Q	<2	<2	<2	<2	5.3 ¹⁾
xylénes	µg/éch.	Q	<3	<3	<3	<3	6.7 ¹⁾
BTEX totaux	µg/éch.	Q	<6	<6	<6	<6	40 ¹⁾
naphtalène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1 ¹⁾
COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS							
1,2-dichloroéthane	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1 ¹⁾
1,1-dichloroéthène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1 ¹⁾
cis-1,2-dichloroéthène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	1.3 ¹⁾
trans-1,2-dichloroéthylène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1 ¹⁾
dichlorométhane	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	15 ¹⁾
1,2-dichloropropane	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1 ¹⁾
1,3-dichloropropène	µg/éch.	Q	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1 ¹⁾
tétrachloroéthylène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	9.0 ¹⁾
tétrachlorométhane	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1 ¹⁾
1,1,1-trichloroéthane	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1 ¹⁾
trichloroéthylène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	1.1 ¹⁾
chloroforme	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1 ¹⁾
chlorure de vinyle	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1 ¹⁾
hexachlorobutadiène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1 ¹⁾
bromoforme	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1 ¹⁾

Analyse	Unité	Q	006	007	008	009	010
<i>COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS</i>							
benzène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
toluène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
éthylbenzène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
orthoxyène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
para- et métaxyène	µg/éch.	Q	<2	<2	<2	<2	<2
xyènes	µg/éch.	Q	<3	<3	<3	<3	<3
BTEX totaux	µg/éch.	Q	<6	<6	<6	<6	<6
naphtalène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
<i>COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS</i>							
1,2-dichloroéthane	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
1,1-dichloroéthène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
cis-1,2-dichloroéthène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
trans-1,2-dichloroéthylène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
dichlorométhane	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
1,2-dichloropropane	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
1,3-dichloropropène	µg/éch.	Q	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1
tétrachloroéthylène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
tétrachlorométhane	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
1,1,1-trichloroéthane	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
trichloroéthylène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
chloroforme	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
chlorure de vinyle	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
hexachlorobutadiène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1
bromoforme	µg/éch.	Q	<1	<1	<1	<1	<1

Analyse	Unité	Q	011	012	013	014	015
<i>COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS</i>							
benzène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1		
toluène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1		
éthylbenzène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1		
orthoxyène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1		
para- et métaxyène	µg/éch.	Q	<2	<2	<2		
xyènes	µg/éch.	Q	<3	<3	<3		
BTEX totaux	µg/éch.	Q	<6	<6	<6		
naphtalène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1		
<i>COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS</i>							
1,2-dichloroéthane	µg/éch.	Q	<1	<1	<1		
1,1-dichloroéthène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1		
cis-1,2-dichloroéthène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1		
trans-1,2-dichloroéthylène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1		
dichlorométhane	µg/éch.	Q	<1	<1	<1		
1,2-dichloropropane	µg/éch.	Q	<1	<1	<1		
1,3-dichloropropène	µg/éch.	Q	<1.1	<1.1	<1.1		
tétrachloroéthylène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1		
tétrachlorométhane	µg/éch.	Q	<1	<1	<1		
1,1,1-trichloroéthane	µg/éch.	Q	<1	<1	<1		
trichloroéthylène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1		
chloroforme	µg/éch.	Q	<1	<1	<1		
chlorure de vinyle	µg/éch.	Q	<1	<1	<1		
hexachlorobutadiène	µg/éch.	Q	<1	<1	<1		
bromoforme	µg/éch.	Q	<1	<1	<1		

Annexe 6 : Seuils réglementaires

Polluants	Valeurs limite (VL)
Dioxyde d'azote	VL : 40 µg/m³ en moyenne annuelle civile
Ozone	Objectif de qualité : 120 µg/ m ³ pour le maximum journalier de la moyenne sur 8 heures, pendant une année civile
Monoxyde de carbone	VL : 10 mg/m³ pour le maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures
Dioxyde de soufre	VL : 125 µg/ m³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de trois fois par année civile Objectif de qualité : 50 µg/ m ³ en moyenne annuelle civile
BTEX	VL Benzène : 5 µg/m³ en moyenne annuelle civile
HAP (benzo (A) pyrène)	Valeur cible : 1 ng/m³ en moyenne annuelle civile

COV	VLCT (mg/m ³)
Benzène	/
Toluène	384
Xylène	442
Ethylbenzène	442
Tétrachloroéthylène	275

Valeur limite : niveau à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble.

Valeur cible : niveau à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble.

Objectif de qualité : niveau à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble.

Valeurs limites d'exposition à court terme (VLCT) : Ce sont des valeurs mesurées sur une durée maximale de 15 minutes. Leur respect prévient les risques d'effets toxiques immédiats ou à court terme. Cette valeur correspond à l'exposition professionnelle.