

Rapport d'étude

Estimation de l'impact des émissions
portuaires sur le centre-ville de Bastia

2017

qualitair
CORSE



Mesurer · Accompagner · Informer

TABLE DES MATIÈRES

Table des matières.....	2
Introduction	4
Contexte.....	5
1 Matériels et Méthodes	6
1.1 Matériels utilisés.....	6
1.2 Polluants mesurés.....	10
1.2.1 Les particules fines (PM ₁₀)	10
1.2.2 Le dioxyde de soufre (SO ₂)	11
1.2.3 Le dioxyde d'azote (NO ₂)	12
1.2.4 Les Hydrocarbures Aromatiques polycycliques (HAP).....	13
1.2.5 Les Métaux Lourds (ML)	14
1.3 Stratégie d'échantillonnage	15
1.3.1 Stratégie spatiale	15
1.3.2 Stratégie Temporelle	16
2 Résultats des mesures	17
2.1 Trafic maritime du port de commerce de Bastia	17
2.2 Conditions météorologiques – Station du Fango	22
2.3 Émissions théoriques des différents secteurs d'activités de la commune de Bastia	25
2.4 Les particules fines (PM ₁₀)	27
2.5 Résultats issus de l'ACSM	34
2.6 Le dioxyde de soufre (SO ₂)	44

2.7	Les oxydes d'azote.....	50
2.8	Les Hydrocarbures Aromatiques polycycliques (HAP).....	53
2.9	Métaux Lourds (ML)	54
3	Conclusion	55
4	Annexes	57
4.1	Annexe 1 : descriptif du matériel de mesures	58
4.2	Annexe 2 : Rapport d'analyse des mesures par prélèvements actifs des particules en suspension	63
4.3	Rapport d'analyse des mesures par prélèvements actifs Btex.....	66
5	Table des figures.....	79
6	Table des Tableaux.....	82



INTRODUCTION

Durant l'année 2016, de nombreuses plaintes émanant des habitants du centre-ville de Bastia ont été transmises à la Communauté d'Agglomération de Bastia (CAB). D'un point de vue géographique, ces plaintes étaient localisées à proximité du port de commerce. À la demande de la CAB, qui est membre de son Conseil d'Administration, Qualitair Corse a mené une campagne exploratoire de mesures des niveaux de pollution, imputables au trafic portuaire. Les plaintes émises par les riverains décrivaient principalement des dépôts de suies. Qualitair Corse a élaboré dans les plus brefs délais un protocole d'échantillonnage focalisé prioritairement sur l'étude des particules en suspension. De plus, afin d'étudier la pollution chimique qui pourrait également découler de la combustion de carburant fossile, des mesures ciblées sur le dioxyde d'azote (NO₂) et le benzène (C₆H₆) ont été réalisées sur l'ensemble des sites échantillonnés. Cette étude, s'étant déroulée durant le mois d'août 2016, a permis d'avoir une vision de la qualité de l'air au moment où le trafic maritime est à son apogée.

Depuis, la problématique « portuaire » a été intégrée au Programme Régional de la Surveillance de la Qualité de l'Air (PRSQLA). Ce dernier est le document de référence de la surveillance de la qualité de l'air pour les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA). Il définit les actions à mettre en œuvre, ainsi que les moyens techniques et financiers associés, avec l'objectif de permettre à chaque association de mener à bien ses missions.

Afin d'obtenir des données supplémentaires sur la qualité de l'air à proximité du port de commerce de Bastia, Qualitair Corse a effectué lors de la saison estivale 2017 une nouvelle campagne de prélèvement. L'exploitation de ces nouvelles données, additionnées aux données récoltées en août 2016, permettra de mieux cerner la propagation spatiale des masses d'air polluées, et de ce fait, de définir la part du territoire et de la population impactée.

CONTEXTE

La campagne exploratoire de mesures des niveaux de pollution, réalisée en août 2016 par Qualitair Corse, a été mise en place en réponse immédiate aux inquiétudes croissantes des riverains du port de commerce de Bastia. Du fait de la stratégie temporelle appliquée, cette étude a permis l'obtention de données sur la pollution de l'air à proximité du port au moment où le trafic maritime est le plus dense. L'exploitation des données obtenues a permis de valider l'hypothèse que le trafic maritime impacte la qualité de l'air du centre-ville de Bastia. Il a été démontré que les émissions portuaires sont hétérogènes sur la journée, et que les retombées sont géographiquement aléatoires du fait des conditions éoliennes notamment. Enfin, Qualitair Corse a mentionné l'importance de caractériser (taille et composition chimique) les particules fines émises pour définir leur dangerosité par rapport à la santé humaine.

La publication du rapport d'étude de cette campagne¹ a entraîné de vives réactions de l'opinion publique. Depuis, la problématique « portuaire » à l'échelle de la Corse connaît une forte médiatisation et engendre de nombreuses inquiétudes.

Avec comme objectif premier, d'acquérir des données complémentaires sur les polluants imputables au trafic maritime, Qualitair Corse a modifié son PRSQA afin de programmer en 2017 une étude complémentaire au niveau du port de Bastia. Cette étude, qui résulte d'une collaboration avec la CAB, se matérialise par la mise en place d'une station d'observation à proximité de la piscine du Fango. Le choix du site s'explique par le fait que l'étude d'août 2016, a identifié cette vallée comme particulièrement exposée aux émissions portuaires. Cette station d'observation permettra l'obtention de nouvelles données concernant les émissions des navires, mais elle permettra surtout de définir les caractéristiques des particules échantillonnées. Ceci sera notamment possible grâce à un analyseur (ACSM) financé par la Collectivité Territoriale de Corse (CTC) dans le cadre du programme CORSICA et qui sera mis à la disposition de Qualitair Corse pendant la campagne.

À terme ces éléments seront intégrés dans la réalisation d'une modélisation fine échelle sur la ville, qui permettra de définir la part du territoire et de la population bastiaise impactée par les pollutions atmosphériques portuaires.

¹ Rapport d'étude « Impact des émissions portuaires sur le centre-ville de Bastia – 2016 », consultable en libre accès sur le site de Qualitair Corse à l'adresse suivant www.qualitaircorse.org rubrique études et publications.

1 MATÉRIELS ET MÉTHODES

1.1 MATÉRIELS UTILISÉS

Pour mener à bien sa mission, et répondre au mieux aux demandes des collectivités locales ainsi que des riverains du port de commerce de Bastia, Qualitair Corse a opté pour l'installation d'une station d'observation sur un site mis à disposition par la CAB. Cette dernière, visible ci-dessous, est également équipée d'un écran permettant aux piétons de voir la qualité de l'air ambiant en temps réel.



Figure 1 : Station d'observation du Fango
Source : Qualitair Corse

Localisée sur un site stratégique du centre-ville de Bastia (décrit par la suite), cette station est destinée à quantifier et à caractériser, entre autres, les polluants émanant du trafic maritime. Pour cela, plusieurs appareils de prélèvements et de mesures de polluants sont inclus dans cette station. L'ensemble de ces appareils fonctionnent par l'intermédiaire d'un prélèvement actif. En pratique, ceci signifie que l'air ambiant est aspiré par le préleveur à l'aide

d'une pompe, suivant un débit donné. Le flux ainsi capté traverse l'appareil qui, suivant son propre protocole de quantification, émettra une concentration de polluants. Les appareils présents dans la station d'observation sont les suivants :

- **FIDAS** : Le FIDAS est un granulomètre optique de très haute résolution permettant de classifier en continu la distribution en taille des particules fines. Cet appareil mesure en temps réel les fractions conventionnelles : PM₁₀, PM₄, PM_{2.5}, PM₁ et PM_{totale}.



Figure 2 : FIDAS - Qualitair Corse
Source : Qualitair Corse



Figure 3 : TEOM - Qualitair Corse
Source : Qualitair Corse

- **TEOM 1405** : Le TEOM² 1405 a été conçu pour la mesure en temps réel des poussières en suspension dans l'air (PM₁₀, PM_{2.5}, PM₁ et PM_{totale}). Cet appareil est complété lors du prélèvement et de l'analyse par un module FDMS qui permet de conserver dans la mesure la partie volatile des particules fines. Dans le cadre de l'étude, ce sont les particules de taille PM10 (< à 10 micromètres) qui ont été mesurées.

² Tapered Element Oscillating Microbalance (Microbalance à Élément Conique Oscillant)

- **42i** : Cet appareil permet de calculer les concentrations d'un échantillon d'air ambiant en monoxyde d'azote (NO), dioxyde d'azote (NO₂) et des oxydes d'azotes (NO_x), grâce au principe de chimiluminescence.



Figure 4 : Analyseur d'oxydes d'azotes 42i
Source : Qualitair Corse

- **43i** : Ce modèle d'analyseur, visible ci-dessous, permet de calculer la concentration en dioxyde de soufre (SO₂) présent dans l'air ambiant.



Figure 5 : 43i - Qualitair Corse
Source : Qualitair Corse

- **ACSM** : L'ACSM (Aerosol Chemical Speciation Monitor³) est un spectromètre de masse aérosol qui permet de connaître la composition chimique des particules fines en temps réel. L'objectif est d'obtenir à partir de ces données une représentation de la composition des particules en lien avec les différentes sources d'émission.



Figure 6 : ACSM
Source : Qualitair Corse

³ Moniteur de spécification chimique dans le domaine de la qualité de l'air

- **Leckel** : Le Leckel permet de quantifier les particules d'un diamètre aérodynamique inférieur à $10\ \mu\text{m}$ (PM_{10}) ou à $2.5\ \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2.5}$). Cet appareil est un préleveur qui récupère les particules fines (dans le cadre de l'étude les PM_{10}) sur des filtres qui sont ensuite analysés. Deux types de mesures ont été réalisés : tout d'abord, une pesée de haute précision pour déterminer la concentration journalière en PM_{10} puis dans le cadre des analyses en laboratoire la recherche des HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) et des métaux lourds qui pourraient composer ces particules.



Figure 7 : Leckel - Qualitair Corse
Source : Qualitair Corse

1.2 POLLUANTS MESURÉS

1.2.1 LES PARTICULES FINES (PM₁₀)

Les particules fines ou particules en suspension (PM⁴) sont de fines particules solides (poussières) en suspension dans l'atmosphère. Ces PM sont d'origines naturelles (éruptions volcaniques et l'érosion éolienne) et anthropiques (combustions incomplètes).

Les PM se classent en fonction de leur taille en raison essentiellement des effets particuliers sur la santé. Les effets sur la santé des PM se matérialisent principalement au niveau du système respiratoire. Plus les particules sont fines et plus elles pénètrent profondément dans les alvéoles pulmonaires. Le principal risque sanitaire réside dans le fait que les particules fines sont potentiellement vectrices de composés mutagènes et cancérigènes (absorbés sur leur surface), jusqu'aux poumons.

D'un point de vue purement environnemental, les particules fines causent des dégâts dans l'environnement, comme la corrosion, la souillure, des dégâts sur les végétaux, ainsi qu'une visibilité atmosphérique réduite.

Le tableau suivant détaille les seuils réglementaires des PM₁₀ en vigueur en France.

Tableau 1 : Réglementation relative aux particules fines

Particules fines (PM ₁₀)		
Objectif de qualité	30 µg/m ³	en moyenne annuelle
Valeurs limites pour la protection de la santé humaine	50 µg/m ³	en moyenne journalière, pas plus de 35 jours par an
	40 µg/m ³	en moyenne annuelle
Seuil d'information et de recommandation	50 µg/m ³	en moyenne journalière
Seuil d'alerte	80 µg/m ³	en moyenne journalière

Source : Directive Européenne 2008/50/CE

⁴ Particulate Matter

1.2.2 LE DIOXYDE DE SOUFRE (SO₂)

Le dioxyde de soufre, gaz incolore à l'odeur piquante, est émis principalement lors de la combustion des énergies fossiles. Au cours de cette combustion, les impuretés soufrées contenues dans les combustibles sont oxydées par l'oxygène de l'air ambiant pour former le SO₂. À l'échelle de la Corse, les principales sources d'émissions sont la production d'énergie (via les centrales thermiques EDF), l'ensemble des transports (principalement le transport maritime) et le chauffage domestique.

Au niveau des conséquences sur la santé humaine, ce gaz affecte le système respiratoire. Les symptômes respiratoires peuvent inclure : inflammation, toux, bronchite chronique, crise d'asthme. Il est également possible que ce gaz provoque des irritations oculaires.

D'un point de vue environnemental, la réaction entre le SO₂ et l'eau conduit à la formation d'acide sulfurique (H₂SO₄). Celui-ci est le composant principal des pluies acides, qui sont responsables de l'acidification de l'ensemble des milieux et des écosystèmes.

Le tableau suivant détaille les seuils réglementaires en vigueur en France.

Tableau 2 : Réglementation relative au dioxyde de soufre

Dioxyde de Soufre (SO₂)		
Objectif de qualité	50 µg/m ³	en moyenne annuelle
Valeurs limites pour la protection de la santé humaine	350 µg/m ³	en moyenne horaire, pas plus de 24 heures par an
	125 µg/m ³	en moyenne journalière, pas plus de 3 jours par an
Valeurs limites pour la protection des écosystèmes	20 µg/m ³	en moyenne annuelle, et en moyenne du 1 ^{er} octobre au 31 mars
Seuil d'information et de recommandation	300 µg/m ³	en moyenne horaire
Seuil d'alerte	500 µg/m ³	en moyenne horaire pendant 3 heures consécutives

Source : Directive Européenne 2008/50/CE

1.2.3 LE DIOXYDE D'AZOTE (NO₂)

Le dioxyde d'azote est un polluant secondaire issu de l'oxydation du monoxyde d'azote (NO) par l'ozone (O₃). Une exposition au NO₂ peut à long terme altérer les fonctions pulmonaires et augmenter les risques de troubles respiratoires. Il pénètre dans les voies respiratoires profondes, où il fragilise la muqueuse pulmonaire face aux agressions infectieuses. Il peut provoquer une hyper-réactivité bronchique chez les asthmatiques.

Dans l'atmosphère le NO₂ se transforme en acide nitrique (HNO₃). Ce dernier retombe au sol et contribue à l'acidification des milieux et des écosystèmes.

Le tableau suivant détaille les seuils réglementaires en vigueur en France.

Tableau 3 : Réglementation relative au dioxyde d'azote

Dioxyde d'azote (NO ₂)		
Objectif de qualité	40 µg/m ³	en moyenne annuelle
Valeurs limites pour la protection de la santé humaine	200 µg/m ³	en moyenne horaire, pas plus de 18 heures par an
	40 µg/m ³	en moyenne annuelle
Valeurs limites pour la protection de la végétation	30 µg/m ³	en moyenne annuelle d'oxydes d'azote (NO _x)
Seuil d'information et de recommandation	200 µg/m ³	en moyenne horaire
Seuil d'alerte	400 µg/m ³	en moyenne horaire
	Ou 200 µg/m ³ en moyenne horaire à J-1 et à J et prévision de 200 µg/m ³ à J+1	

Source : Directive Européenne 2008/50/CE

1.2.4 LES HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (HAP)

Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) sont générés pendant la pyrolyse⁵ et/ou la combustion incomplète de matières organiques. Ces précédents procédés regroupent la combustion des énergies fossiles, du bois, des ordures ménagères, etc.

Au niveau sanitaire, la principale source d'exposition aux HAP pour l'Homme est l'alimentation. En effet, lors de périodes de pollution atmosphérique aux HAP, ces derniers bien que rarement présents à très fortes concentrations dans l'environnement, se déposent à la surface des milieux et contaminent les chaînes alimentaires. Actuellement, les effets toxicologiques de tous les HAP sont imparfaitement connus. Toutefois, les données expérimentales disponibles ont montré que certains HAP pouvaient induire spécifiquement de nombreux effets sur la santé tels que des effets systémiques (effets hépatiques, hématologiques, immunologiques et développement d'athérosclérose), des effets sur la reproduction ainsi que des effets cancérogènes.

Réglementairement, il est important de noter que seul le benzo(a)pyrene possède une valeur de référence dans l'air ambiant pour la protection de la santé.

Tableau 4 : Réglementation relative aux HAP

Valeurs cibles en air ambiant		
Benzo(a)pyrene	1 ng/m ³	Moyenne annuelle

Source : Directive Européenne 2004/107/CE

⁵ La pyrolyse, ou thermolyse, est la décomposition chimique d'un composé organique par une augmentation importante de sa température pour obtenir d'autres produits (gaz et matière) qu'il ne contenait pas.

1.2.5 LES MÉTAUX LOURDS (ML)

Lors de cette campagne, Qualitair Corse a réalisé un suivi des métaux lourds réglementaires suivant : Arsenic (As), Plomb (Pb), Cadmium (Cd) et Nickel (Ni). Ces derniers sont émis principalement lors de combustion des énergies fossiles (charbon, fioul), de biomasse et lors de l'incinération de déchets ménagers et/ou industriels.

D'un point de vue sanitaire, ces ML s'accumulent dans l'organisme et peuvent affecter le système nerveux, les fonctions rénales, hépatiques, respiratoires, etc. Les quatre composés analysés sont classés cancérigènes.

Au niveau environnemental, leur dépôt à la surface des écosystèmes conduit à une contamination intégrale des réseaux trophiques.

Le tableau suivant détaille les seuils réglementaires et valeurs cibles en vigueur en France.

Tableau 5 : Réglementation relative aux Métaux Lourds

Valeurs réglementaires en air ambiant		
Plomb (Pb)	0.5 µg/m ³	Moyenne annuelle
Valeurs cibles en air ambiant		
Arsenic (As)	6 ng/m ³	Moyenne annuelle
Cadmium (Cd)	5 ng/m ³	Moyenne annuelle
Nickel (Ni)	20 ng/m ³	Moyenne annuelle

Source : Directive Européenne 2004/107/CE

1.3 STRATÉGIE D'ÉCHANTILLONNAGE

1.3.1 STRATÉGIE SPATIALE

Le rapport d'étude « Impact des émissions portuaires sur le centre-ville de Bastia – 2016 », résultat de la campagne exploratoire de mesures des niveaux de pollution imputables au trafic portuaire, a permis de définir les zones du centre-ville de Bastia les plus sensibles aux « pollutions portuaires ». En se basant sur les conclusions de ce précédent rapport, et afin de mener à bien la campagne port de Bastia 2017, Qualitair Corse a retenu le site localisé à l'intersection de l'avenue Jean Zuccarelli et de la rue Marcel Paul (proche de la piscine du Fango) comme site d'étude. Les coordonnées géographiques de cette station sont : 42°42'10.22" Nord et 9°26'46.97" Est. En effet, lors de la campagne 2016, la vallée du Fango a été identifiée comme particulièrement exposée aux émissions portuaires. De ce fait, c'est à quelques mètres de l'axe routier que la station d'observation a été mise en place.



Figure 8 : Localisation géographique de la station d'observation Fango
Source : Qualitair Corse

1.3.2 STRATÉGIE TEMPORELLE

L'objectif de cette étude est de quantifier et de caractériser les polluants émanant du trafic maritime. Pour cela, il est important d'effectuer les échantillonnages de terrain au moment de l'année où les niveaux maxima de polluants sont atteints. Il faut noter que le secteur principal d'activité de la Corse est le tourisme et que ce dernier se caractérise par un tourisme de masse lors des périodes estivales. L'acheminement des touristes, ainsi que l'ensemble des produits alimentaires et autres produits du quotidien permettant de répondre à une forte augmentation de population, s'effectue principalement par voies maritimes selon diverses lignes (Cf. Figure n°9). Par conséquent, le trafic au niveau des ports corses est à son apogée pendant les mois de juillet et d'août. Il est caractérisé par de multiples rotations journalières, et de nombreux navires conservent leurs moteurs en marche lors des phases de chargement-déchargement entre deux rotations.

Afin d'avoir une vision globale de cette période de l'année si caractéristique au niveau portuaire, la campagne d'étude s'est déroulée du lundi 15 mai au vendredi 15 septembre 2017.

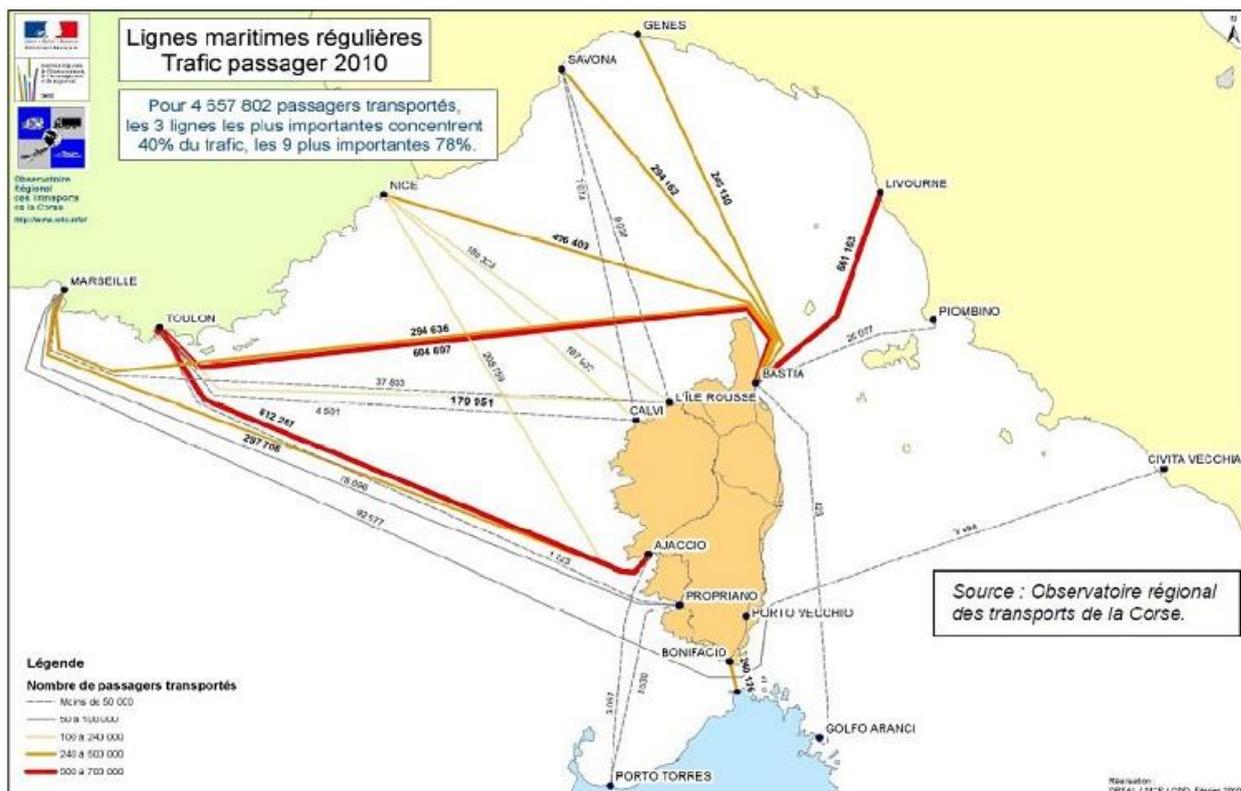


Figure 9 : Lignes maritimes régulières Corse - Continent
Source : Observatoire régional des transports de la Corse – données 2010

2 RÉSULTATS DES MESURES

2.1 TRAFIC MARITIME DU PORT DE COMMERCE DE BASTIA

Pour mener à bien cette étude, Qualitair Corse a effectué une étude du trafic maritime du port de commerce de Bastia, sur la période allant du lundi 1^{er} mai 2017 au samedi 30 septembre 2017.

Tableau 6 : Temps à quai des navires dans le port de commerce de Bastia

Temps maximal à quai des navires	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Somme
Heures						
1:00	32	41	48	57	29	207
2:00	82	152	161	215	175	785
3:00	10	31	44	47	43	175
4:00	11	21	36	20	12	100
5:00	6	15	18	5	6	50
6:00	2	4	1	3	4	14
7:00	3	1	3	0	3	10
8:00	3	4	5	4	4	20
9:00	1	5	13	11	5	35
10:00	1	3	2	0	4	10
11:00	11	6	9	7	3	36
12:00	6	8	11	12	5	42
13:00	25	29	21	20	23	118
14:00	7	11	8	4	13	43
15:00	2	5	1	1	4	13
16:00	4	1	1	1	0	7
17:00	0	0	0	0	0	0
18:00	0	0	0	0	0	0
19:00	0	0	0	0	0	0
20:00	0	0	0	0	0	0
21:00	0	0	0	0	0	0
22:00	1	1	0	0	0	2
23:00	0	1	4	2	0	7
Somme	207	339	386	409	333	1674

Source : Chambre de Commerce et d'Industrie de Haute-Corse

Le tableau ci-dessus, présentant le temps à quai des navires, nous permet de constater qu'environ 60% des navires entrant dans le port de commerce de Bastia, restent à quai moins de

deux heures. Il est important de préciser que suivant les compagnies maritimes et le type de traversée, ce délai varie. Ce paramètre temporel est important car lors de ces laps de temps, l'ensemble des navires conserve leur moteur en fonctionnement avec du fioul marin afin d'avoir l'électricité à bord. Ceci se traduit de ce fait par des émissions non négligeables de polluants atmosphériques.

En termes d'émissions atmosphériques, les plages horaires durant lesquelles les navires sont en manœuvre est primordial. En effet, lors d'une arrivée et d'un départ de navire, les moteurs sont mis à rude épreuve ce qui engendre des consommations de carburant importantes. Comme nous le démontre les photographiques suivantes, ces consommations importantes ont un effet immédiat sur les émissions de polluants atmosphériques.

Tableau 7 : Suites photographiques illustrant le départ d'un navire des compagnies Moby et Corsica ferry





Source : Qualitair Corse

Concernant le type de combustible permettant le fonctionnement des moteurs, il faut noter qu'il est imposé aux navires à quai d'utiliser un combustible présentant une teneur en soufre $< 0.1\%$, c'est-à-dire du fioul léger maritime mais seulement lorsque l'escale est supérieure à 2 heures. Ce carburant est moins polluant que le fioul lourd maritime, utilisé lors des phases de manœuvres et à quai sur les escales courtes (inférieures à 2 heures).

Dans le but d'identifier les « plages horaires de pointes » du trafic maritime, Qualitair Corse a par l'intermédiaire d'une collaboration étroite avec la Chambre de Commerce et d'Industrie de Haute-Corse (gestionnaire du port de commerce de Bastia), obtenu le détail horaire du trafic. L'analyse de ces données a permis d'élaborer le tableau suivant.

Tableau 8 : Plages horaires durant lesquelles les navires sont en manœuvres pour entrer ou sortir du port de commerce de Bastia

Navires en manœuvres		Mai	Juin	Juillet	Aout	Sep- tembre	Somme
Plages horaires							
0:00	1:00	3	6	7	8	3	27
1:00	2:00	0	0	0	3	2	5
2:00	3:00	0	1	2	0	0	3
3:00	4:00	0	0	0	0	0	0
4:00	5:00	0	0	0	0	0	0
5:00	6:00	18	20	18	17	16	89
6:00	7:00	47	69	59	48	52	275
7:00	8:00	62	77	88	82	62	371
8:00	9:00	28	69	78	70	62	307
9:00	10:00	3	4	12	16	12	47
10:00	11:00	6	3	5	6	14	34
11:00	12:00	11	47	51	38	17	164
12:00	13:00	26	48	53	67	46	240
13:00	14:00	27	60	55	41	47	230
14:00	15:00	13	25	40	38	28	144
15:00	16:00	10	20	33	34	22	119
16:00	17:00	2	16	31	29	10	88
17:00	18:00	9	20	9	17	22	77
18:00	19:00	48	61	67	76	62	314
19:00	20:00	32	44	41	47	61	225
20:00	21:00	33	54	38	40	46	211
21:00	22:00	24	22	41	59	49	195
22:00	23:00	11	9	31	52	30	133
23:00	0:00	1	4	16	33	7	61
Somme		414	679	775	821	670	3359

Source : Chambre de Commerce et d'Industrie de Haute-Corse

On identifie clairement trois « plages horaires de pointes », à savoir 6:00 - 09:00 (représentant 28.4% du trafic total sur la période d'étude), 11:00 - 16:00 (26.7%) et 18:00 - 23:00 (32.1%). Au niveau de la pollution atmosphérique, ces dernières devraient être caractérisées par des concentrations plus élevées que le reste de la journée.

Enfin, Qualitair Corse a jugé important le fait d'identifier de manière hebdomadaire le nombre de mouvements de navires (entrée et sortie).

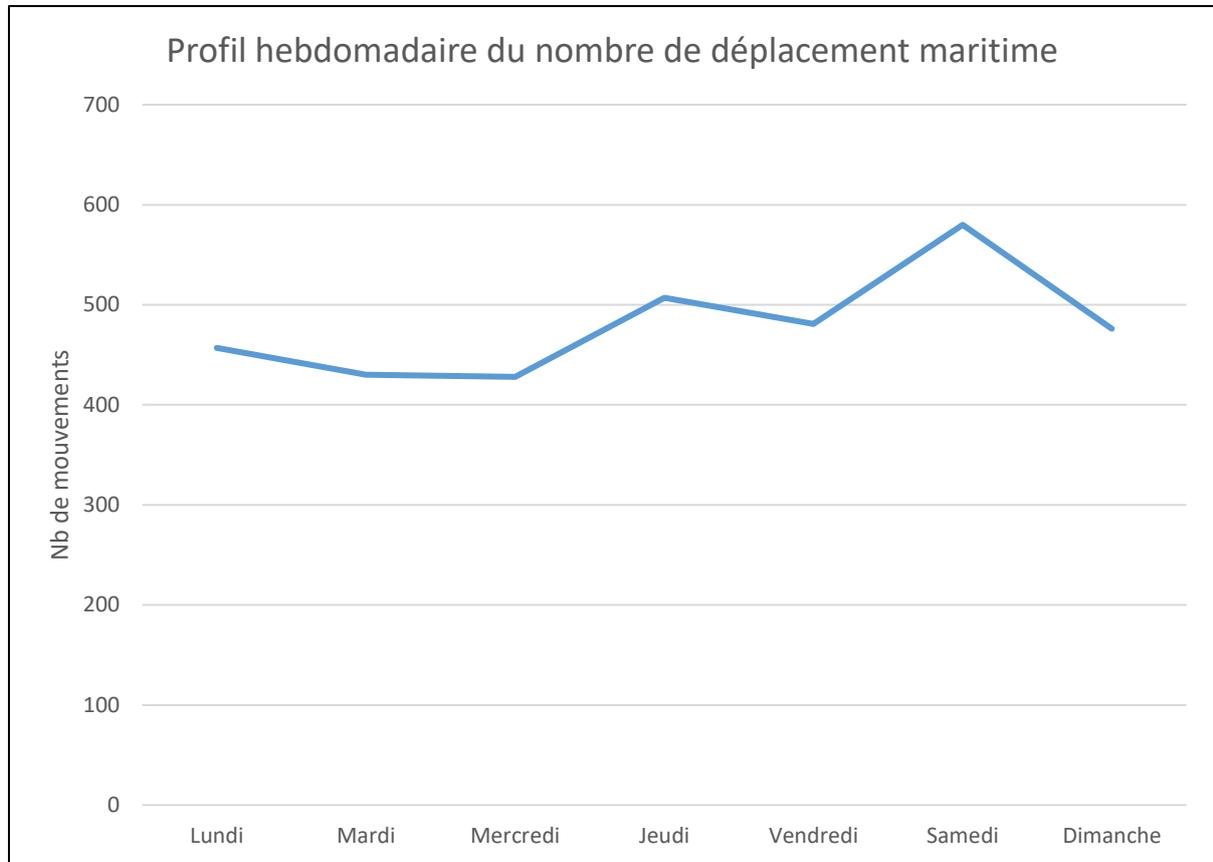


Figure 10 : Profil hebdomadaire du nombre de déplacement maritime
Source : Qualitair Corse

Ce précédent graphique nous permet d'identifier le samedi comme le jour où le trafic maritime est le plus dense. De manière plus globale on note que jeudi, vendredi et samedi présentent les nombres de mouvement les plus importants, avec respectivement 507, 481 et 580 mouvements.

2.2 CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES – STATION DU FANGO

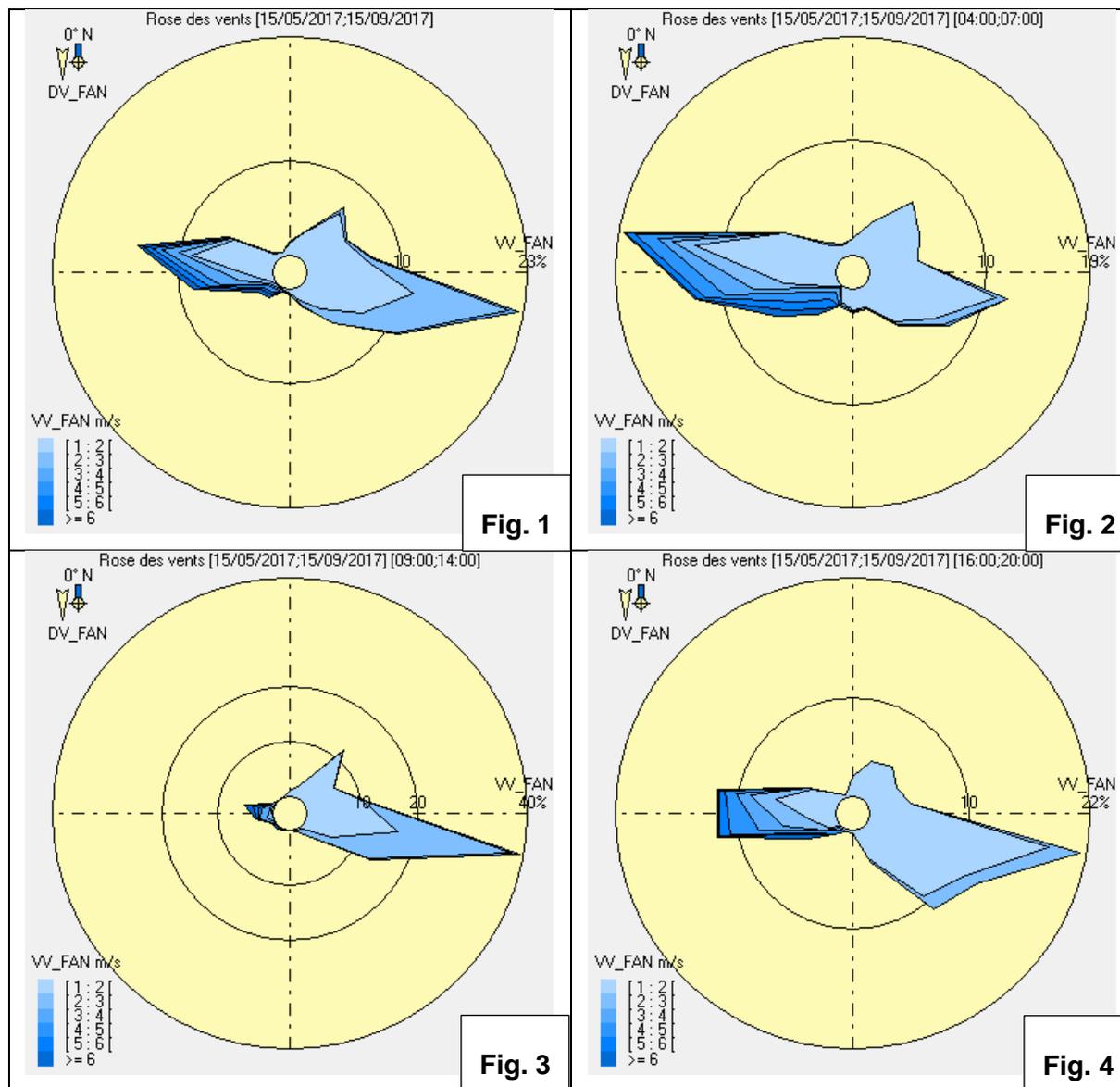


Figure 11 : Roses des vents caractéristiques des conditions éoliennes - Station du Fango
Source : Qualitair Corse

Dans le but d'optimiser les diverses analyses statistiques et explications des résultats obtenus par les appareils de mesures présents au sein de la station du Fango, Qualitair Corse a effectué une étude des conditions éoliennes présentes au niveau de cette station. Ce travail a été réalisé avec les données mesurées entre le 15/05/2017 et le 15/09/2017.

La lecture de la rose des vents, représentative de l'orientation et de la vitesse des vents sur la station pendant la période d'étude (Cf. Figure n°11 – Fig. 1), nous permet d'observer une prédominance des vents orientés Est (brise de mer). On note également la présence d'épisodes

plus intenses orientés Ouest. Ces derniers sont généralement caractéristiques de la brise de terre, qui s'installe notamment pendant la nuit.

Dans le but d'étudier les conditions éoliennes au moment où la pollution portuaire est la plus importante, c'est-à-dire lorsque les navires sont en manœuvres, Qualitair Corse a effectué des roses des vents ciblées sur les « plages horaires de pointes » (Cf. Tableau n°8).

La Fig. 2, présente les conditions éoliennes entre 06:00 et 09:00⁶. Sur cette plage horaire, on note que le vent dominant orienté Ouest, présente des vitesses élevées. Dans ce cas, et en se reportant à la figure n°8 représentant la localisation géographique de la station d'observation du Fango (Cf. § 1.3.1), il est possible de dire que les émissions portuaires sont majoritairement dispersées vers la mer et donc n'impactent pas la ville de Bastia.

La Fig. 3, présentant les conditions éoliennes entre 11:00 et 16:00 (heure locale), nous permet de dire que la grande majorité des émissions portuaires émises sur cette plage horaire, impactent directement la ville de Bastia. Les figures suivantes illustrent cette affirmation.



Figure 12 : Photographie de la dispersion des fumées issues des navires au port de Bastia
Source : Qualitair Corse (07/2016 à 11:00)

⁶ Il est primordial de préciser que sur les roses des vents, le temps est exprimé en Temps Universel (TU). L'heure locale à Paris est égale au TU + 2 heures (été) et au TU + 1 heure (hiver).



Figure 13 : Photographie de la dispersion des fumées issues des navires au port de Bastia
Source : Qualitair Corse (07/2016 à 11:24)

Enfin, la rose des vents, représentative de la dernière plage horaire de pointe du trafic maritime : 18:00 - 22:00 (Cf. Figure n°11 – Fig. 4), permet d'observer une prédominance des vents orienté Est/Sud-Est. Il faut noter qu'à partir de 20:30 la brise de terre s'installe et disperse de ce fait les émissions portuaires vers la mer.

En conclusion, nous pouvons affirmer que la station du Fango est située dans l'axe par rapport au port, où les concentrations en polluants atmosphériques émanant de ce dernier sont les plus significatives.

2.3 ÉMISSIONS THÉORIQUES DES DIFFÉRENTS SECTEURS D'ACTIVITÉS DE LA COMMUNE DE BASTIA

L'ensemble des figures suivantes ont été réalisées à partir de données de référence de l'année 2010. Ces dernières nous permettent d'estimer les émissions de polluants atmosphériques par secteurs d'activités. Il est important de noter que le secteur d'activité intitulé « Autres transports », regroupe les transports ferroviaires, aériens et maritimes. Il sera donc étudié avec attention.

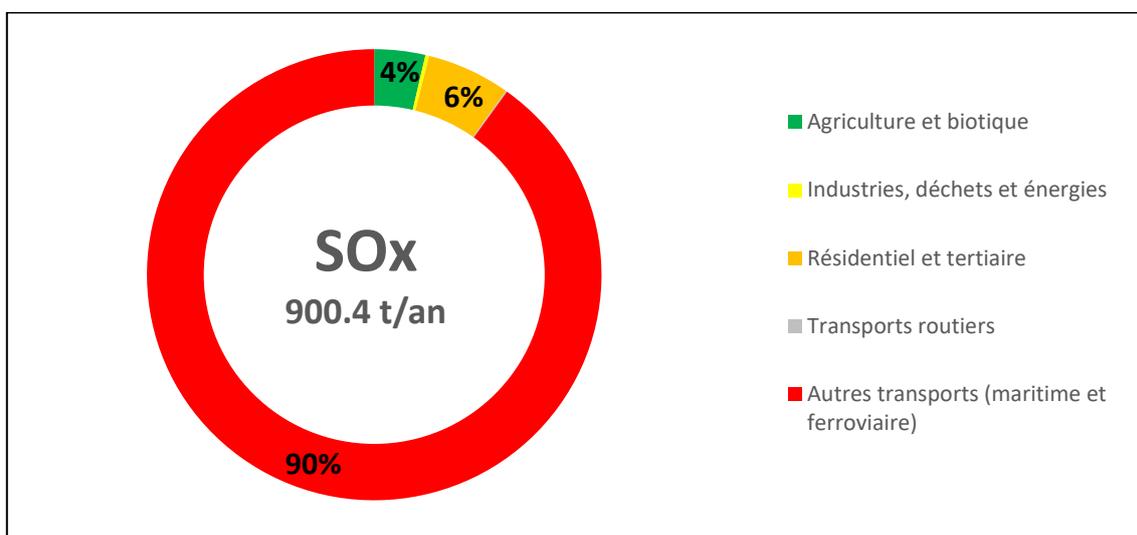


Figure 14 : Émissions théoriques SO_x par secteurs d'activités de la commune de Bastia
Source : Qualitair Corse

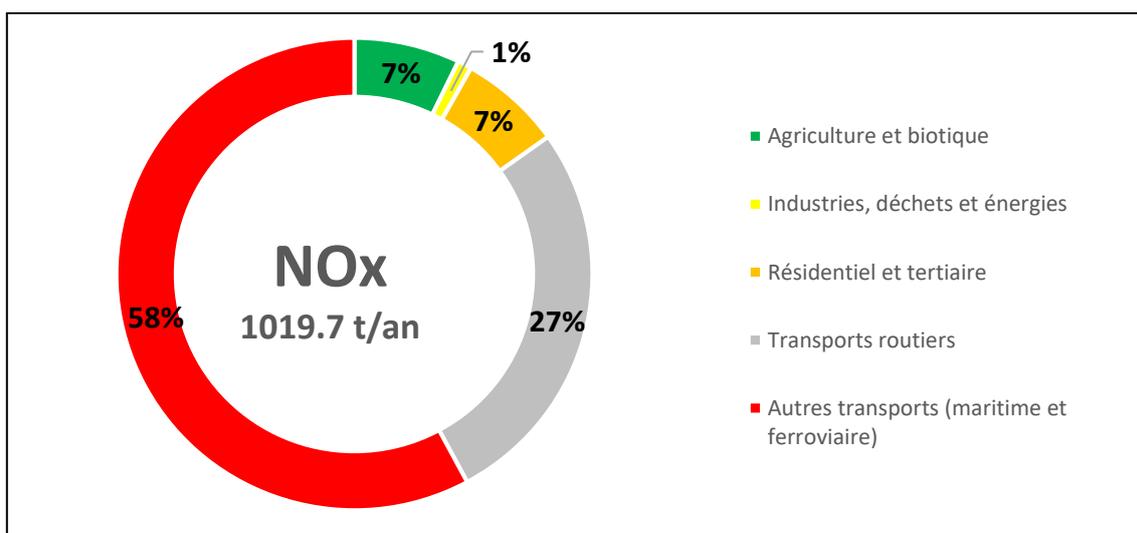


Figure 15 : Émissions théoriques NO_x par secteurs d'activités de la commune de Bastia
Source : Qualitair Corse

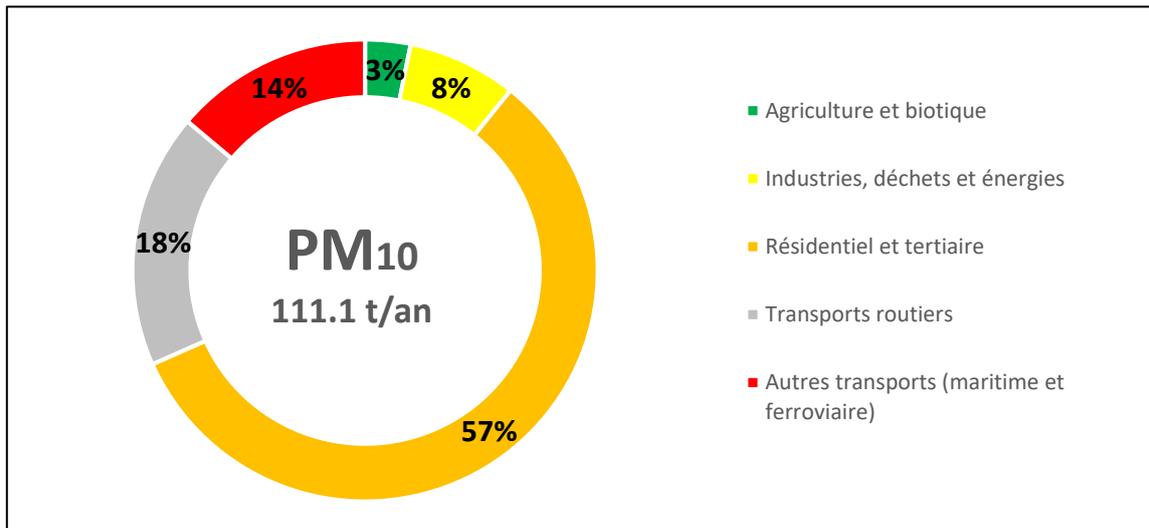


Figure 16 : Émissions théoriques PM₁₀ par secteurs d'activités de la commune de Bastia
Source : Qualitair Corse

Une première observation des figures précédentes, nous permet de constater que les SO_x et les NO_x sont des marqueurs du secteur d'activité « Autres transports », avec respectivement 90% et 58% des émissions théoriques pour ces deux polluants.

Il est important de noter que ces graphiques représentent la répartition des contributions de chaque secteur dans les émissions dans l'atmosphère de polluants et non la part de chaque émetteur dans les concentrations mesurées dans l'air respiré.

Concernant le dioxyde de soufre (SO₂), il est émis majoritairement par le transport maritime qui utilise un carburant contenant des taux de soufre importants par rapport aux autres carburants (diesel voiture ou train). Il est donc un traceur de la pollution maritime et la part « autres transports » est imputable en quasi-totalité aux navires.

Pour les NO_x et les particules, la part du maritime est également prépondérante dans le secteur « autres transports » par rapport aux émissions aériennes ou ferroviaires.

Ces données d'émission représentent la part théorique de chaque émetteur pour une année complète. Elles sont en cours de réactualisation avec des données plus récentes mais ces éléments nous permettent de mettre en avant la part importante du secteur maritime dans les émissions polluantes sur la ville de Bastia.

2.4 LES PARTICULES FINES (PM₁₀)

- Bilan des mesures du préleveur (type Leckel)

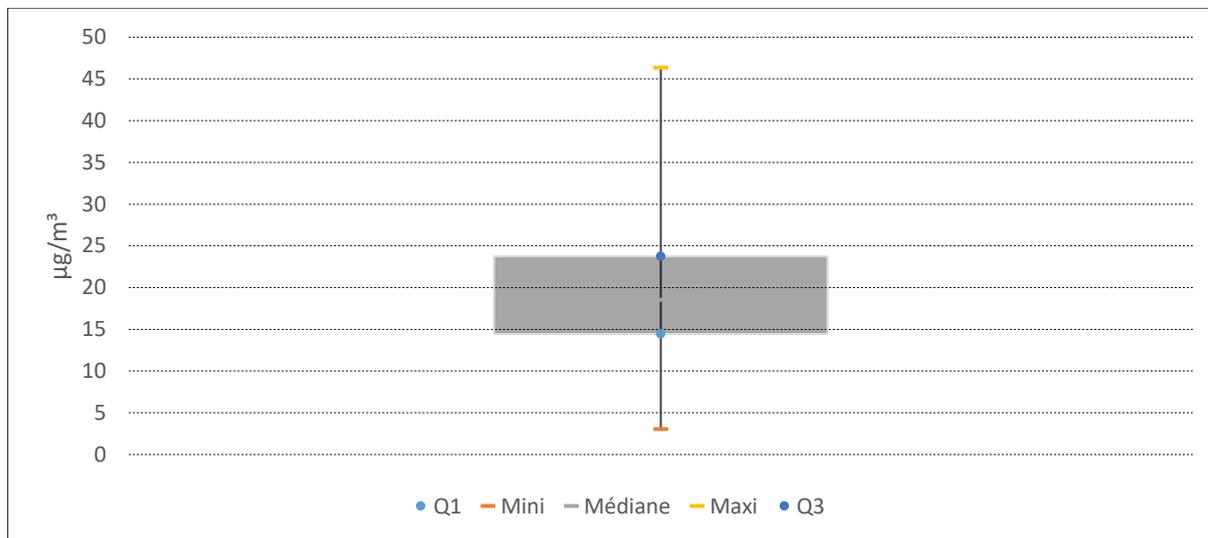


Figure 17 : Représentation graphique des données statistiques issues des concentrations en PM₁₀ - Leckel filtres gravimétriques
Source : Qualitair Corse

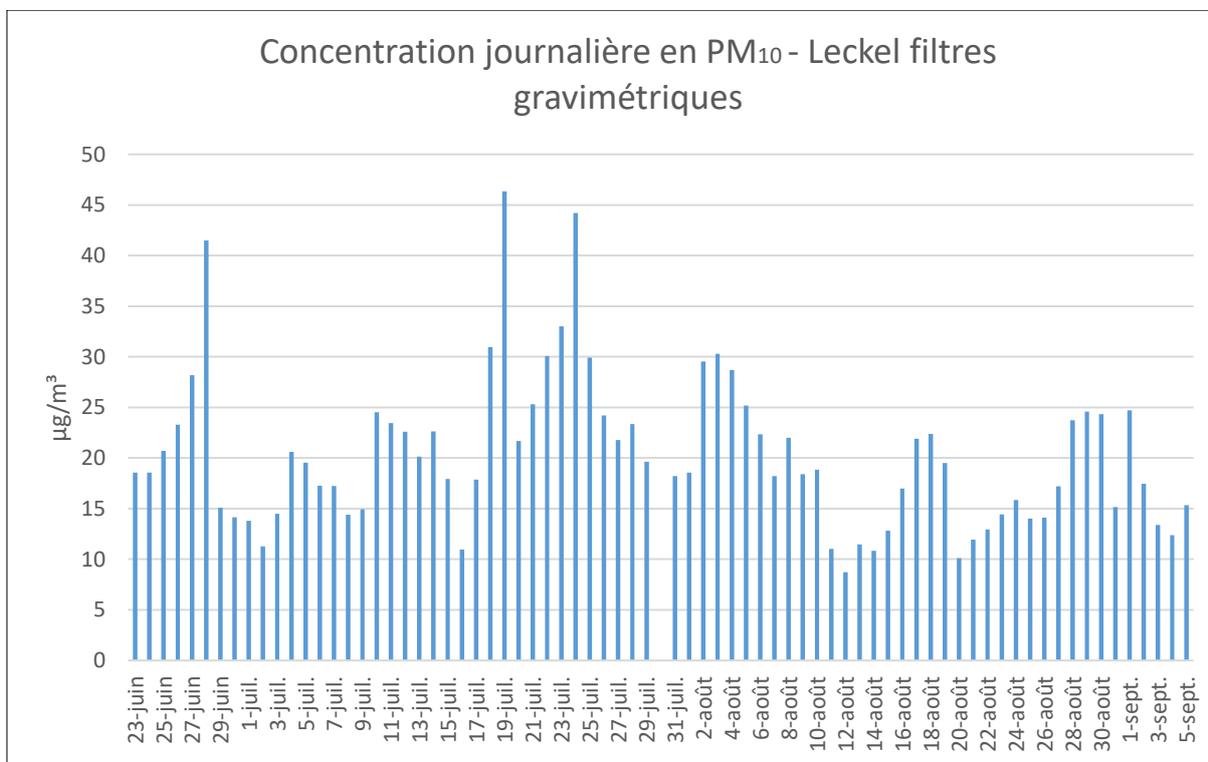


Figure 18 : Concentration journalière en PM₁₀ - Leckel filtres gravimétriques
Source : Qualitair Corse

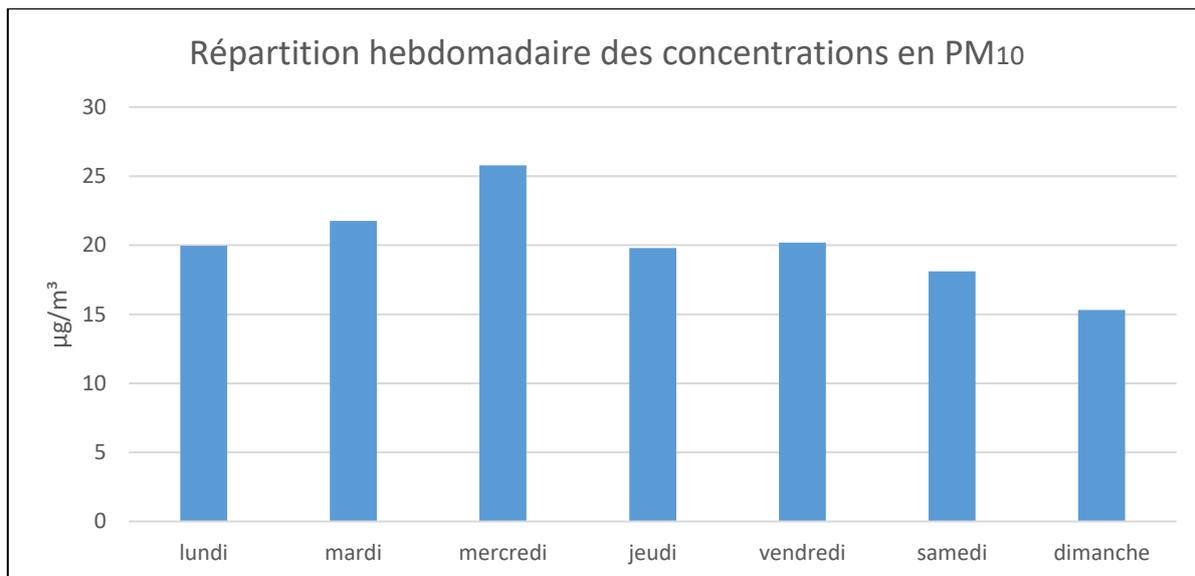


Figure 19 : Répartition hebdomadaire des concentrations en PM₁₀ - Leckel filtres gravimétriques
Source : Qualitair Corse

Tableau 9 : Données statistiques comparables aux valeurs réglementaires pour les concentrations observées en PM₁₀ - Leckel filtres gravimétriques

Polluant atmosphérique	Moyenne journalière (µg/m ³)	Maximum journalier (µg/m ³)	Nombre de jours de dépassements (j)
PM ₁₀	20.10	46.40	0
Normes	40 µg/m ³	50 µg/m ³	35 jours

Source : Qualitair Corse

Observations :

La mesure par gravimétrie avec des préleveurs de type Leckel correspond à la méthode de mesure de référence européenne. Les filtres déposés au sein du leckel du 23/06/2017 au 05/09/2017, ont permis de réaliser une représentation graphique des données statistiques issues des concentrations de PM₁₀. Ce travail, présenté par l'intermédiaire de la figure n°17, nous permet d'observer que 75% des concentrations obtenues se distribuent sur une fourchette allant de 14.44 µg/m³ à 23.73 µg/m³. De plus, on note qu'avec une valeur égale à 46.40 µg/m³, la concentration journalière maximale enregistrée est inférieure à la valeur limite pour la protection de la santé humaine⁷. La figure n°18 nous permet de repérer chronologiquement ce pic de concentration en date du 19/07/2017. A noter, que la deuxième valeur la plus forte a été mesurée le 24 juillet pendant l'incendie de la zone d'activité de Tragone.

⁷ 50 µg/m³, en moyenne journalière, pas plus de 35 jours par an (Cf. Partie 1.2.1)

Avec l'objectif d'identifier le jour de la semaine où la concentration en PM_{10} est la plus importante, Qualitair Corse a calculé sur l'ensemble de la campagne, la moyenne des concentrations en PM_{10} par jour. La figure n°19, permet d'identifier le mercredi comme le jour de la semaine où la concentration en PM_{10} est la plus importante ($25.79 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Il est important de noter que les concentrations les plus faibles sont enregistrées les jours de week-end.

Le tableau n°9, nous permet de constater que sur la période d'exposition des filtres, la moyenne des concentrations en PM_{10} respecte le seuil réglementaire en vigueur par rapport à la protection de la santé humaine. En effet, avec une valeur de $20.10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ contre $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ réglementairement et aucun jour de dépassement enregistré, contre 35 jours tolérés, Qualitair Corse juge la qualité de l'air en termes de PM_{10} au niveau de la station d'observation du Fango comme conforme à la réglementation.

- Bilan des mesures par analyseur de particules (type TEOM)

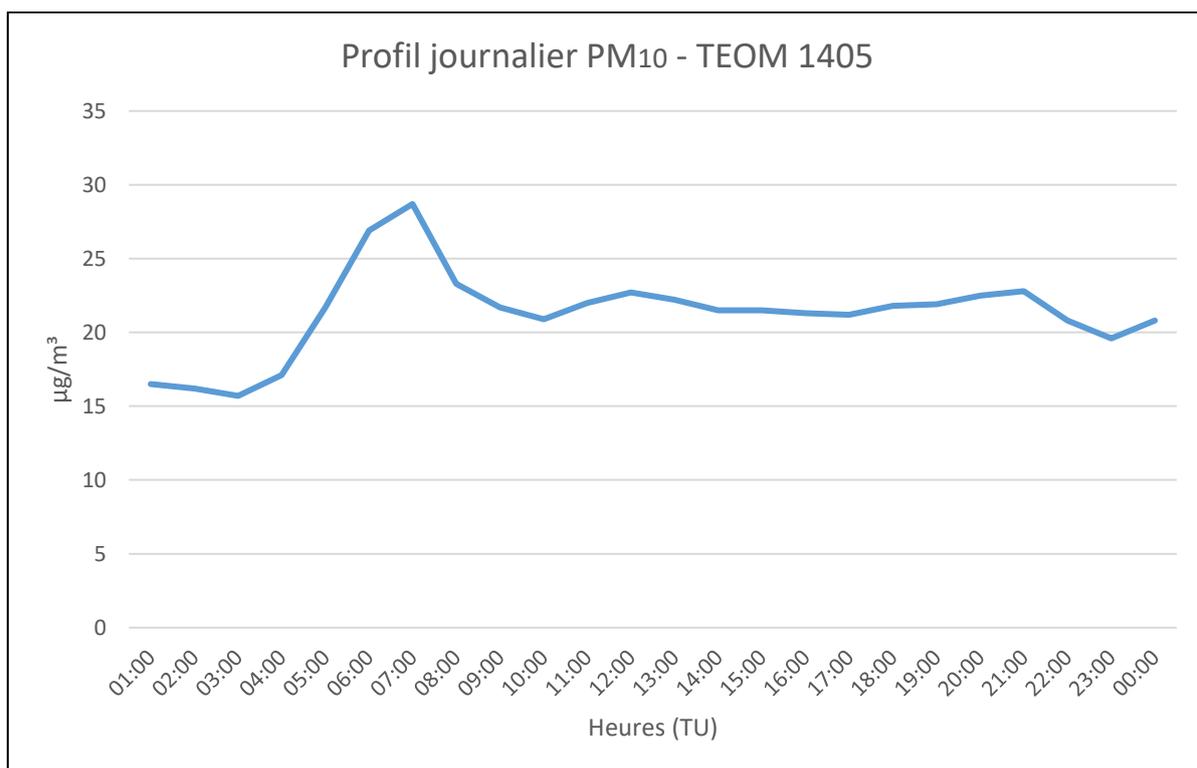


Figure 20 : Profil journalier PM_{10} sur l'ensemble de la campagne - TEOM 1405
Source : Qualitair Corse

Observations :

L'analyseur de type TEOM permet le suivi en continue au pas quart-heure des concentrations en particules fines. Celui-ci correspond aux appareils utilisés couramment dans les stations

de surveillance de la qualité de l'air. Dans le cadre de l'étude comme sur les autres appareils de mesures des PM, ce sont les particules réglementaires PM₁₀ qui sont mesurées. La courbe ci-dessus représente le profil journalier des concentrations en PM₁₀ (Cf. Figure n°20). La lecture de ce dernier traduit la présence d'un pic de concentration entre 6h00 et 8h00 (TU). Par conséquent, le pic de concentration se déroule entre 8h00 et 10h00 heure locale. Cette période correspond au maximum d'émissions liées au routier mais également à la renverse du vent en brise de mer qui ramène les émissions portuaires sur la ville.

- Bilan des mesures par analyseur optique (type FIDAS)

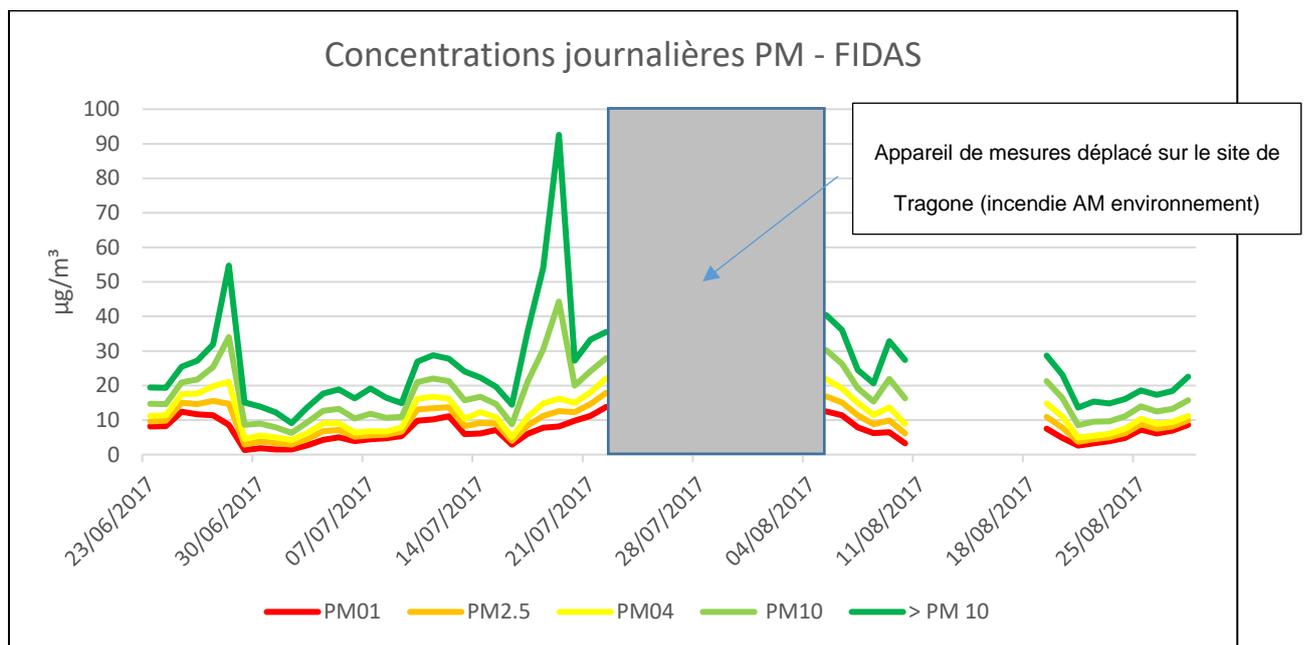


Figure 21 : Concentration journalière en PM - FIDAS
Source : Qualitair Corse

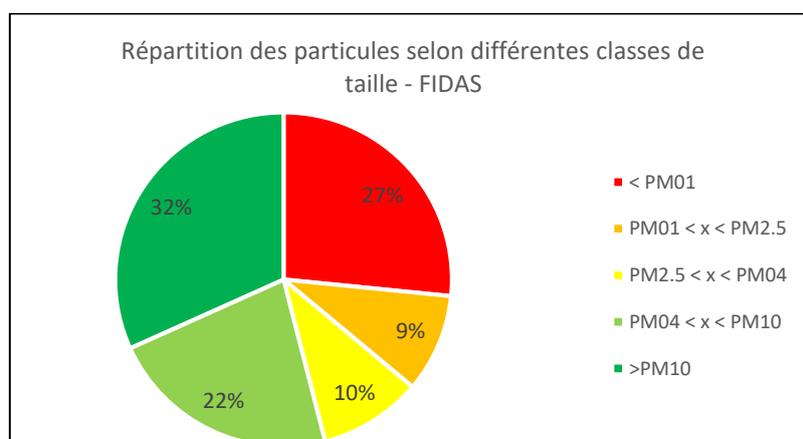


Figure 22 : Répartition des particules par classes – FIDAS
Source : Qualitair Corse

Observations :

Les compteurs optiques du type FIDAS permettent une nouvelle approche métrologique pour la surveillance des particules dans l'atmosphère. Cet appareil, très récemment homologué, permet la mesure par comptage, cette valeur étant ensuite ramenée à une concentration massique afin de comparer aux normes réglementaires. Celui-ci a la particularité de pouvoir séparer lors du comptage, les particules en fonction de leur taille (séparation granulométrique). Il a permis de calculer les concentrations journalières en $PM_{0.1}$, $PM_{2.5}$, PM_4 , PM_{10} et PM_{tot} . La figure 21 présente les données obtenues sur la campagne de mesures. A noter, une absence de données en milieu de campagne (sollicitation du Préfet de Haute-Corse pour la mise en œuvre de mesures sur le site de l'incendie de la ZA de Tragone) et une semaine de panne d'appareil à la mi-août. Toutefois, les données ont pu être corrélées avec les autres appareils et cet outil nous permet de connaître la répartition par taille de l'ensemble des particules : des plus grossières de type suie (supérieures à PM_{10}) au plus fines (inférieures à 1 micron).

La figure 22 montre que les suies (particules visibles dans les retombées) correspondent à 32% des particules totales émises. Pour autant, ce sont aussi les particules les plus lourdes qui retombent rapidement au sol en proximité portuaire. Selon la définition du risque sanitaire des particules, celles-ci, dont le diamètre est supérieur à 10 microns, ne sont pas considérées comme dangereuses pour la santé par inhalation. Pour autant leur impact sur l'environnement et les édifices est bien réel. A noter que ce sont également les particules les moins nombreuses. Plus les particules sont petites et plus on les retrouve en nombre important d'où le besoin d'améliorer notre connaissance sur l'origine et la composition des particules les plus fines (voir chapitres suivants).

Sur ce site de mesures, 68 % des particules totales sont des PM_{10} (inférieurs à 10 microns). Ce seuil détermine la taille en-dessous de laquelle il y a un impact réel sur la santé.

La figure 23 présente la distribution par taille des particules comprises sous le seuil des 10 microns. Les spécialistes de la santé considèrent que les particules inférieures à 2,5 microns ($PM_{2.5}$) sont les plus dangereuses et il est admis que plus ces particules sont petites, plus elles ont potentiellement un impact important sur la santé. Sur la moyenne des particules fines (PM_{10}), les $PM_{2.5}$ représentent la moitié de ces particules, et si on regarde celles inférieures à 1 micron, cela représente près de 40 % des particules inhalées. Ces dernières sont également les particules les plus nombreuses en nombre (leur masse étant très petite par rapport aux autres tailles de particule).

Ces particules (PM₀₁) très fines et ultra-fines peuvent pénétrer très profondément dans l'appareil respiratoire et le réseau sanguin. Il est donc important d'identifier la composition de ces particules et leur origine (voir chapitre suivant 2.5).

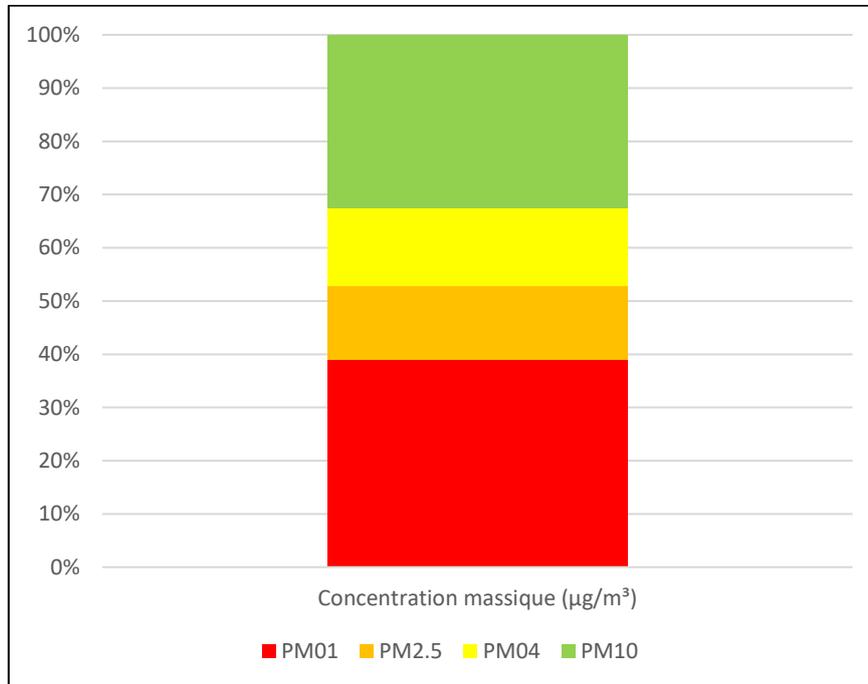


Figure 23 : Distribution des PM₁₀ selon la taille
Source : Qualitair Corse

Conclusions :

Lors de cette campagne, Qualitair Corse a paramétré les deux appareils principaux de mesures sur une coupure PM10 des particules (particules inférieures à 10 microns), la granulométrie (répartition par taille) étant mesurée par le compteur optique (FIDAS).

L'ensemble de ces appareils nous permet de caractériser les particules fines par rapport à leur taille et de rapprocher ces éléments des valeurs seuils réglementaires qui se fondent essentiellement sur l'impact sanitaire des particules en lien avec la taille (à l'exception du suivi des HAP et des métaux lourds, voir au chapitre 2.8 et 2.9).

Les mesures réalisées par les différents appareils montrent qu'aucun dépassement de la valeur cible journalière de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ n'a été atteint pendant la période de mesures. De plus, la concentration moyenne pendant la campagne est nettement en-dessous du seuil réglementaire de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ces éléments tendant à montrer que sur une année complète les seuils européens de protection de la santé ne sont pas atteints sur le centre-ville de Bastia.

On note également que les concentrations ne sont pas homogènes sur la journée ainsi que selon les jours de la semaine. Le rôle de l'aérodologie locale ainsi que des sources d'émissions de proximité (trafic routier essentiellement) influent nettement sur les concentrations en particules fines mesurées. En effet, le maximum journalier se situe en début de matinée lorsque le trafic routier est le plus impactant mais également lorsque le vent commence à ramener les fumées issues des navires vers la ville. Pour autant, bien que le vent oriente les panaches des navires vers la station de mesures du Fango dans la matinée, les concentrations diminuent au cours de la journée. Ceci est également conforté par l'analyse des jours de la semaine qui montre que les niveaux maxima ne sont pas mesurés en fin de semaine lorsque le trafic maritime est le plus important mais plutôt en milieu de semaine en lien avec les pointes de trafic routier. Toutefois, si on regarde la répartition par taille des particules, on note qu'un nombre important de particules très fines ($< 1\mu\text{m}$) est mesuré sur ce site dont l'origine pourrait être en grande partie due aux émissions maritimes (voir chapitre suivant).

2.5 RÉSULTATS ISSUS DE L'ACSM

Comme mentionné précédemment, l'ACSM est un appareil de mesure qui permet de réaliser une caractérisation physico-chimique des particules fines PM_{01} non-réfractaires présentes dans l'air ambiant. Un appareil de ce type a été installé au sein de la station du Fango du 05/05/2017 au 23/07/2017. Initialement la durée d'exposition prévue était plus importante mais plusieurs problèmes techniques ont entraîné une désinstallation prématurée.

Le suivi des éléments mesurés par cet appareil permet de connaître les concentrations de certains composés chimiques présents dans les particules très fines sur ce site. Ces éléments ne sont pas des composés présents dans la liste des polluants réglementés par l'union européenne mais ils contribuent indirectement à la formation des particules dans l'atmosphère.

Les particules présentes dans l'atmosphère sont de différentes sources :

- Naturelles : généralement ce sont des particules dont la granulométrie se situe entre 2,5 micron et 100 microns. Elles ne sont donc pas observées par l'ACSM dont la coupure est située en-dessous de 1 micron
- Particules primaires : ce sont les particules émises directement par l'activité anthropique. La taille est très variable mais dans le cadre réglementaire nous nous intéressons aux particules inférieures à 10 microns. Avec l'ACSM (coupure à 1 micron), ce sont les très petites particules ainsi que les particules ultra-fines qui sont étudiées.
- Particules secondaires : certains composés gazeux réagissent dans l'atmosphère créant ainsi des particules dites secondaires. Dans le cadre du suivi des émissions portuaires nous nous intéressons tout particulièrement aux particules secondaires créés à partir de précurseurs gazeux comme les SO_x (oxydes de soufres). En effet, la teneur importante en soufre dans les carburants maritimes présente un marqueur des panaches des navires.

L'analyse des mesures par l'ACSM est présentée dans la suite du rapport de manière mensuelle puis sur l'ensemble de la campagne. Pour chaque période, un profil journalier type et un bilan de la répartition mensuelle ont été établis.

- Mai 2017

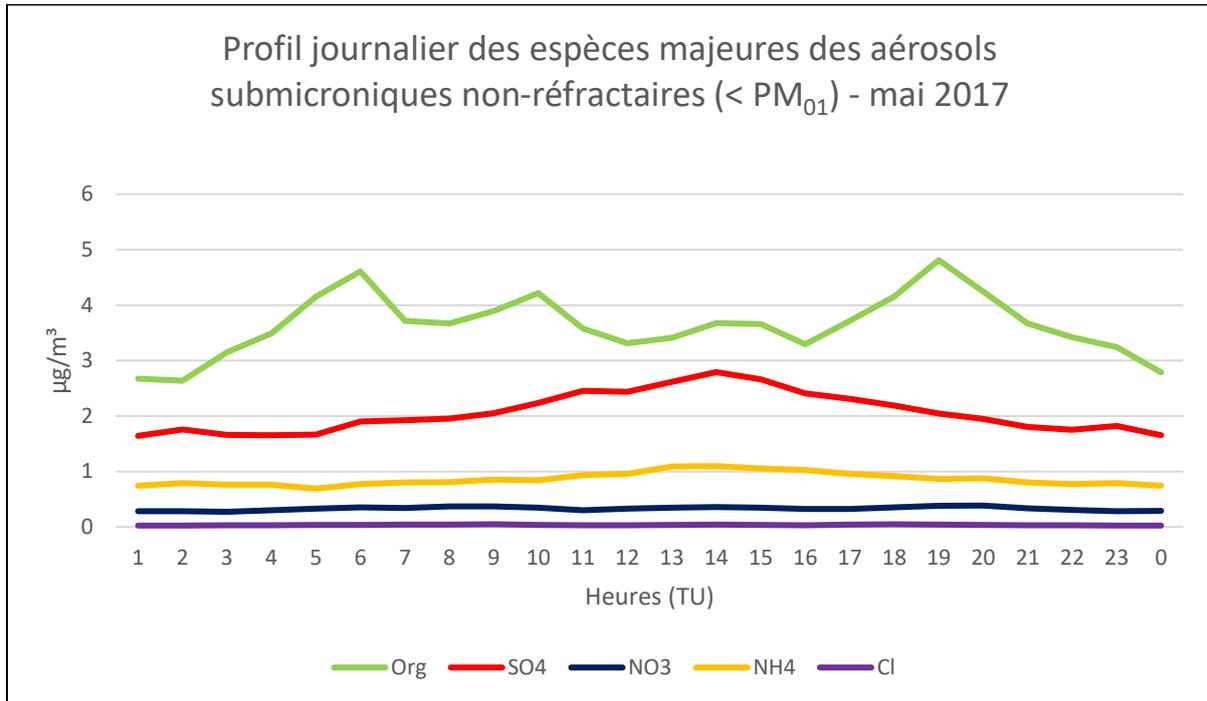


Figure 24 : Profil journalier moyen sur le mois de mai des espèces majeures des aérosols submicroniques non-réfractaires
Source : Qualitair Corse

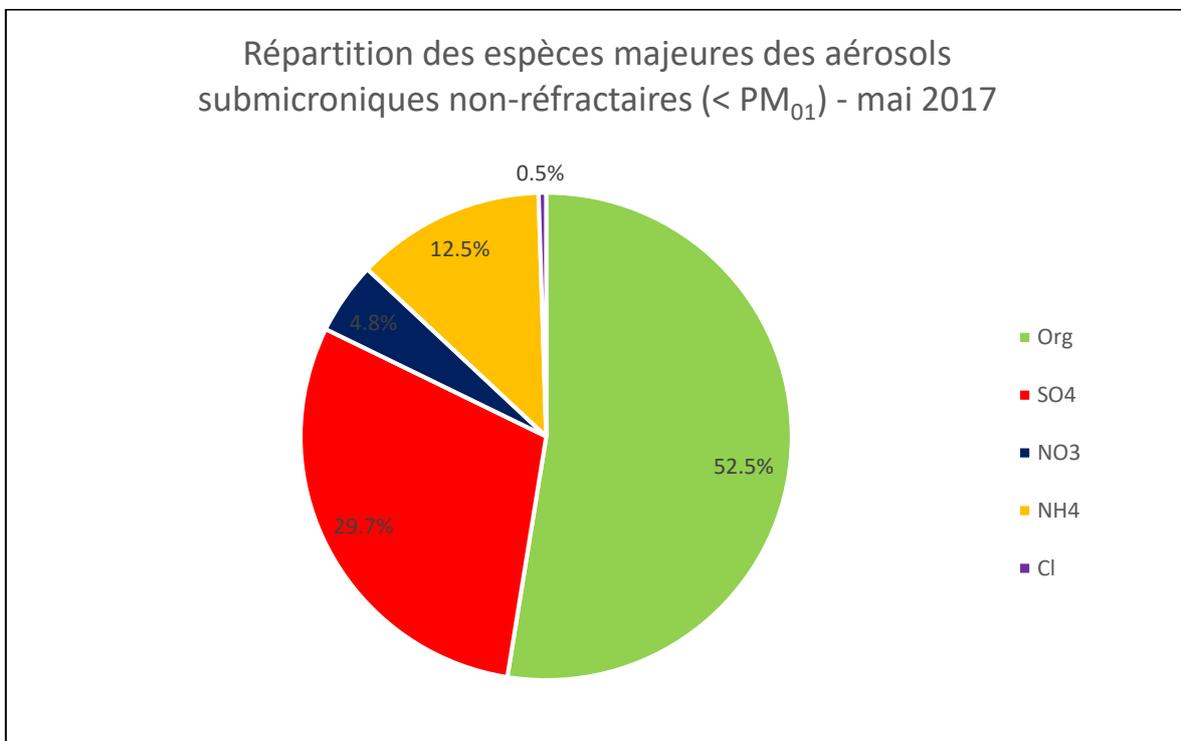


Figure 25 : Répartition moyenne sur le mois de mai des espèces majeures des aérosols submicroniques non-réfractaires
Source : Qualitair Corse

- Jun 2017

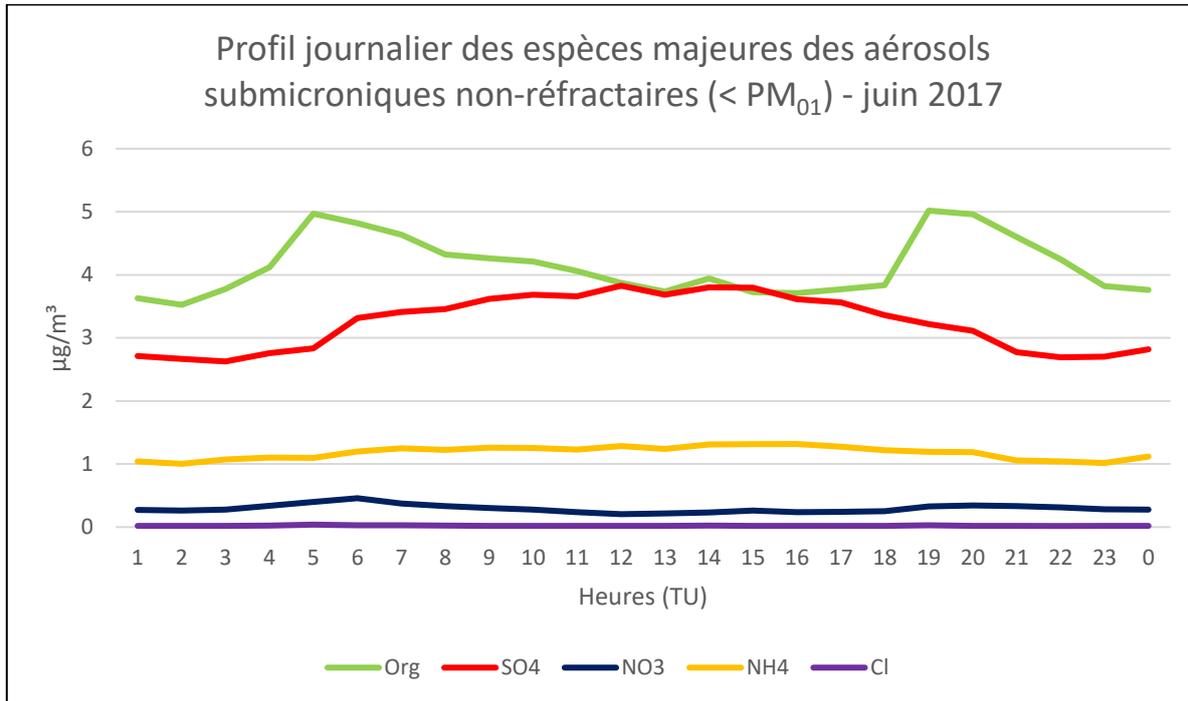


Figure 26 : Profil journalier moyen sur le mois de juin des espèces majeures des aérosols submicroniques non-réfractaires
Source : Qualitair Corse

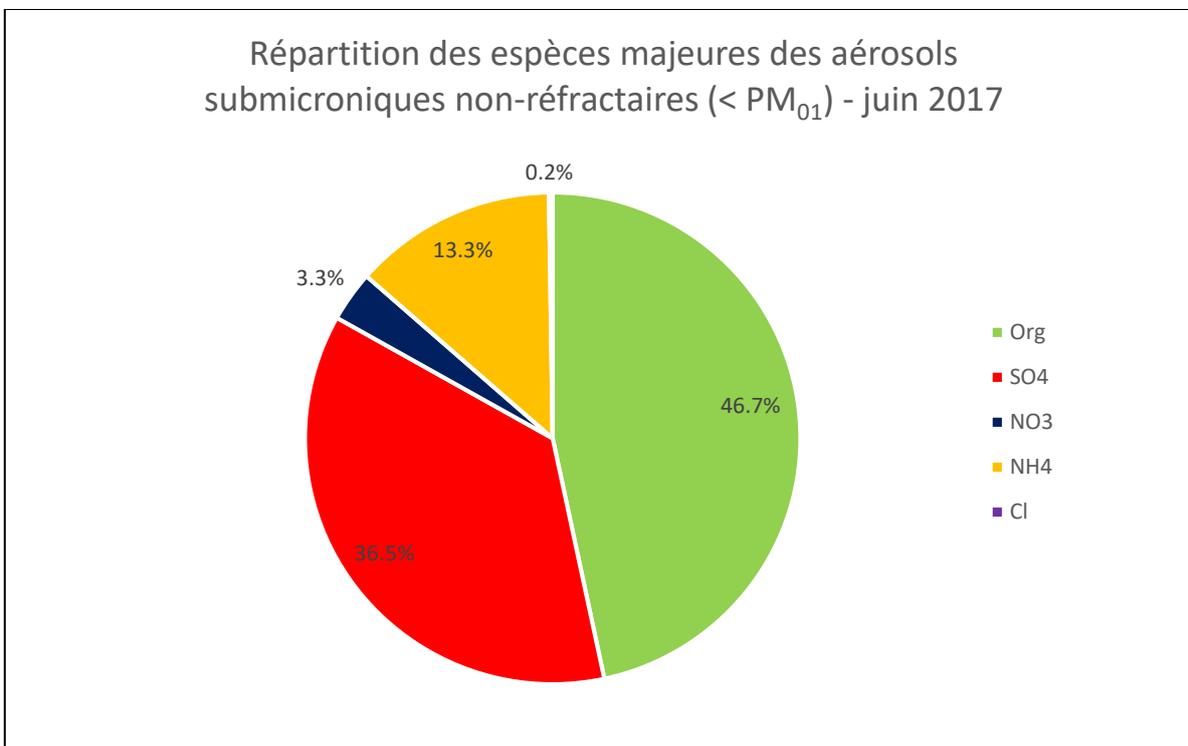


Figure 27 : Répartition moyenne sur le mois de juin des espèces majeures des aérosols submicroniques non-réfractaires
Source : Qualitair Corse

- Juillet 2017

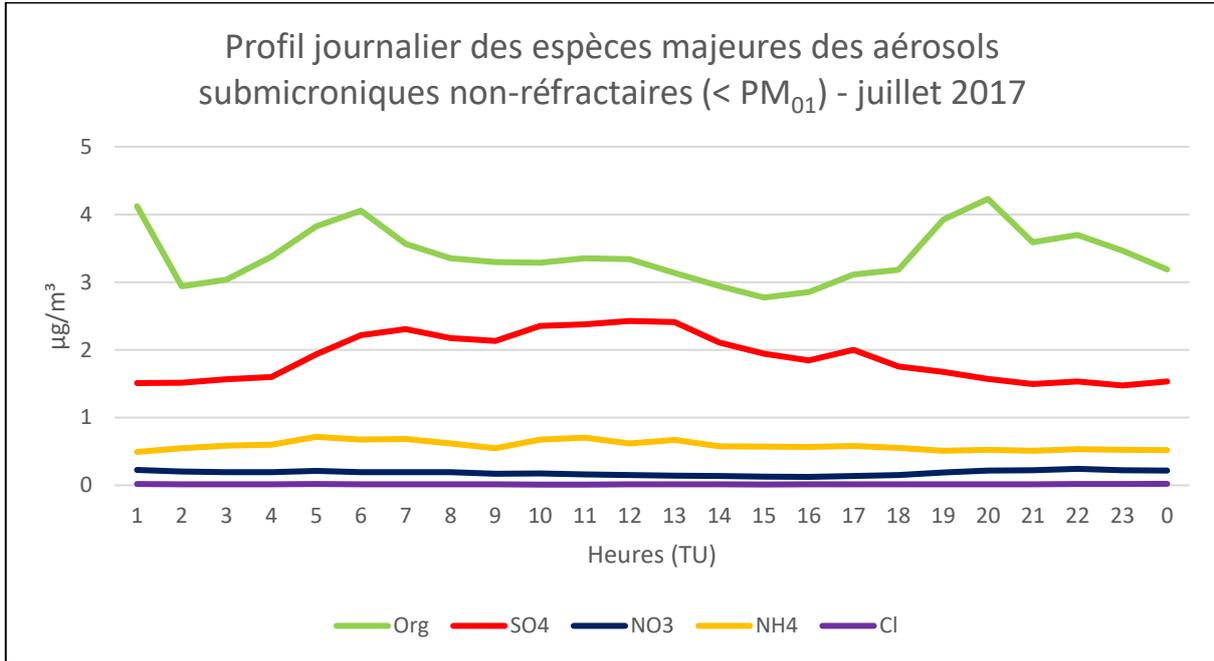


Figure 28 : Profil journalier moyen sur le mois de juillet des espèces majeures des aérosols submicroniques non-réfractaires
Source : Qualitair Corse

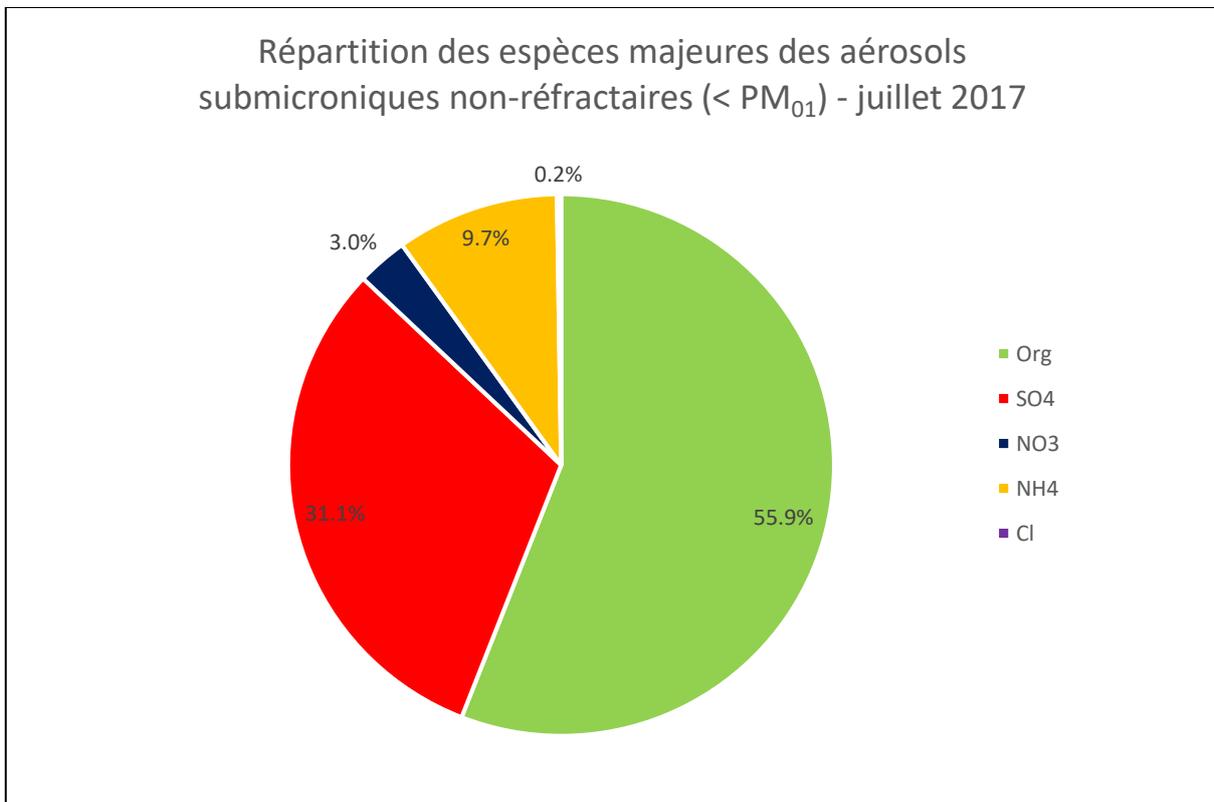


Figure 29 : Répartition moyenne sur le mois de juillet des espèces majeures des aérosols submicroniques non-réfractaires
Source : Qualitair Corse

- Mai à Juillet 2017

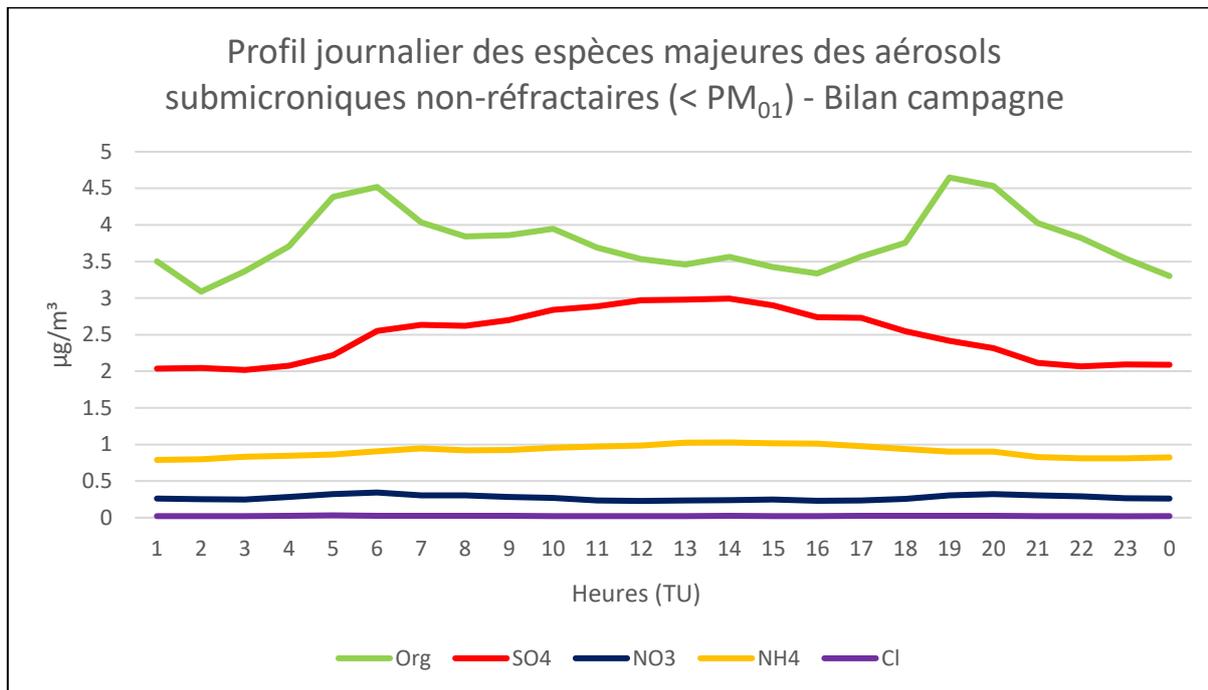


Figure 30 : Profil journalier moyen sur la campagne des espèces majeures des aérosols submicroniques non-réfractaires
Source : Qualitair Corse

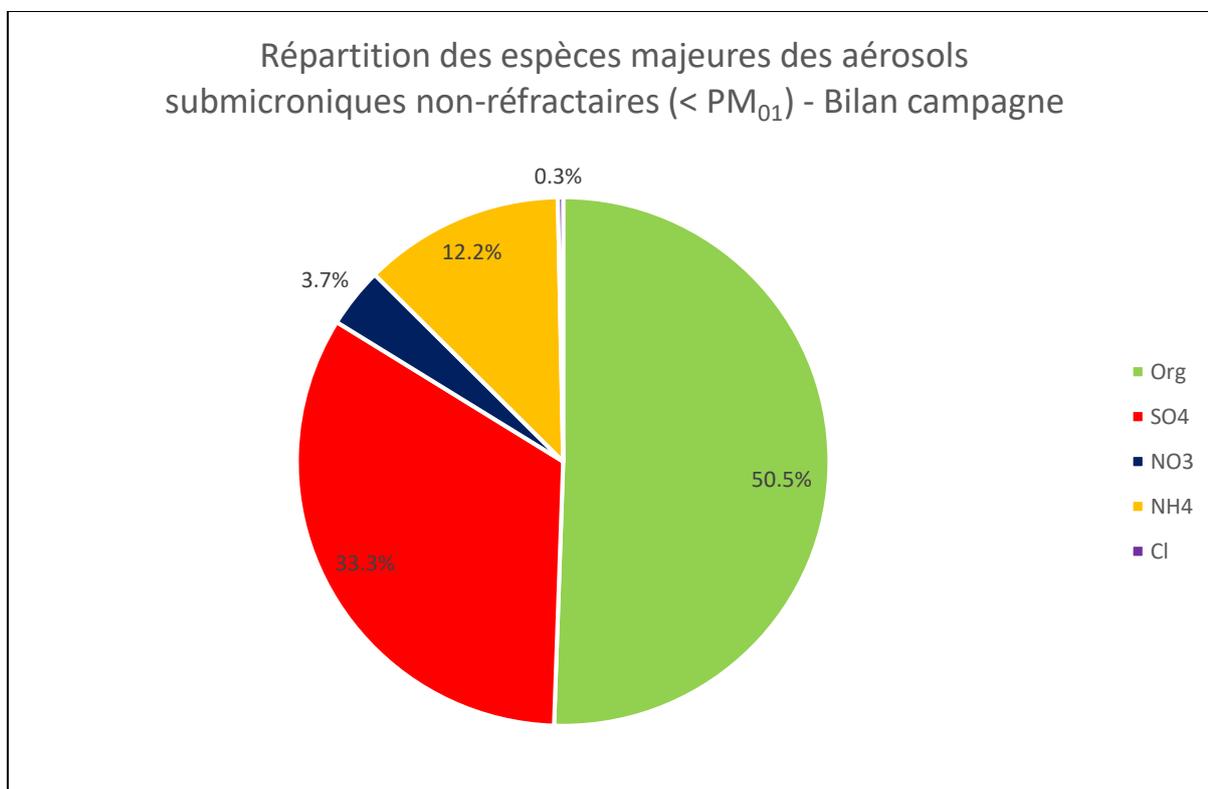


Figure 31 : Répartition moyenne sur la campagne des espèces majeures des aérosols submicroniques non-réfractaires
Source : Qualitair Corse

Tableau 10 : Données statistiques – ACSM

Polluant atmosphérique	Moyenne journalière ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Maximum journalier ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Org	3.77	4.65
SO ₄	2.48	2.99
NO ₃	0.27	0.34
NH ₄	0.91	1.03
Chl	0.02	0.03

Source : Qualitair Corse

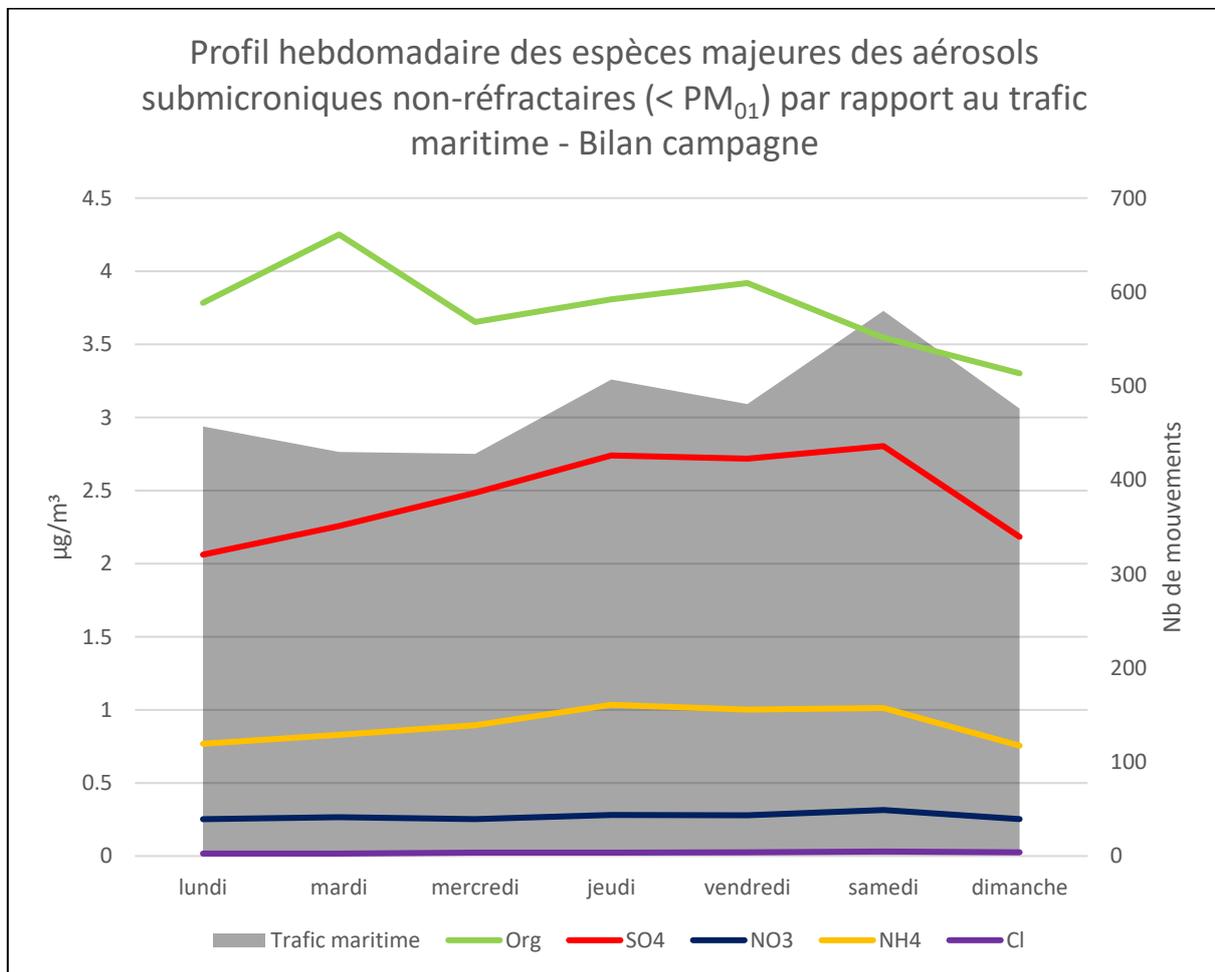


Figure 32 : Profil hebdomadaire moyen sur la campagne des espèces majeures des aérosols submicroniques non-réfractaires, par rapport au trafic maritime
Source : Qualitair Corse

Observations :

Les figures précédentes nous permettent d'avoir un aperçu des espèces chimiques principales majeures présentes au sein des particules fines inférieures ou égales au $PM_{0.1}$ (soit 40 % en concentration des particules inhalées). Ces espèces sont le Carbone Organique (Org, représenté en vert), l'élément soufré (SO_4 , représenté en rouge), le Nitrate (NO_3 , représenté en bleu), l'Ammonium (NH_4 , représenté en orange) et le Chlore (Cl, représenté en violet). Grâce à cette différenciation, il est possible d'identifier l'origine et éventuellement la source de chacun d'entre eux.

Tableau 11 : Provenance des espèces majeures des aérosols submicroniques non-réfractaires mesurés par l'ACSM

Aérosols submicroniques non-réfractaires	Origines d'émissions	Sources d'émissions
Org	Combustion énergies fossiles (entre 270° et 340°C)	Trafic routier, Trafic maritime, Chauffage domestique
SO_4	Combustion énergies fossiles soufrées	Trafic maritime
NO_3	Combustion énergies fossiles	Trafic routier, Trafic maritime, Chauffage domestique
NH_4	Agriculture / SCR (Selective Catalytic Reduction) ⁸	Épandage d'engrais azotés / Trafic routier / Centrale thermique de Lucciana
Cl	Traitement des eaux	Piscine du Fango

Source : Qualitair Corse

Les figures n°30 et n°31 représentent le profil journalier et la répartition des espèces majeures des aérosols submicroniques non-réfractaires, sur l'ensemble de la campagne. Une première observation nous permet de voir que le Carbone organique est le principal contributeur à la masse des particules fines. En effet, ce dernier présente les plus fortes concentrations dans l'air ambiant avec une moyenne journalière égale à $3.77 \mu g/m^3$, représentant 50% des émissions totales des aérosols submicroniques non-réfractaires sur la campagne. On constate également pour ce polluant la présence de deux pics de concentration, se déroulant entre 5:00 et 7:00 heures et 19:00 et 21:00 heures (TU). Ces maximums s'expliquent principalement par l'augmentation du trafic routier sur ces plages horaires. Pour autant, les navires contribuent également à la production de particules

⁸ Réduction catalytique sélective (RCS).

organiques mais la part entre les différents émetteurs ne peut pas être évaluée de manière précise sur ce composé. On peut émettre l'hypothèse que la contribution du maritime sur les particules organiques est de l'ordre du tiers soit environ 15 % des particules $PM_{0.1}$. Ces éléments devront être validés avec d'autres études réalisées en proximité portuaire dans les autres régions.

L'évolution des valeurs mesurées pour le Nitrate (NO_3) et l'Ammonium (NH_4) sont très similaires au cours de la campagne, avec malgré tout une contribution à la masse des particules près de trois fois plus élevées pour l'Ammonium. Le trafic routier est le principal émetteur sur ce site et notamment du fait de l'utilisation de filtres à particules qui peuvent produire ce type de composé.

Concernant le Chlore (Cl), présentant un profil associé à des concentrations très faibles, il est important de préciser que seul le Chlore non réfractaire est mesuré par l'ACSM. De ce fait, les sels des embruns marins ne sont pas pris en compte. Au niveau de la station d'observation du Fango, la provenance la plus probable de ce composé est la piscine du Fango, localisé à environ 30 mètres.

Si nous nous recentrons sur notre objectif principal, on constate par l'intermédiaire du tableau n° 11 que le polluant marqueur du trafic maritime est le SO_4 . En effet, les carburants « marins » n'ont, au contraire des carburants « routiers », pas été épurés des éléments soufrés. Cette différence provient d'une législation spécifique au milieu marin, mais dans le cadre de la Directive 2012/33/UE sur la teneur en soufre des combustibles et par l'intermédiaire de la Convention Marpol, les carburants marins devront réduire leur concentration en soufre à partir du 1^{er} janvier 2020. En attendant cette date butoire, on constate qu'au moins un tiers des aérosols submicroniques non-réfractaires mesurés sur ce site composés de SO_4 sont imputables au trafic maritime. Au niveau du profil journalier, on constate que les concentrations maximales en SO_4 se regroupent entre 8:00 et 22:00 heures locales. Cette plage horaire coïncide avec les périodes de présence dans le port de navire et d'un vent orienté vers la ville.

Si nous effectuons une comparaison mensuelle des résultats (Cf. Figure n°24 à 29), on constate que le mois de juin 2017 présente les concentrations maximales en Carbone organique et en SO₄ sur la période d'étude. Le tableau suivant résume cette comparaison.

Tableau 12 : Comparaison mensuelle des concentrations en espèces majeures des aérosols submicroniques non-réfractaires

	Org	SO ₄	NO ₃	NH ₄	Cl
Mai	3.63	2.06	0.33	0.86	0.03
Juin	4.14	3.24	0.29	1.18	0.02
Juillet	3.40	1.89	0.18	0.59	0.01

Source : Qualitair Corse

Il est toutefois important de préciser que les chiffres exprimés pour le mois de juillet ne prennent en compte uniquement les journées du 01/07/2017 au 23/07/2017. De plus, malgré l'augmentation du trafic maritime au fil de ces trois mois, on note que juillet présente la concentration moyenne en SO₄ la plus faible. Ce paramètre s'explique par le fait que juillet 2017 a été marqué par des conditions météorologiques favorables à la dispersion des polluants atmosphériques vers le large au niveau de la ville de Bastia (vent fort orienté Ouest).

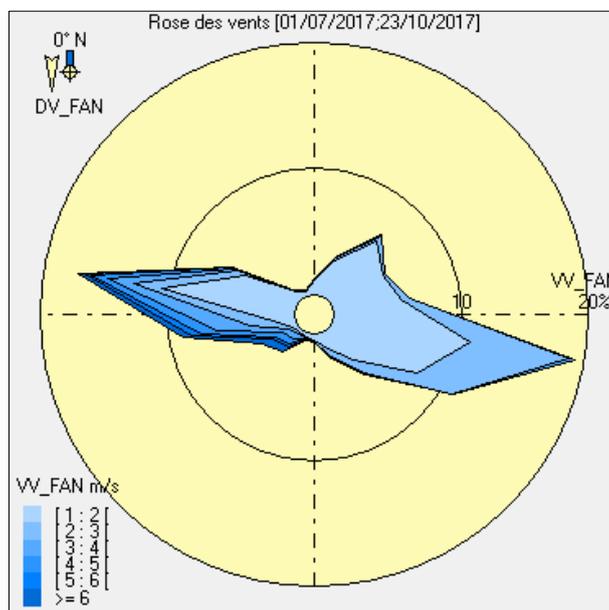


Figure 33 : Roses des vents caractéristiques des conditions éoliennes - Station du Fango – 01.07.17 au 23.10.17

Source : Qualitair Corse

La rose des vents ci-dessus illustre bien le fait que les vents orientés Ouest ont été plus fréquents en juillet que les autres mois de la campagne (Cf. Figure n°11 – Fig.1).

Avec l'objectif d'identifier le jour de la semaine où les concentrations en espèces majeures des aérosols submicroniques non-réfractaires sont les plus importantes, Qualitair Corse a calculé sur l'ensemble de la campagne, la moyenne des concentrations par jour. La figure n°32, permet d'identifier le mardi, comme le jour de la semaine où la concentration en Carbone organique est la plus importante ($4.25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ce qui correspond aux mêmes observations que pour les mesures de particules PM_{10} . L'hypothèse concernant la part du maritime de l'ordre du tiers de la partie organique semble correcte soit environ 15 % des PM_{01} .

Concernant le SO_4 , on constate que les concentrations les plus importantes se regroupent sur jeudi, vendredi et samedi. Cette constatation nous permet d'établir une corrélation étroite entre le trafic maritime (nombre de déplacements maritimes) et les concentrations en SO_4 . La part des PM_{01} contenant du SO_4 est de l'ordre de 30 %.

En conclusion, nous pouvons dire que le trafic maritime contribue à la formation de très petites particules (inférieure à 1 micron) avec un ordre de grandeur de 30 à 50 % des PM_{01} mesurés sur ce site. Il n'existe pas de normes pour ces particules fines mais il est nécessaire de comparer ces niveaux avec d'autres sites d'observation afin d'avoir une analyse plus fine des résultats. Plusieurs campagnes seront réalisées en 2018 afin de compléter les connaissances sur ces composés en proximité portuaire dans différentes régions de France.

2.6 LE DIOXYDE DE SOUFRE (SO₂)

L'analyseur de type 43i permet le suivi en continu des concentrations en SO₂ au niveau de la station du Fango. Les figures ci-dessous reprennent la distribution des mesures horaires sur ce site et le bilan des mesures sur la période (moyennes, évolution et profil journalier).

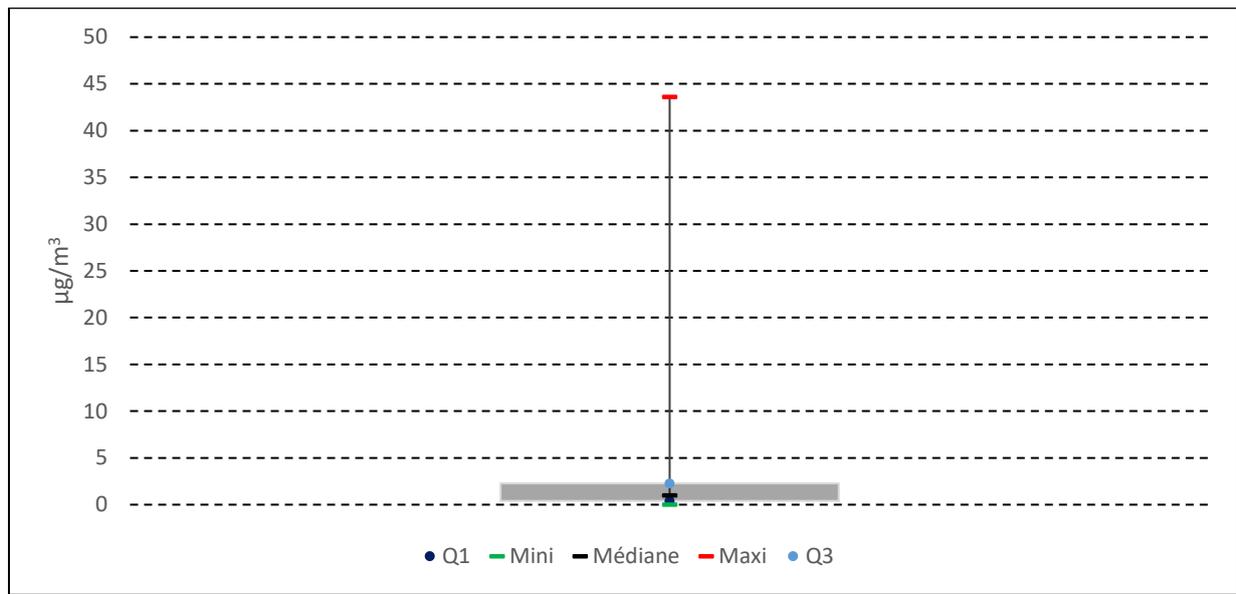


Figure 34 : Représentation graphique des données statistiques issues des concentrations horaires en SO₂ sur la campagne
Source : Qualitair Corse

Tableau 13 : Données statistiques comparables aux valeurs réglementaires pour les concentrations observées en SO₂

Polluant atmosphérique	Maximum horaire (µg/m ³)	Moyenne journalière (µg/m ³)	Maximum journalier (µg/m ³)	Nombre de jours de dépassements (j)
SO ₂	43.6	1.92	6.10	0
Règlementation	350 µg/m ³	125 µg/m ³	125 µg/m ³	3 jours

Source : Qualitair Corse

Observations :

Au regard des concentrations mesurées, très en-dessous des normes réglementaires, le dioxyde de soufre ne représente pas de risque sanitaire au niveau du territoire. Pour autant, le suivi de ce composé reste important car il est un traceur avéré des émissions maritimes.

Les courbes ci-dessous reprennent l'évolution des concentrations journalières du SO₂ en lien avec les conditions aérologiques sur la période de mesures, ainsi que le profil journalier de ce polluant gazeux.

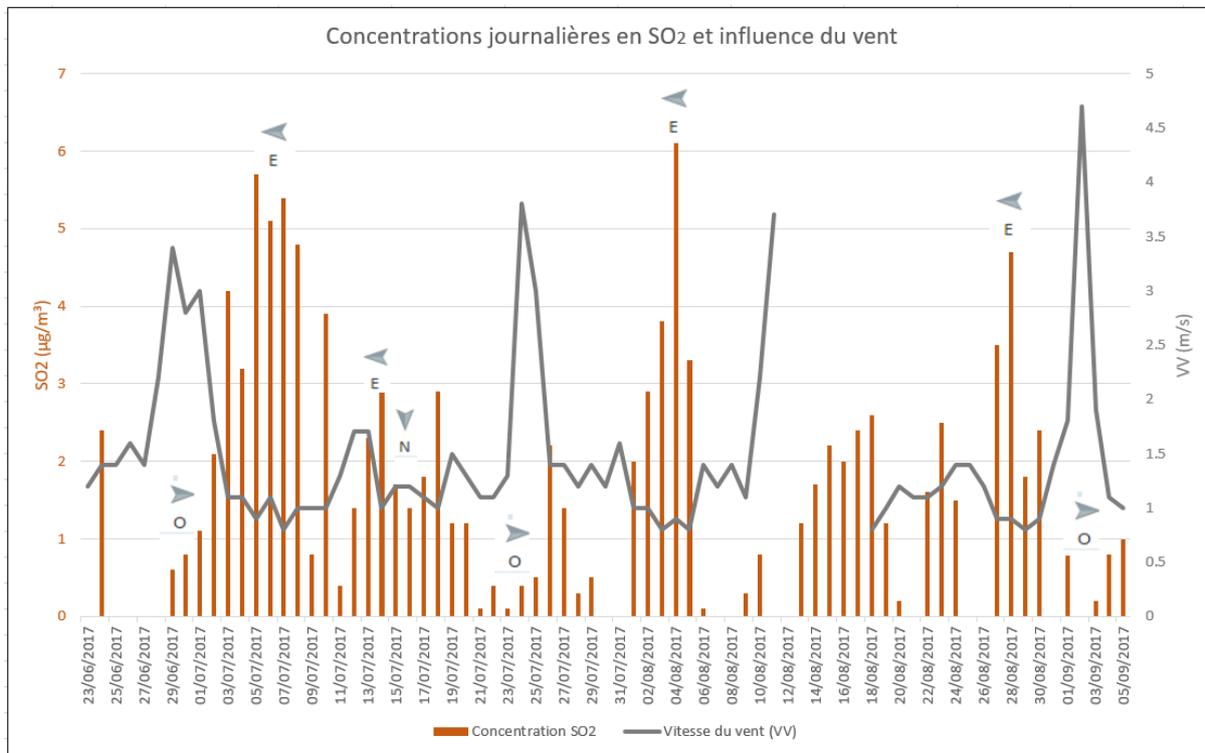


Figure 35 : Concentration journalière en SO₂ et influence du vent
Source : Qualitair Corse

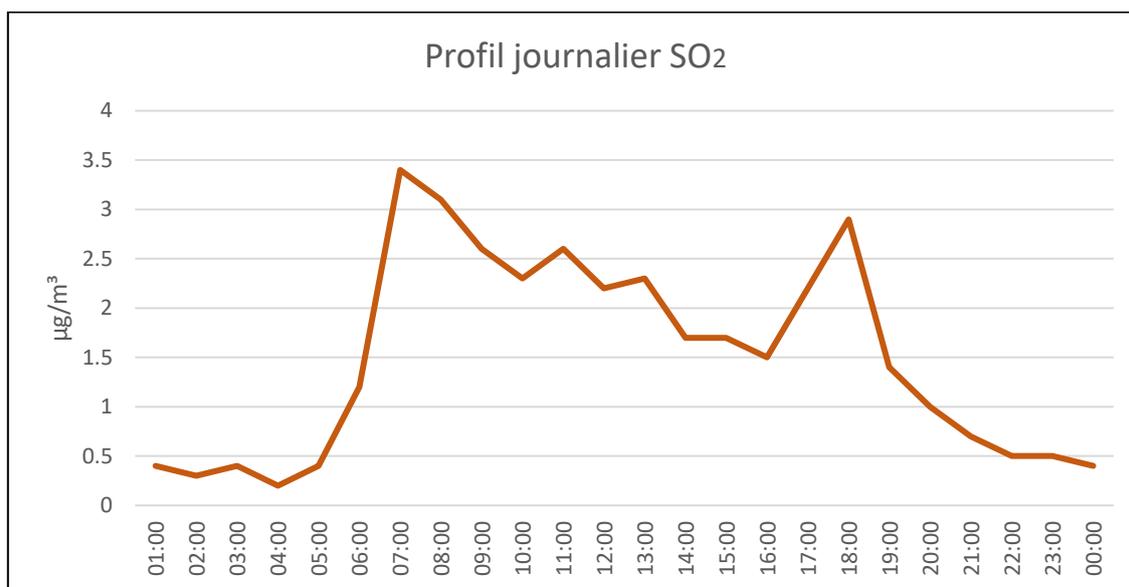


Figure 36 : Profil journalier SO₂ sur l'ensemble de la campagne
Source : Qualitair Corse

Observations :

La figure n°35, nous permet d'identifier le 04/08/2017 comme le jour où la concentration journalière enregistrée est la maximale, avec une valeur égale à $6.10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De plus, une étude précise de l'orientation et de la vitesse des vents nous permet de dégager quelques tendances. Il est important de noter que les orientations des vents mentionnés sur le graphique correspondent à la moyenne des vents journaliers sur les plages horaires de pointes du trafic maritime. Un premier constat, nous permet de dire que dans le cas d'un vent fort orienté Ouest, les concentrations en SO_2 sont faibles, voir nulles. Dans cette configuration, illustrée en date du 29/06/2017, 24/07/2017 et du 02/09/2017, les polluants sont dispersés vers la mer. Ensuite, dans le cas d'un vent orienté Est : si celui-ci est modéré, les concentrations en SO_2 sont maximales (05/07/2017, 04/08/2017, 28/08/2017). Par contre, si ce vent est fort, les concentrations en SO_2 restent modérées et lorsque de ce vent orienté Est faiblit, les concentrations augmentent significativement (12/07/2017 au 14/07/2017). Pour information, les concentrations en SO_2 , diminuent à nouveau en date du 15/07/2017, car un régime de vent du Nord s'installe.

Au niveau de la moyenne des concentrations en SO_2 sur la période d'étude ($1.92 \mu\text{g}/\text{m}^3$), celle-ci respecte très nettement le seuil réglementaire en vigueur par rapport à la protection de la santé humaine. Enfin, le profil journalier des concentrations en SO_2 présenté ci-dessus, nous permet de visualiser deux plages horaires représentant les heures de pointes, à savoir 7h00/9h00 et 17h00/18h00. Ces augmentations de concentrations peuvent être imputées directement au trafic maritime.

Dans le but de valider cette précédente hypothèse, Qualitair Corse a effectué une représentation graphique pour tenter d'établir une corrélation entre le trafic maritime et les émissions de SO_2 (ainsi qu'avec la teneur en SO_4 des particules très fines). Cette relation est bien visible sur la figure suivante.

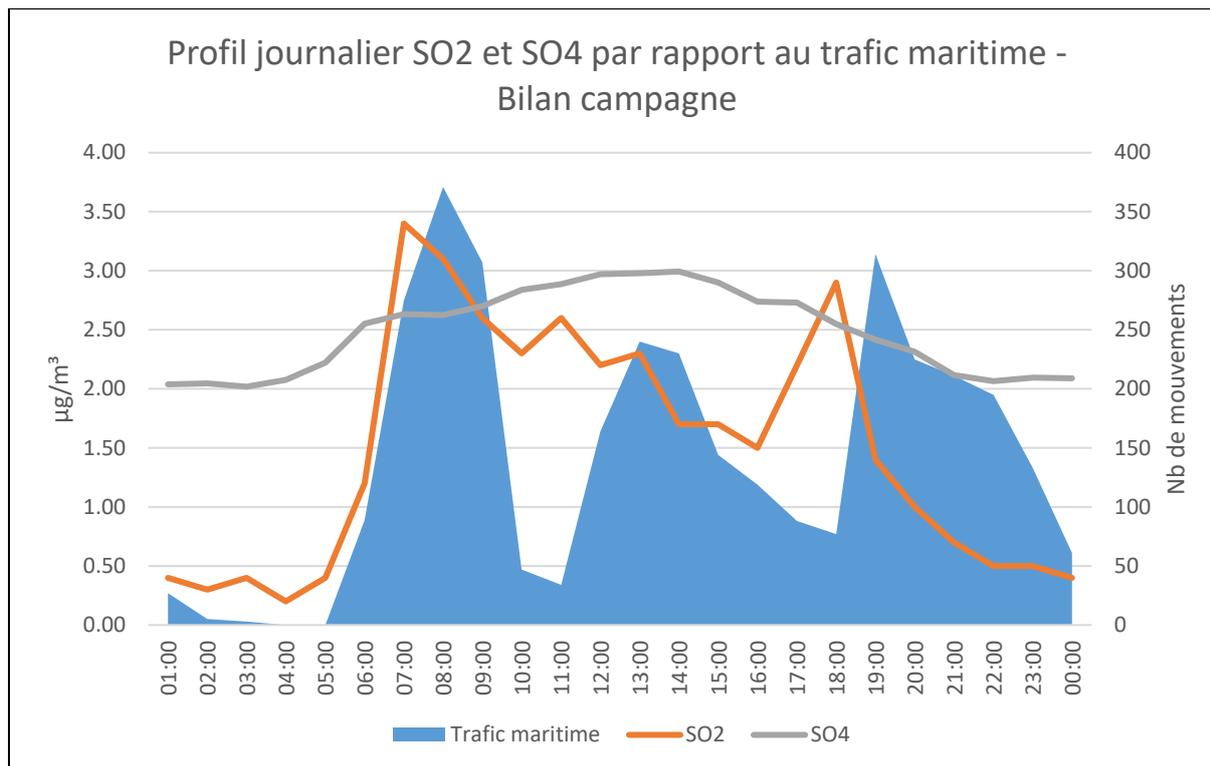


Figure 37 : Profil journalier moyen sur la campagne du SO₂ et SO₄, par rapport au trafic maritime
Source : Qualitair Corse

On constate une corrélation marquée aux heures de pointe du trafic maritime. En effet, l'augmentation du nombre de mouvements (arrivée et départ de navires) entraîne une augmentation prononcée des concentrations en SO₂. Ces émissions de SO₂ influencent de manière progressive les concentrations en SO₄ dans les particules PM₀₁.

Pour rappel, la durée de vie des particules dans l'atmosphère est plus longue que pour les composés gazeux. De ce fait, y compris la nuit, on mesure du SO₄ dans les particules fines même si c'est pendant la journée, lorsque le site de mesures est impacté par les émissions portuaires, que les seuils maxima sont enregistrés.

Enfin, Qualitair Corse a effectué une comparaison des concentrations mensuelles en SO_2 du Fango avec une des stations du réseau fixe de surveillance : la station de Giraud. Pour information, cette station est localisée à environ 500 mètres au Sud de la station d'observation du Fango.

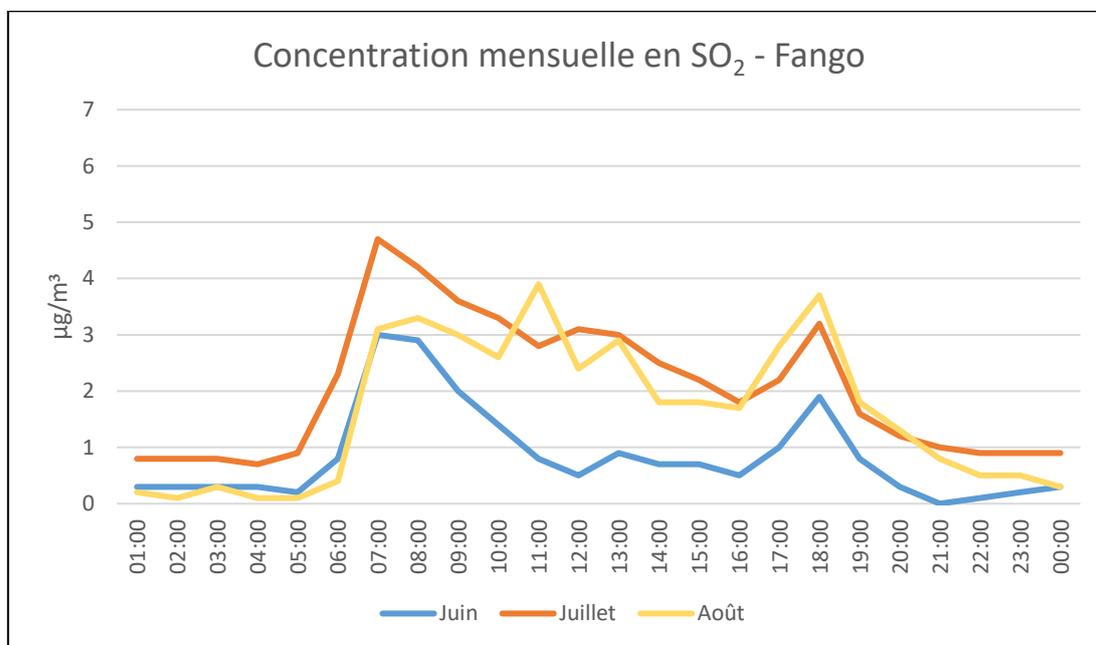


Figure 38 : Concentration mensuelle en SO_2 - Station du Fango
Source : Qualitair Corse

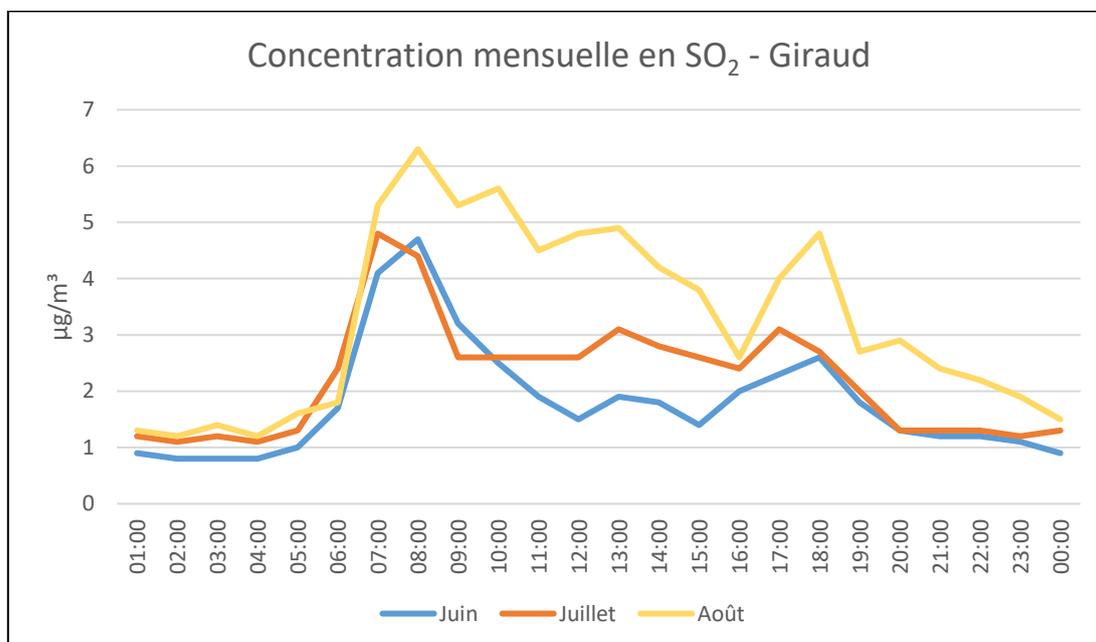


Figure 39 : Concentration mensuelle en SO_2 - Station de Giraud
Source : Qualitair Corse

- Observation :

Les figures n°38 et n°39 montrent des profils similaires pour les concentrations en SO₂ pour les deux sites. Cela confirme que les émissions portuaires impactent l'ensemble du centre-ville de Bastia et pas seulement les zones de proximité portuaire ou la vallée du Fango. Ceci est valable pour le dioxyde de soufre comme pour l'ensemble des polluants atmosphériques issus des cheminées des navires y compris les particules fines.

A noter tout de même que si les tendances sont similaires sur les deux sites, on observe tout de même des différences de concentrations selon le mois observés. A titre d'exemple, les niveaux ont été supérieurs sur le site de Giraud au mois d'août. Pour autant cela ne signifie pas que tous les polluants ont la même évolution sur les deux sites, le comportement et la durée de vie dans l'atmosphère étant nettement différents entre les composés gazeux et les particules.

Quoiqu'il en soit, le site de Giraud de typologie urbaine est également impacté par les émissions maritimes et les niveaux mesurés sur ce site sont bien représentatifs des concentrations de fond urbaines de la ville de Bastia.

2.7 LES OXYDES D'AZOTE

L'analyseur d'oxydes d'azotes mesure trois paramètres : le monoxyde d'azote (composé émis directement par la combustion), le dioxyde d'azote (composé issu de l'oxydation du NO) et les oxydes d'azote (ensemble des composés azotés présents dans l'air issu de la combustion). Les éléments ci-dessous présentent le bilan de ces composés pendant la campagne.

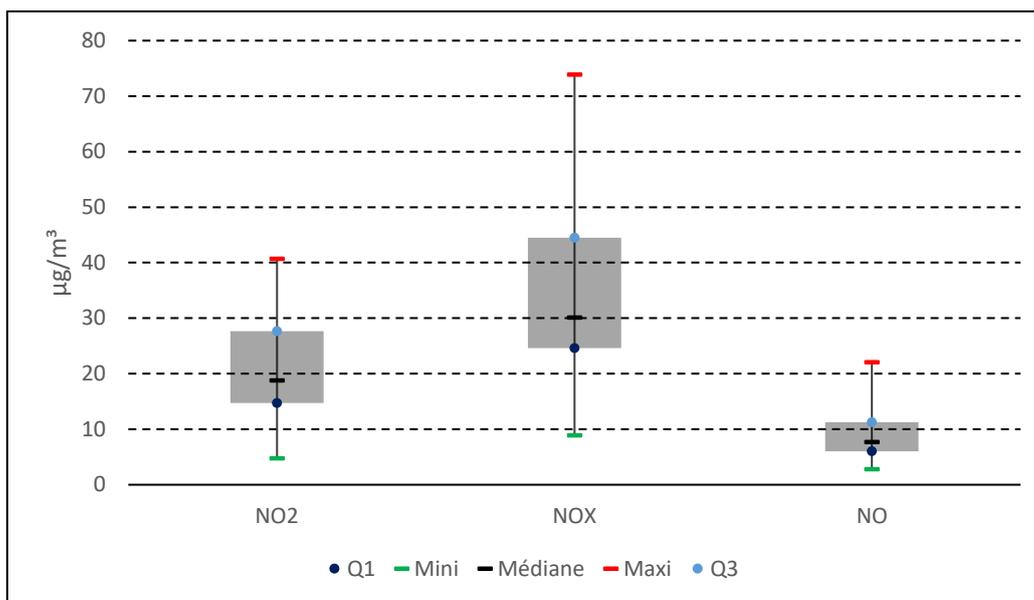


Figure 40 : Représentation graphique des données statistiques issues des concentrations en NO₂/NO_x/NO sur la campagne
Source : Qualitair Corse

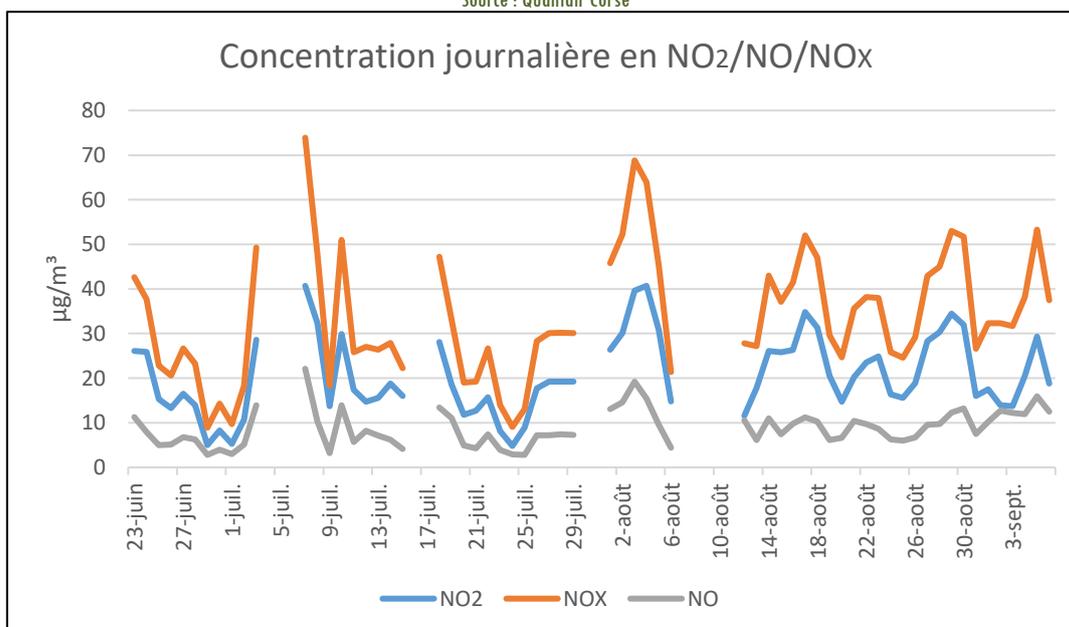
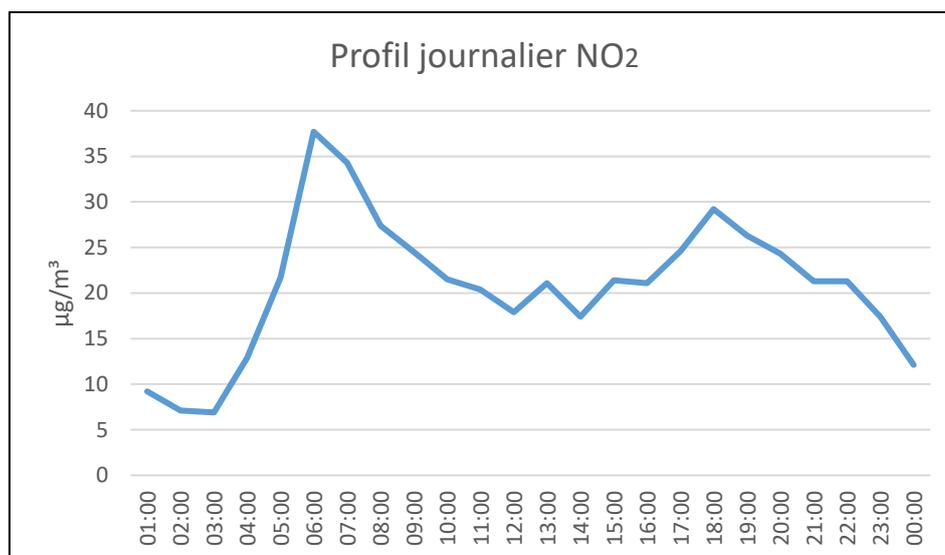


Figure 41 : Concentration journalière en NO₂/NO_x/NO
Source : Qualitair Corse

Tableau 14 : Données statistiques comparables aux valeurs réglementaires pour les concentrations observées en NO₂/NO_x/NO

Polluant atmosphérique	Moyenne journalière (µg/m ³)	Maximum horaire (µg/m ³)	Nombre de jours de dépassements (j)
NO ₂	20.6	102.8	0
NO _x	33.7	275	-
NO	8.8	117.6	-
Normes pour le NO ₂	40 µg/m ³	200 µg/m ³	18 jours

Source : Qualitair Corse

Figure 42 : Profil journalier NO₂ sur l'ensemble de la campagne

Source : Qualitair Corse

Observations :

Les oxydes d'azote sont des traceurs de la combustion des produits pétroliers. Sur le site du Fango, les niveaux en NO_x sont influencés par le transport maritime et ferroviaire mais également en grande partie par le transport routier, la station de mesure étant située à proximité d'un axe très fréquenté du centre-ville. A noter que seul le NO₂ est réglementé concernant l'impact sur la santé humaine.

La moyenne des concentrations en NO₂, égale à 20.6 µg/m³, respecte le seuil réglementaire en vigueur. Le profil journalier des concentrations, présenté sur la figure n°42, permet d'identifier clairement les heures de la journée où le trafic routier est à son apogée (6h00/9h00 et

17h00/19h00). Cependant, il n'est pas à exclure le fait que le trafic maritime participe activement à la formation de ces pics de concentrations, car les heures de pointes portuaires sont comprises également sur ces précédentes plages horaires.

L'impact du port sur les mesures effectuées à la station du Fango est confirmé par l'indicateur défini par le rapport NO_2/NO_x . Sur le site du Fango, le rapport NO_2/NO_x est égal à 0,6 alors que sur un site trafic classique du réseau de Qualitair Corse, ce rapport est proche des 0,5. Pour les sites urbains, ce rapport est de 0,75. Cela signifie que les valeurs en oxydes d'azotes mesurés sur ce site sont influencées par une source de proximité (trafic routier) mais également par une source plus éloignée (émissions portuaires).

2.8 Les Hydrocarbures Aromatiques polycycliques (HAP)

Dans le but de mesurer les concentrations en HAP lors de cette campagne d'étude, Qualitair Corse a fait le choix de réaliser des analyses complémentaires sur les filtres gravimétriques (leckel) du 03/07/2017 au 10/07/2017 et du 24/07/2017 au 31/07/2017. Au total, pas de moins 16 HAP ont été recherchés et, dans la mesure du possible, quantifiés par des protocoles certifiés⁹. Le tableau suivant présente les résultats obtenus.

Tableau 15 : Concentrations moyennes en HAP sur la campagne d'étude

HAP	Concentrations (ng/m ³)
Naphtalene	₁₀
Acenaphtene	-
Fluorene	-
Phenanthrene	0.10
Anthracene	-
Fluoranthene	0.12
Pyrene	0.27
Benzo(a)anthracene	0.07
Chrysene	0.09
Benzo(e)pyrene	-
Benzo(b)fluoranthene	0.35
Benzo(k)fluoranthene	-
Benzo(a)pyrene	0.09 [Norme / 1ng/m ³]
Didenzo(ah)anthracene	-
Benzo(ghi)perylene	0.09
Indeno(123cd)pyrene	0.09

Source : Qualitair Corse

Seul le Benzo(a)pyrène est réglementé et possède une valeur cible. A ce jour, les mesures effectuées entre 2013 et 2015 dans les quartiers sud de Bastia donnent une moyenne de 0,03 ng/m³. Sur le site du Fango, la valeur est de 0.09 ng/m³, soit 3 fois plus élevée que sur le site de Montesoro mais très en dessous de la norme.

⁹ NF EN 15549

¹⁰ Concentrations inférieures aux limites de détection et de quantification

2.9 MÉTAUX LOURDS (ML)

Avec l'objectif de détecter l'éventuelle présence de métaux lourds dans l'air ambiant, Qualitair Corse a réalisé des analyses complémentaires sur les filtres gravimétriques présents sur site entre le 03/07/2017 au 10/07/2017 et le 24/07/2017 au 31/07/2017.

Sur les quatre ML recherchés (Pb, As, Cd, Ni), seul le plomb ne présente pas des concentrations inférieures aux limites de détection et de quantification. Pour information, le tableau suivant présente ces précédentes valeurs par polluant.

Tableau 16 : Conditions de quantification et de détection ML

Polluants	LQ : Limite de Quantification (ng/filtre)	LD : Limite de Détection (ng/filtre)
As, Cd, Pb	25	8
Ni	125	38

Source : NF EN 14902

Concernant le plomb, la concentration moyenne obtenue sur la période d'étude (14 jours) est égale à 0.01 ng/m³. Même s'il est impossible de calculer une estimation de la concentration moyenne annuelle¹¹ pour ce polluant, il est clair que la valeur réglementaire en air ambiant (0.5 µg/m³ en moyenne annuelle) est respectée au niveau la station du Fango.

¹¹ Conditions réglementaires pour réaliser une estimation de concentration moyenne annuelle : campagne d'étude représentant au minimum 14% de l'année, sur deux saisons différentes au minimum.

3 CONCLUSION

Les émissions polluantes issues de l'activité portuaire insulaire reviennent régulièrement sur le devant de la scène, et ce depuis plusieurs années. Ceci représente une problématique complexe, mais désormais incontournable en termes d'environnement et de santé publique. Depuis 2006, des actions de surveillance de la qualité de l'air à proximité des ports insulaires sont mises en œuvre par Qualitair Corse. Au cours des deux dernières années, la surveillance a été renforcée avec, notamment, la mise en place de campagnes de mesures spécifiques et le déploiement d'une instrumentation de pointe. En 2017, ce déploiement s'est traduit par l'analyse de plusieurs paramètres dans le but de confirmer l'impact portuaire au niveau du site du Fango mis à disposition par la Communauté d'Agglomération de Bastia.

Le port de Bastia est le premier port français de méditerranée en nombre de passagers et le premier port de Corse pour le fret. Pendant la campagne 2017, qui s'est déroulée de mai à septembre, plus de 3 000 rotations de navires ont été enregistrées au port de Bastia. 60 % de ces navires sont restés moins de deux heures à quai. De fait, ces derniers fonctionnaient toujours au fioul lourd à forte teneur en soufre ; et ce conformément à la réglementation actuelle. De plus, pendant les phases de manœuvres, lorsque la consommation, et donc les émissions, sont maximales, 100 % des navires utilisent du fioul lourd. L'étude des rotations mises à disposition par la CCI2B a montré que la fréquentation du port était hétérogène. Ces éléments montrent que le pic du trafic maritime est enregistré en fin de semaine (vendredi et samedi) et que pendant la journée, les tranches horaires de fréquentation se situent de 6h à 9h, de 11h à 16h et de 18h à 23h.

L'étude de l'aérodologie locale montre deux directions prioritaires : vers l'Est, c'est-à-dire vers la mer ou vers l'Ouest, c'est-à-dire vers le centre-ville. La brise de mer qui renvoie les panaches vers la ville est essentiellement observée en fin de matinée jusqu'en début de soirée.

Concernant les polluants atmosphériques, l'Inventaire Régional Spatialisé des émissions polluantes de Qualitair Corse montre une part importante du secteur maritime dans les émissions. Cela ne signifie pas pour autant que ce pourcentage est identique dans la concentration de l'air respiré au niveau du sol. L'aérodologie, la dispersion due aux cheminées, la puissance des moteurs, la localisation à quai, etc. sont autant d'éléments qui définissent l'impact d'un navire sur la qualité de l'air de la ville.

Concernant l'impact sur la santé, tous les polluants réglementaires ont été investigués dans le cadre de cette étude. Un travail très important a notamment été mené sur la caractérisation des particules, c'est-à-dire sur la taille et la composition chimique de celles-ci. D'un point de vue réglementaire, aucune norme sanitaire européenne n'a été dépassée sur Bastia. Pour autant, concernant spécifiquement les particules, la communauté médicale internationale s'accorde à dire que la présence de particules fines (tout particulièrement issues de la combustion de produits pétroliers) joue un rôle important sur la santé, et cela, même à de faibles concentrations.

L'analyse des données collectées par l'instrumentation dédiée au suivi des particules fines a permis de faire plusieurs observations :

- Aucun dépassement des seuils européens pour les composés réglementés (Particules fines PM_{10} et $PM_{2.5}$, ainsi que pour les Métaux lourds et les HAP),
- Les maxima sont enregistrés en milieu de semaine et les minima en week-end,
- Dans la journée, le pic des PM_{10} est enregistré entre 8h et 10h pendant l'heure de pointe principale du trafic routier. Il n'y a pas d'augmentation significative des niveaux entre 11h et 16h lorsque le vent est orienté vers la ville et que la fréquentation du port est importante,
- Sur les particules inhalées (inférieures à 10 microns), près de 40 % sont des particules très fines PM_{01} , dont au moins 30 % sont d'origine maritime directe ou indirecte (transformation des composés gazeux en particules).

En conclusion, aucun dépassement de normes sanitaires pour les particules ou les gaz polluants, mais des niveaux non-négligeables. Un apport notable du secteur maritime de l'ordre de 30 % concernant les particules pendant la période estivale.

Suite à cette étude, il est nécessaire de continuer à développer notre connaissance sur cette problématique. Pour cela, Qualitair Corse va lancer une campagne complémentaire à proximité du port d'Ajaccio dès le printemps 2018. L'ensemble des données (Bastia 2017 et Ajaccio 2018) seront mises en commun avec l'observatoire de la région PACA et seront exploités dans le cadre d'une thèse. D'autres travaux seront également programmés, dans les prochains mois, afin de réaliser des modélisations cartographiques de propagation de la pollution atmosphérique visant à mieux comprendre la dispersion des polluants au niveau des centres-villes.

4 ANNEXES

Annexe 1 Descriptif du matériel de mesures

Annexe 2 Rapport d'analyse des mesures par prélèvements actifs des particules en
suspension

Annexe 3 Rapport d'analyse des mesures par prélèvements actifs Btex



4.1 ANNEXE 1 : DESCRIPTIF DU MATÉRIEL DE MESURES

- **FIDAS** : Le FIDAS est un granulomètre optique de très haute résolution permettant de classifier en continu la distribution en taille des particules fines. Cet appareil mesure en temps réel les fractions conventionnelles : PM₁₀, PM₄, PM_{2,5}, PM₁ et PM_{totale}.

Son principe de fonctionnement repose sur l'analyse de l'interaction des particules avec une source lumineuse polychromatique. La taille des particules est déterminée en mesurant l'intensité de la lumière diffusée par les particules, sur la base de la théorie de Mie. La concentration des particules est déterminée en µg/m³, par classe de taille, en mesurant leur fréquence de détection dans la chambre de mesure. Cette concentration est obtenue grâce à l'utilisation d'un algorithme de conversion qui opère le calcul en faisant des hypothèses, par classe de taille (compteur optique), sur les paramètres physiques des particules tels que : leur indice de réfraction, leur densité ou encore leur morphologie.



- **TEOM 1405** : Le TEOM¹² 1405 a été conçu pour la mesure en temps réel des poussières en suspension dans l'air (PM₁₀, PM_{2,5}, PM₁ et PM_{totale}). Cet appareil est complété lors du prélèvement et de l'analyse par un module FDMS.

¹² Tapered Element Oscillating Microbalance (Microbalance à Élément Conique Oscillant)



Le cœur du TEOM 1405 est une microbalance inertielle utilisant un élément conique. Ce dernier, fixe à sa base et portant sur sa partie effilée le filtre de collecte, oscille suivant ses caractéristiques physiques et le poids du filtre à sa fréquence naturelle de 200 Hz. L'air atmosphérique est aspiré par une pompe connectée à la base de la microbalance. Les particules en suspension dans l'air, retenues par le filtre, augmentent la masse du système oscillant. Ceci produit une décroissance de la fréquence naturelle de vibration. Cette variation de fréquence est mesurée en continu et convertie en variation de masse. La microbalance TEOM peut détecter des variations de masse aussi faibles que 10 nanogrammes.

Le FDMS est un dispositif permettant de mesurer en continu la perte de masse en cours d'échantillonnage du filtre de collection TEOM due à la volatilisation de poussières instables. Le fonctionnement nécessite un séchage des poussières (par membrane déshydratante type Nafion) en amont du filtre et de la microbalance afin d'éliminer l'eau liée aux particules. Par la suite, une mesure de la perte de masse due à la volatilisation de poussières instables est réalisée. Pour effectuer la mesure de perte de masse, l'analyseur arrête cycliquement de collecter les particules. Pendant cet arrêt, la variation de masse du filtre représente la volatilisation des poussières volatiles et semi volatiles présentes sur le filtre TEOM.

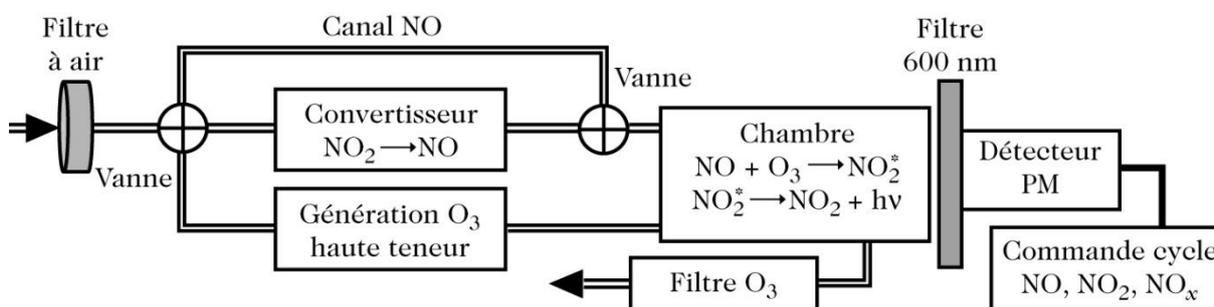
- **42i** : Cet appareil permet de calculer les concentrations d'un échantillon d'air ambiant en monoxyde d'azote (NO), dioxyde d'azote (NO₂) et des oxydes d'azotes (NO_x), grâce au principe de chimiluminescence.



La chimiluminescence est basée sur la réaction du NO avec l'ozone (O_3), selon la formule chimique : $NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2 + h\nu$. L'air ambiant, prélevé via un filtre et introduit à débit constant dans la chambre de réaction de l'analyseur. Là, il est mélangé avec un excédent d' O_3 pour déterminer la part de NO. Le rayonnement émis ($h\nu$ /chimiluminescence) est proportionnel au nombre de molécules de NO dans le volume de détection, et donc proportionnel à la concentration en NO. Ce rayonnement est filtré par un filtre optique sélectif, puis converti en un signal électrique par un tube photomultiplicateur.

Pour la détermination du NO_2 , l'air prélevé est introduit dans un convertisseur qui réduit le NO_2 et NO_x en NO. L'analyse repose sur la méthode précédemment décrite. Le signal électrique ainsi obtenu à partir du tube photomultiplicateur est proportionnel à la somme des concentrations en NO_2 et NO_x en NO. La quantité de NO_2 et NO_x est calculée à partir de la différence entre cette concentration et celle obtenue pour le NO uniquement (lorsque l'air prélevé n'a pas traversé le convertisseur). Enfin, les résultats finaux NO, NO_2 et NO_x sont rapportés en $\mu g/m^3$ à l'aide des facteurs de conversion normalisés.

La figure suivante permet de synthétiser les différentes étapes du protocole d'analyse, au sein de l'analyseur 42i.



- **43i** : Ce modèle d'analyseur, visible ci-dessous, permet de calculer la concentration en dioxyde de soufre (SO_2) présent dans l'air ambiant.

Une source UV émet une radiation pulsée qui traverse un ensemble de filtres passe-bande et une lentille optique relais avant d'atteindre la chambre de réaction (ou chambre à fluorescence). Là, sous l'action de cette radiation UV, les molécules de SO_2 présentes dans l'échantillon aspiré sont excitées à un état d'énergie supérieur ($SO_2 + h\nu \rightarrow SO_2^*$). Par la suite, en reprenant leur niveau d'énergie stable, ces molécules émettent une radiation caractéristique. Un second filtre permet à cette radiation d'être dirigée vers le photomultiplicateur, qui la convertit en signal électrique. Ce signal est alors filtré par les filtres

passer-bande dans le but de minimiser la dégradation photochimique et la dispersion de la radiation. Ce dispositif confère à l'analyseur 43i une excellente sensibilité et sélectivité, et permet d'optimiser le résultat.



- **ACSM** : L'ACSM (Aerosol Chemical Speciation Monitor¹³) est un spectromètre de masse aérosol qui permet de mieux connaître la composition chimique des particules fines en temps réel. Cet acquis d'information, réalisable uniquement sur les PM₀₁ non-réfractaires, permet par la suite de définir leurs sources d'émissions. Dans notre cas, différenciation entre émission du trafic routier et émission du trafic maritime.

Le principe de fonctionnement repose sur le fait de vaporiser les particules fines prélevées à 600°C, puis de les ioniser. Ces ions sont ainsi analysés par spectrométrie de masse, ce qui permet de les associer à des espèces chimiques. C'est ainsi que l'ACSM parvient à déterminer la composition chimique des particules analysées, et de ce fait leurs origines.

- **Leckel** : Le Leckel permet de quantifier les particules d'un diamètre aérodynamique inférieur à 10 µm (PM₁₀) ou à 2.5 µm (PM_{2.5}). Cet appareil est un préleveur qui récupère les particules fines (dans le cadre de l'étude les PM₁₀) sur des filtres qui sont ensuite analysés. Dans le cadre de ces analyses en laboratoires, sont recherchés les HAP

¹³ Moniteur de spécification chimique dans le domaine de la qualité de l'air

(Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) et les métaux lourds qui composent les particules.

L'air ambiant échantillonné par prélèvement actif, traverse un filtre en téflon qui retient les particules, pendant une durée de 24 heures. Une fois ce délai écoulé, un nouveau filtre se positionne automatiquement au sein du circuit d'air, une nouvelle fois pour une durée de 24 heures. Par la suite, ces filtres sont analysés par gravimétrie¹⁴, c'est-à-dire pesée des filtres avant et après exposition pour déterminer la quantité de particules adsorbées sur les filtres. Ensuite, un simple croisement de ces données avec les volumes d'air exacts prélevés par l'appareil permettra un calcul de la concentration en particules en suspension en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Suite à cela, il est possible d'effectuer des analyses complémentaires sur ces mêmes filtres afin de déterminer les concentrations en HAP¹⁵ et en Métaux Lourds.



¹⁴ Méthode de référence pour la mesure des concentrations en PM_{10} dans l'air ambiant.

¹⁵ Hydrocarbure Aromatique polycyclique

4.2 ANNEXE 2 : RAPPORT D'ANALYSE DES MESURES PAR PRÉLÈVEMENTS ACTIFS DES PARTICULES EN SUSPENSION



AIR PACA site de Martigues
Route de la Vierge
13500 MARTIGUES
Tél.: 04 42 13 01 20
Fax: 04 42 13 01 29

Rapport d'essai N° RE 2017 - 005

Délivré à **QUALITAIR CORSE**
Lieu-dit « Lergie » - RN 200
20250 CORTE

LE RESPONSABLE DU LABORATOIRE : Le 25-09-2017
Frédéric MARTY



1. Objets soumis à l'essai

Type de filtres	N° de filtres
PALL ZEFLUOR taille de pores 2 µm / diamètre 47 mm	1 à 83. Les masses collectées sur les filtres 1, 2 et 42 à 45 ne sont pas renseignées car ces derniers étaient absents des lots de filtres retournés au laboratoire.

2. Méthode de mesure

Les pesées ont été réalisées selon la NF EN 12341 : « Air ambient – Méthode normalisée de mesurage gravimétrique pour la détermination de la concentration massique MP10 ou MP2,5 de matière particulaire en suspension ».

3. Conditions ambiantes du laboratoire

Les conditions ambiantes du laboratoire durant l'exposition et la pesée des filtres relevées étaient comprise entre :

- 19 °C et 21 °C
- 45 % HR et 50 % HR

4. Matériels utilisée

Balance	Poids étalons		Témoin laboratoire
METTLER TOLEDO XP6 n° B336748871	Poids E2 de 100 mg n° W24	Poids E2 de 200 mg n° W25	Filtre téflon n° 3

5. Déroulement des pesées

Avant prélèvement			
Date exposition des filtres dans le laboratoire	Date pesées n° 1	Date pesées n° 2	
Filtres 1 à 31 : 9/05/2017	Filtres 1 à 31 : 11/05/2017	Filtres 1 à 31 : 12/05/2017	
Filtres 32 à 63 : 22/05/2017	Filtres 32 à 63 : 24/05/2017	Filtres 32 à 63 : 26/05/2017	
Filtres 64 à 83 : 10/07/2017	Filtres 64 à 83 : 12/07/2017	Filtres 64 à 83 : 13/07/2017	
Après prélèvement			
Date arrivée des filtres au laboratoire	Date exposition des filtres dans le laboratoire	Date pesées n° 3	Date pesées n° 4
Filtres 3 à 19 : 17/07/2017	Filtres 3 à 19 : 17/07/2017	Filtres 3 à 19 : 19/07/2017	Filtres 3 à 19 : 20/07/2017
Filtres 20 à 40 : 9/08/2017	Filtres 20 à 40 : 11/08/2017	Filtres 20 à 40 : 16/08/2017	Filtres 20 à 40 : 17/08/2017
Filtres 46 à 83 : 12/09/2017	Filtres 46 à 83 : 12/09/2017	Filtres 46 à 83 : 14/09/2017	Filtres 46 à 83 : 15/09/2017

6. Résultats

N° de filtre	Masse collectée en µg	N° de filtre	Masse collectée en µg	N° de filtre	Masse collectée en µg	N° de filtre	Masse collectée en µg
3	1020	26	602	53	1001	76	1338
4	1020	27	983	54	1209	77	834
5	1200	28	1702	55	1012	78	1358
6	1280	29	2549	56	1036	79	960
7	1549	30	1192	57	606	80	736
8	2281	31	1392	58	480	81	680
9	830	32	1653	59	630	82	844
10	778	33	1794	60	595	83	659
11	758	34	2431	61	705		
12	620	35	1644	62	934		
13	796	36	1331	63	1204		
14	1133	37	1197	64	1231		
15	1074	38	1284	65	1073		
16	950	39	1080	66	556		
17	947	40	169	67	656		
18	792	41	1583	68	712		
19	821	46	1002	69	794		
20	1348	47	1020	70	872		
21	1290	48	1624	71	770		
22	1243	49	1653	72	776		
23	1108	50	1577	73	946		
24	1244	51	1384	74	1305		
25	986	52	1228	75	1352		

Traçabilité

Nom de l'opérateur	Mathieu PERFETTI
Identification interne de la tâche au sein du laboratoire	Tâche n° T10428

7. Incertitudes

Les incertitudes associées aux résultats de pesées respectent l'exigence de la norme NF EN 12341.

Pour un prélèvement effectué durant 24 h à un débit de 2,3 m³/h :

L'incertitude élargie sur la masse collectée est de 116 µg (k=2).

Dans ces conditions de prélèvement, l'incertitude relative élargie sur la masse collectée serait de 4,2 % (k=2) au niveau de la valeur limite journalière de 50 µg/m³ fixée pour les PM10.

La contribution la plus influente de l'incertitude est celle liée à la variation de masse de la matière particulaire due à la teneur en eau durant le prélèvement. Cette composante est liée aux conditions de prélèvement et ne peut être maîtrisée par le laboratoire de gravimétrie d'Air PACA.

FIN DU RAPPORT D'ESSAI

4.3 Rapport d'analyse des mesures par prélèvements actifs Btex



4, rue de Bert-le-Orgues
ZAC de Grimoir / BP 40 010
57 070 SAINT JULIEN-LES-METZ
Téléphone : 03 87.50.60.70
Télécopie : 03 87.50.81.31
contact@mp-tech.net
www.mp-tech.net

RAPPORT D'ANALYSES OAMH001_HAA_R1

QUALITAIR CORSE
Monsieur Nicolas BERNARDI
Lieu dit "Lergie"- RN20-

20250 - CORTE

Vos références : 517 du 11/07/2017

Echantillon reçu le : 25/07/2017

Analyse effectuée le : 02/08/2017

Norme : Méthode interne Mop C-4/42 selon NF EN 15549

Technique : HPLC_DAD_FLD

- Matrice : Air ambiant - filtre
- Nature du support : (Non communiqué)

Date	Description	Validé par
04/08/2017	Rapport final	Marjorie FRANCOIS 



Responsable d'analyse
L'accréditation de la section Essais du COFRAC atteste de la compétence du laboratoire pour les seules analyses couvertes par l'accréditation et identifiées par un astérisque (*).
En C-10_78 - V5 - 23/06/17

MicroPolluants Technologie SA

1 sur 8 Pages

OAMH001_HAA_R1



Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air en Corse
Lieu dit Lergie – RN 200 – 20250 Corte
Tél : 04 95 34 22 90 – Fax : 04 95 34 25 69
<http://www.qualitaircorse.org> – e-mail : info@qualitaircorse.org

Référence externe : filtre 13
Référence interne : OAMG001

Congénères	Concentration (ng/échantillon)
Volume injecté (µL)	30
Naphthalene [±]	<20
Acenaphthene [±]	<2
Fluorene [±]	<2
Phenanthrene [±]	<2
Anthracene [±]	<2
Fluoranthene [±]	<2
Pyrene [±]	<10
Benzo(a)anthracene [±]	<2
Chrysene [±]	2
Benzo(e)pyrene [±]	<2
Benzo(b)fluoranthene [±]	<2
Benzo(k)fluoranthene [±]	<2
Benzo(a)pyrene [±]	<2
Dibenzo(ah)anthracene [±]	<2
Benzo(ghi)perylene [±]	<2
Indeno(123cd)pyrene [±]	<2

Référence externe : filtre 14
Référence interne : OAMG002

Volume injecté (µL)	30
Congénères	Concentration (ng/échantillon)
Naphtalène [±]	<20
Acénaphthène [±]	<2
Fluorene [±]	<2
Phénanthrène [±]	<2
Anthracène [±]	<2
Fluoranthène [±]	<2
Pyrene [±]	<10
Benzo(a)anthracène [±]	<2
Chrysène [±]	2.8
Benzo(e)pyrene [±]	<2
Benzo(b)fluoranthène [±]	<2
Benzo(k)fluoranthène [±]	<2
Benzo(a)pyrene [±]	<2
Dibenzo(ah)anthracène [±]	<2
Benzo(ghi)perylene [±]	<2
Indeno(123cd)pyrene [±]	<2

Référence externe : filtre 15
Référence interne : OAMG003

Volume injecté (µL)	30
Congénères	Concentration (ng/échantillon)
Naphtalene [±]	<20
Acenaphthene [±]	<2
Fluorene [±]	<2
Phenanthrene [±]	<2
Anthracene [±]	<2
Fluoranthene [±]	<2
Pyrene [±]	<10
Benzo(a)anthracene [±]	<2
Chrysene [±]	<2
Benzo(e)pyrene [±]	<2
Benzo(b)fluoranthene [±]	<2
Benzo(k)fluoranthene [±]	<2
Benzo(a)pyrene [±]	<2
Dibenzo(ah)anthracene [±]	<2
Benzo(ghi)perylene [±]	<2
Indeno(123cd)pyrene [±]	<2

Référence externe : filtre 16
Référence interne : OAMG004

Volume injecté (µL)	30
Congénères	Concentration (ng/échantillon)
Naphtalene [±]	<20
Acenaphtene [±]	<2
Fluorene [±]	<2
Phenanthrene [±]	<2
Anthracene [±]	<2
Fluoranthene [±]	16.8
Pyrene [±]	15
Benzo(a)anthracene [±]	4.6
Chrysene [±]	13
Benzo(e)pyrene [±]	<2
Benzo(b)fluoranthene [±]	<2
Benzo(k)fluoranthene [±]	<2
Benzo(a)pyrene [±]	<2
Dibenzo(ah)anthracene [±]	<2
Benzo(ghi)perylene [±]	<2
Indeno(123cd)pyrene [±]	<2

Référence externe : filtre 17
Référence interne : OAMG005

Volume injecté (µL)	30
Congénères	Concentration (ng/échantillon)
Naphtalène [±]	<20
Acenaphthène [±]	<2
Fluorene [±]	<2
Phenanthrene [±]	<2
Anthracene [±]	<2
Fluoranthene [±]	<2
Pyrene [±]	<10
Benzo(a)anthracene [±]	<2
Chrysene [±]	2.8
Benzo(e)pyrene [±]	<2
Benzo(b)fluoranthene [±]	<2
Benzo(k)fluoranthene [±]	<2
Benzo(a)pyrene [±]	<2
Dibenzo(ah)anthracene [±]	<2
Benzo(ghi)perylene [±]	<2
Indeno(123cd)pyrene [±]	<2

Référence externe : filtre 18
Référence interne : OAMG006

Congénères	Concentration (ng/échantillon)
Volume injecté (µL)	30
Naphtalene [±]	<20
Acenaphtene [±]	<2
Fluorene [±]	<2
Phenanthrene [±]	<2
Anthracene [±]	<2
Fluoranthene [±]	<2
Pyrene [±]	<10
Benzo(a)anthracene [±]	<2
Chrysene [±]	2.6
Benzo(e)pyrene [±]	<2
Benzo(b)fluoranthene [±]	<2
Benzo(k)fluoranthene [±]	<2
Benzo(a)pyrene [±]	<2
Dibenzo(ah)anthracene [±]	<2
Benzo(ghi)perylene [±]	<2
Indeno(123cd)pyrene [±]	<2

Référence externe : filtre 19
Référence interne : OAMG007

Congénères	Concentration (ng/échantillon)
Volume injecté (µL)	30
Naphtalene [±]	<20
Acenaphtene [±]	<2
Fluorene [±]	<2
Phenanthrene [±]	<2
Anthracene [±]	<2
Fluoranthene [±]	<2
Pyrene [±]	<10
Benzo(a)anthracene [±]	<2
Chrysene [±]	2
Benzo(e)pyrene [±]	<2
Benzo(b)fluoranthene [±]	<2
Benzo(k)fluoranthene [±]	<2
Benzo(a)pyrene [±]	<2
Dibenzo(ah)anthracene [±]	<2
Benzo(ghi)perylene [±]	<2
Indeno(123cd)pyrene [±]	<2

Légende: < Valeur (caractère simple): valeur inférieure à la limite de quantification

Les incertitudes associées aux résultats quantitatifs sont disponibles auprès du laboratoire.



4, rue de Bort-les-Orgues
ZAC de Grumont / BP 40 010
57 070 SAINT JULIEN-LES-METZ
Téléphone : 03 87.50.60.70
Télécopie : 03 87.50.61.31
contact@imp-tech.net
www.imp-tech.net

RAPPORT D'ANALYSES OAMI003_HAA_R1

QUALITAIR CORSE

Monsieur Nicolas BERNARDI

Lieu dit "Lergie"- RN20-

20250 - CORSE

Vos références : N°525 du 07/08/2017

Echantillon reçu le : 25/08/2017

Analyse effectuée le : 28/08/2017

Norme : Méthode interne Mop C-4/42 selon NF EN 15549

Technique : HPLC_DAD_FLD

- Matrice Air ambiant - filtre
- Nature du support : (Non communiqué)
- Présence de filtre vierge de laboratoire : (Non communiqué)
- Présence de filtre vierge de terrain : (Non communiqué)

Date	Description	Validé par
04/09/2017	Rapport final	Valérie FAIVRE 



Responsable d'analyse
L'accréditation de la section Essais du COFRAC atteste de la compétence du laboratoire pour les seules analyses couvertes par l'accréditation et identifiées par un astérisque (*).
En C-10_78 - V5 - 23/06/17

Référence externe : Filtre n° 034
Référence interne : OAMH017

Congénères	Concentration (ng/échantillon)
Volume injecté (µL)	30
Phenanthrene [±]	7.8
Anthracene [±]	<2
Fluoranthene [±]	6.8
Pyrene [±]	<10
Benzo(a)anthracene [±]	4.8
Chrysene [±]	8.6
Benzo(b)fluoranthene [±]	31.4
Benzo(k)fluoranthene [±]	<2
Benzo(a)pyrene [±]	6.4
Dibenzo(ah)anthracene [±]	<2
Benzo(ghi)perylene [±]	<2
Indeno(123cd)pyrene [±]	4.8

Référence externe : Filtre n° 035
Référence interne : OAMH018

Congénères	Concentration (ng/échantillon)
Volume injecté (µL)	30
Phenanthrene [±]	3
Anthracene [±]	<2
Fluoranthene [±]	3.2
Pyrene [±]	<10
Benzo(a)anthracene [±]	2.8
Chrysene [±]	6.2
Benzo(b)fluoranthene [±]	26
Benzo(k)fluoranthene [±]	<2
Benzo(a)pyrene [±]	6.2
Dibenzo(ah)anthracene [±]	<2
Benzo(ghi)perylene [±]	6.8
Indeno(123cd)pyrene [±]	6.2

Référence externe : Filtre n° 036
Référence interne : OAMH019

Congénères	Concentration (ng/échantillon)
Volume injecté (µL)	30
Phenanthrene ⁺	5.4
Anthracene ⁺	<2
Fluoranthene ⁺	3.6
Pyrene ⁺	<10
Benzo(a)anthracene ⁺	<2
Chrysene ⁺	2.4
Benzo(b)fluoranthene ⁺	18.6
Benzo(k)fluoranthene ⁺	<2
Benzo(a)pyrene ⁺	4.2
Dibenzo(ah)anthracene ⁺	<2
Benzo(ghi)perylene ⁺	5.4
Indeno(123cd)pyrene ⁺	6.4

Référence externe : Filtre n° 037
Référence interne : OAMH020

Congénères	Concentration (ng/échantillon)
Volume injecté (µL)	30
Phenanthrene ⁺	7.6
Anthracene ⁺	<2
Fluoranthene ⁺	3.6
Pyrene ⁺	<10
Benzo(a)anthracene ⁺	3.2
Chrysene ⁺	5.2
Benzo(b)fluoranthene ⁺	20.2
Benzo(k)fluoranthene ⁺	<2
Benzo(a)pyrene ⁺	4.6
Dibenzo(ah)anthracene ⁺	<2
Benzo(ghi)perylene ⁺	3.4
Indeno(123cd)pyrene ⁺	4.2

Référence externe : Filtre n° 038
Référence interne : OAMH021

Congénères	Concentration (ng/échantillon)
Volume injecté (µL)	30
Phenanthrene*	6.4
Anthracene*	<2
Fluoranthene*	4.4
Pyrene*	<10
Benzo(a)anthracene*	3.6
Chrysene*	6.4
Benzo(b)fluoranthene*	17
Benzo(k)fluoranthene*	<2
Benzo(a)pyrene*	5
Dibenzo(ah)anthracene*	<2
Benzo(ghi)perylene*	4.2
Indeno(123cd)pyrene*	4.2

Référence externe : Filtre n° 039
Référence interne : OAMH022

Congénères	Concentration (ng/échantillon)
Volume injecté (µL)	30
Phenanthrene*	4.2
Anthracene*	<2
Fluoranthene*	<2
Pyrene*	<10
Benzo(a)anthracene*	3.2
Chrysene*	6.4
Benzo(b)fluoranthene*	14.8
Benzo(k)fluoranthene*	<2
Benzo(a)pyrene*	4.4
Dibenzo(ah)anthracene*	<2
Benzo(ghi)perylene*	<2
Indeno(123cd)pyrene*	4.2

Référence externe : Filtre n° 040	
Référence interne : OAMH023	
Volume injecté (µL)	30
Congénères	Concentration (ng/échantillon)
Phenanthrene [±]	4
Anthracene [±]	<2
Fluoranthene [±]	<2
Pyrene [±]	<10
Benzo(a)anthracene [±]	<2
Chrysene [±]	3.2
Benzo(b)fluoranthene [±]	8.2
Benzo(k)fluoranthene [±]	<2
Benzo(a)pyrene [±]	3
Dibenzo(ah)anthracene [±]	<2
Benzo(ghi)perylene [±]	<2
Indeno(123cd)pyrene [±]	<2

Légende:

< Valeur (caractère simple): valeur inférieure à la limite de quantification

Les incertitudes associées aux résultats quantitatifs sont disponibles auprès du laboratoire.

5 TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Station d'observation du Fango	6
Figure 2 : FIDAS - Qualitair Corse	7
Figure 3 : TEOM.....	7
Figure 4 : Analyseur d'oxydes d'azotes 42i.....	8
Figure 5 : 43i - Qualitair Corse.....	8
Figure 6 : ACSM.....	8
Figure 7 : Leckel - Qualitair Corse	9
Figure 8 : Localisation géographique de la station d'observation Fango	15
Figure 9 : Lignes maritimes régulières Corse - Continent	16
Figure 10 : Profil hebdomadaire du nombre de déplacement maritime	21
Figure 11 : Roses des vents caractéristiques des conditions éoliennes - Station du Fango..	22
Figure 12 : Photographie de la dispersion des fumées issues des navires au port de Bastia	23
Figure 13 : Photographie de la dispersion des fumées issues des navires au port de Bastia	24
Figure 14 : Émissions théoriques SO _x par secteurs d'activités de la commune de Bastia.....	25
Figure 15 : Émissions théoriques NO _x par secteurs d'activités de la commune de Bastia	25
Figure 16 : Émissions théoriques PM ₁₀ par secteurs d'activités de la commune de Bastia ...	26
Figure 17 : Représentation graphique des données statistiques issues des concentrations en PM10 - Leckel filtres gravimétriques.....	27
Figure 18 : Concentration journalière en PM10 - Leckel filtres gravimétriques.....	27
Figure 19 : Répartition hebdomadaire des concentrations en PM ₁₀ - Leckel filtres gravimétriques.....	28
Figure 20 : Profil journalier PM ₁₀ sur l'ensemble de la campagne - TEOM 1405.....	29

Figure 21 : Concentration journalière en PM - FIDAS	30
Figure 22 : Répartition des particules par classes – FIDAS	30
Figure 23 : Distribution des PM10 selon la taille	32
Figure 24 : Profil journalier moyen sur le mois de mai des espèces majeures des aérosols submicroniques non-réfractaires	35
Figure 25 : Répartition moyenne sur le mois de mai des espèces majeures des aérosols submicroniques non-réfractaires	35
Figure 26 : Profil journalier moyen sur le mois de juin des espèces majeures des aérosols submicroniques non-réfractaires	36
Figure 27 : Répartition moyenne sur le mois de juin des espèces majeures des aérosols submicroniques non-réfractaires	36
Figure 28 : Profil journalier moyen sur le mois de juillet des espèces majeures des aérosols submicroniques non-réfractaires	37
Figure 29 : Répartition moyenne sur le mois de juillet des espèces majeures des aérosols submicroniques non-réfractaires	37
Figure 30 : Profil journalier moyen sur la campagne des espèces majeures des aérosols submicroniques non-réfractaires	38
Figure 31 : Répartition moyenne sur la campagne des espèces majeures des aérosols submicroniques non-réfractaires	38
Figure 32 : Profil hebdomadaire moyen sur la campagne des espèces majeures des aérosols submicroniques non-réfractaires, par rapport au trafic maritime	39
Figure 33 : Roses des vents caractéristiques des conditions éoliennes - Station du Fango – 01.07.17 au 23.10.17	42
Figure 34 : Représentation graphique des données statistiques issues des concentrations horaires en SO ₂ sur la campagne.....	44
Figure 35 : Concentration journalière en SO ₂ et influence du vent.....	45
Figure 36 : Profil journalier SO ₂ sur l'ensemble de la campagne	45
	80

Figure 37 : Profil journalier moyen sur la campagne du SO ₂ et SO ₄ , par rapport au trafic maritime	47
Figure 38 : Concentration mensuelle en SO ₂ - Station du Fango.....	48
Figure 39 : Concentration mensuelle en SO ₂ - Station de Giraud	48
Figure 40 : Représentation graphique des données statistiques issues des concentrations en NO ₂ /NO _x /NO sur la campagne.....	50
Figure 41 : Concentration journalière en NO ₂ /NO _x /NO	50
Figure 42 : Profil journalier NO ₂ sur l'ensemble de la campagne	51

6 TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Réglementation relative aux particules fines	10
Tableau 2 : Réglementation relative au dioxyde de soufre	11
Tableau 3 : Réglementation relative au dioxyde d'azote	12
Tableau 4 : Réglementation relative aux HAP	13
Tableau 5 : Réglementation relative aux Métaux Lourds	14
Tableau 6 : Temps à quai des navires dans le port de commerce de Bastia	17
Tableau 7 : Suites photographiques illustrant le départ d'un navire des compagnies Moby et Corsica ferry	18
Tableau 8 : Plages horaires durant lesquelles les navires sont en manœuvres pour entrer ou sortir du port de commerce de Bastia	20
Tableau 9 : Données statistiques comparables aux valeurs réglementaires pour les concentrations observées en PM10 - Leckel filtres gravimétriques.....	28
Tableau 10 : Données statistiques – ACSM	39
Tableau 11 : Provenance des espèces majeures des aérosols submicroniques non-réfractaires mesurés par l'ACSM.....	40
Tableau 12 : Comparaison mensuelle des concentrations en espèces majeures des aérosols submicroniques non-réfractaires	42
Tableau 13 : Données statistiques comparables aux valeurs réglementaires pour les concentrations observées en SO ₂	44
Tableau 14 : Données statistiques comparables aux valeurs réglementaires pour les concentrations observées en NO ₂ /NO _x /NO	51
Tableau 15 : Concentrations moyennes en HAP sur la campagne d'étude.....	53
Tableau 16 : Conditions de quantification et de détection ML.....	54