

Qualité de l'air

PROVENCE - ALPES - CÔTE D'AZUR



Etude des métaux lourds et des HAP à Marseille, Nice et Port-de-Bouc en 2015

Décembre 2017

www.airpaca.org

AirPACA
QUALITÉ DE L'AIR

REMERCIEMENTS

Air PACA adresse ses remerciements aux deux laboratoires (LCME et IGE) qui ont analysé les prélèvements et procédé à une étude de sources des particules.

PARTENAIRES

- Laboratoire de Chimie Moléculaire et Environnement (LCME)
- Institut des Géosciences de l'Environnement (IGE)

AUTEURS DU DOCUMENT

Auteur : Fanny Chagnet, chargée d'études Air PACA.

Relecture : BouAlem Mesbah responsable du service études d'Air PACA et Florie Chevrier ingénieure d'études à Air PACA.



SOMMAIRE

1.	Etudes des HAP et des métaux lourds dans 3 villes de la région PACA (2015)	5
2.	Campagne de spéciation chimique des particules	5
2.1	Domaine d'investigation : Marseille, Nice et Port-de-Bouc	5
2.2	Composés mesurés : métaux lourds et HAP	7
2.3	Méthodologie de prélèvement	8
3.	Les métaux lourds	9
3.1	Sources et effets sur la santé	9
3.2	Résultats des mesures	10
4.	Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)	17
4.1	Sources et effets sur la santé	17
4.2	Résultats des mesures	17
5.	Conclusion : métaux lourds et HAP en général plus élevés à Port-de-Bouc qu'à Nice ou Marseille	21
	Travaux cités	24



ANNEXES

ANNEXE 1 :	Bibliographie	24
ANNEXE 2 :	Sources anthropiques des métaux lourds	25
ANNEXE 3 :	Méthode de lecture d'un diagramme en boîtes	26
ANNEXE 4 :	Profils chimiques observés en 2015	27
ANNEXE 5 :	Résultats des mesures de spéciation et réglementaire en 2015	28

1. Etudes des HAP et des métaux lourds dans 3 villes de la région PACA (2015)

Dans le cadre du suivi de la qualité de l'air dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, Air PACA surveille les concentrations en métaux lourds et en Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) sur le territoire.

Plusieurs de ces composés sont cancérogènes ou potentiellement cancérogènes, ils font donc l'objet d'une réglementation et d'une surveillance en continu. C'est le cas pour l'arsenic, le cadmium, le nickel et le plomb présents en phase particulaire dans l'air et le benzo(a)pyrène (B(a)P) comme composé représentatif des HAP.

Le présent rapport se focalise uniquement sur la présentation des concentrations mesurées en métaux lourds et HAP dans l'air ambiant dans le cadre de l'« Etude 3 villes »¹ à Marseille, Nice et Port-de-Bouc.

2. Campagne de spéciation chimique des particules

2.1 Domaine d'investigation : Marseille, Nice et Port-de-Bouc

La campagne de mesure de l'Etude 3 villes a commencé en juin 2014 et est toujours en cours sur les sites de Nice, Marseille et Port-de-Bouc. Les situations des sites de mesure sont illustrées de la Figure 1 à la Figure 3. Les polluants pris en compte sont en nombre beaucoup plus important que ceux habituellement mesurés dans le cadre réglementaire.



Figure 1 : Stations de mesures de l'Etude 3 villes

¹ L'objectif final de l'Etude 3 villes est de déterminer les contributions de différentes sources de particules (PM). Le rapport présentant les résultats est intitulé « Caractérisation géochimique et étude des sources de PM10 dans les villes de Nice, Marseille, et Port-de-Bouc par l'approche PMF/contraintes (ME-2) » et a été rédigé par le Laboratoire de Chimie Moléculaire et Environnement (LCME) et l'Institut des Géosciences de l'Environnement (IGE) en collaboration avec Air PACA.



Figure 2: Position de la station de Marseille / Cinq Avenues

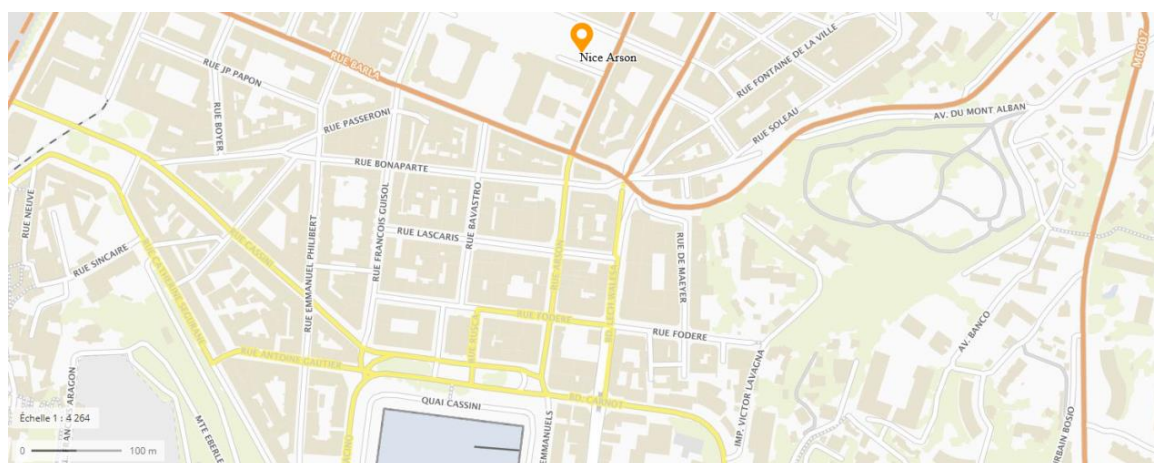


Figure 3 : Position de la station de Nice / Arson



Figure 4 : Position de la station de Port-de-Bouc / La Lègue

Les sites de Marseille / Cinq Avenues et Nice / Arson sont des sites urbains, le site de Port-de-Bouc / La Lègue est un site urbain influencé par des activités industrielles.

2.2 Composés mesurés : métaux lourds et HAP

Dans ce rapport, seuls les résultats de mesure des concentrations des métaux lourds (les 3 villes) et des HAP (Marseille et Port-de-Bouc) en 2015 cités dans le Tableau 1 et le Tableau 2 sont pris en compte.

Le Tableau 3 récapitule le nombre de prélèvements effectués par site et par mois.

Tableau 1 . Métaux lourds mesurés en 2015 et 2016 à Marseille, Nice et Port-de-Bouc

Métaux lourds		
Aluminium (Al)	Potassium (K)	Rubidium (Rb)
Arsenic (As)	Lanthane (La)	Antimoine (Sb)
Baryum (Ba)	Lithium (Li)	Scandium (Sc)
Calcium (Ca)	Magnésium (Mg)	Sélénium (Se)
Cadmium (Cd)	Manganèse (Mn)	Etain (Sn)
Cérium (Ce)	Molybdène (Mo)	Strontium (Sr)
Cobalt (Co)	Sodium (Na)	Titane (ti)
Chrome (Cr)	Nickel (Ni)	Thallium (Tl)
Césium (Cs)	Plomb (Pb)	Vanadium (V)
Cuivre (Cu)	Palladium (Pd)	Zinc (Zn)
Fer (Fe)	Platine (Pt)	Zirconium (Zr)

Tableau 2 . HAP mesurés en 2015 et 2016 à Marseille, Nice et Port-de-Bouc

HAP	
Benzo(b)fluoranthène (B(b)F)	Phénanthrène (Phe)
Benzo(k)fluoranthène (B(k)F)	Anthracène (An)
Benzo(a)pyrène (B(a)P)	Fluoranthène (Fla)
Benzo(g,h,i)perylène (B(ghi)P)	Pyrène (Pyr)
Dibenzo(a,h)anthracène (DB(ah)A)	Triphénylène (Tri)
Indéno(1,2,3-cd)pyrène (IP)	Rétène (Ret)
Coronène (Cor)	Benzo(a)anthracène (B(a)A)
benzo(e)pyrène (B(e)P)	Chrysène (Chr)

Tableau 3 . Nombre de prélèvements mensuels pour chaque ville

	Nice	Marseille	Port-de-Bouc
Janvier	9	5	11
Février	11	8	9
Mars	5	9	8
Avril	7	8	10
Mai	12	11	6
Juin	5	5	5

	Nice	Marseille	Port-de-Bouc
Juillet	4	4	4
Août	6	5	4
Septembre	4	5	5
Octobre	6	5	6
Novembre	4	5	6
Décembre	6	5	5
Total 2015	79	75	79

2.3 Méthodologie de prélèvement

Les prélèvements sont effectués grâce à un collecteur DA-80 qui fait partie de la catégorie des collecteurs haut débit. Le DA-80 permet de prélever automatiquement la phase particulaire dans un volume d'air ambiant, avec un débit de 30 m³ par heure.

L'air est prélevé au travers d'une tête de prélèvement (PM₁₀ : particules de diamètre aérodynamique inférieur à 10 µm) puis passe au travers d'un filtre collectant les aérosols.

Les prélèvements sont réalisés sur des filtres standard de 150 mm de diamètre. Le dépôt se fait sur un diamètre de 140 mm pendant 24 heures sur chaque filtre. 15 filtres peuvent être stockés dans l'appareil et leur changement est programmé. (1)

Les filtres sont ensuite envoyés au laboratoire d'analyse : IGE.

3. Les métaux lourds

3.1 Sources et effets sur la santé

Les éléments traces, souvent appelés par abus de langage métaux lourds, comprennent les métaux à l'état de trace mais aussi des éléments non-métalliques (comme l'arsenic). Les oligo-éléments sont nécessaires à la vie et existent naturellement en petite quantité dans la biosphère (comme le fer), d'autres ne sont pas nécessaires et sont néfastes (comme le plomb). Les métaux lourds en grande quantité peuvent être toxiques à court et à long terme et s'accumulent dans les organismes vivants.

Leurs sources d'émission sont la combustion du charbon et du pétrole, l'incinération des ordures ménagères et certains procédés industriels. (2)

Les métaux lourds réglementés dans l'air ambiant sont l'arsenic, le cadmium, le nickel et le plomb.

La valeur cible du plomb et les valeurs limites de l'arsenic, du cadmium et du nickel sont indiquées dans le Tableau 4. (3)

Les sources anthropiques des métaux lourds réglementés sont présentées dans le Tableau 9 en annexe 2. (4)

Tableau 4 : Règlementation des concentrations en métaux lourds dans l'atmosphère

	Valeur limite (moyenne annuelle, en ng/m ³)	Valeur cible (moyenne annuelle <PM ₁₀ , en ng/m ³)
Arsenic (As)	-	6
Cadmium (Cd)	-	5
Nickel (Ni)	-	20
Plomb (Pb)	500	-

3.2 Résultats des mesures

3.2.1 Moyennes annuelles

Dans la suite de ce rapport le code couleur suivant est utilisé pour les tableaux : le vert représente les valeurs les plus faibles, le jaune et l'orange pour les valeurs intermédiaires et le rouge les valeurs les plus élevées.

Le Tableau 5 permet de visualiser pour chaque polluant sa concentration moyenne annuelle par site à l'aide du code couleur appliqué sur chaque ligne du tableau. Par exemple, les concentrations les plus élevées d'arsenic sont mesurées à Port-de-Bouc, c'est aussi le cas pour 65 % des composés mesurés.

Tableau 5 . Concentrations moyennes annuelles mesurées (ng/m³) – Code couleur pour chaque composé

	Nice	Marseille	Port-de-Bouc
Al	108,61	98,57	154,23
As	0,24	0,34	1,50
Ba	7,32	8,15	4,17
Ca	696,06	1659,07	695,94
Cd	0,10	0,14	0,25
Ce	0,16	0,26	0,30
Co	0,12	0,17	0,13
Cr	1,95	1,94	2,77
Cs	0,05	0,04	0,12
Cu	14,55	16,39	5,91
Fe	285,23	352,07	442,33
K	154,20	131,33	197,31
La	0,12	0,30	0,59
Li	0,12	0,18	0,29
Mg	112,69	129,58	112,60
Mn	4,27	6,15	8,34
Mo	0,65	0,88	3,19
Na	597,13	389,46	629,43
Ni	2,40	2,53	2,66
Pb	4,30	7,96	10,50
Pd	0,02	0,02	0,02
Pt	0,00	0,00	0,01
Rb	0,24	0,44	0,82
Sb	1,29	1,38	0,62
Sc	0,05	0,08	0,05
Se	0,31	3,25	0,51
Sn	2,38	1,70	1,18
Sr	3,31	5,22	2,18

	Nice	Marseille	Port-de-Bouc
Ti	6,33	14,78	9,29
Tl	0,02	0,02	0,04
V	4,23	3,75	3,54
Zn	16,20	20,74	25,78
Zr	0,68	0,62	0,44
Phe	0,05	0,05	0,12
An	0,01	0,01	0,01
Fla	0,10	0,14	0,25
Pyr	0,20	0,15	0,27
Tri	0,05	0,05	0,07
Ret	0,18	0,14	0,32
BaA	0,20	0,25	0,38
Chr	0,21	0,20	0,30
BeP	0,30	0,31	0,35
BbF	0,29	0,24	0,36
BkF	0,13	0,10	0,15
BaP	0,19	0,16	0,20
BghiP	0,28	0,21	0,23
DBahA	0,01	0,01	0,02
IP	0,17	0,10	0,17
Cor	0,12	0,09	0,09
Nombre de valeurs les plus élevées entre les trois sites	7	10	32
% des valeurs les plus élevées entre les trois sites	14,29 %	20,41 %	65,31 %

3.2.2 Métaux réglementés

Le Tableau 6 permet d'observer que les valeurs sont en grande majorité plus élevées à Port-de-Bouc que sur les autres sites.

Pour l'ensemble des composés les valeurs réglementaires ont été respectées en 2015.

Le coefficient de variation permet de visualiser la dispersion des données par rapport à la moyenne (5). Par exemple, la variation des concentrations d'arsenic est plus importante à Port-de-Bouc que sur les autres sites.

Tableau 6 . Traitement des données mesurées : Statistiques

		Percentile 95 (ng/m ³)	Médiane (ng/m ³)	Moyenne (ng/m ³)	Valeurs réglementaires (ng/m ³)	Coefficient de variation	Min (ng/m ³)	Max (ng/m ³)
As	Nice	0,42	0,23	0,24	6	62,86 %	0,03	1,23
	Marseille	0,71	0,28	0,34		68,04 %	0,09	1,51
	Port-de-Bouc	4,65	1,04	1,5		94,79 %	0,16	6,43
Cd	Nice	0,24	0,09	0,1	5	61,21 %	0	0,29
	Marseille	0,31	0,08	0,14		137,83 %	0	1,54
	Port-de-Bouc	0,63	0,16	0,25		118,84 %	0	2,03
Ni	Nice	6,28	1,89	2,4	20	79,98 %	0,28	10,14
	Marseille	6,86	1,79	2,53		80,45 %	0,26	9,88
	Port-de-Bouc	7,26	1,16	2,66		197,31 %	0,22	44,74
Pb	Nice	9,17	3,54	4,3	500	64,54 %	0,97	17,77
	Marseille	12,37	5,08	7,96		263,40 %	1,01	185,09
	Port-de-Bouc	27,49	7,91	10,5		80,31 %	1,33	47,17

Afin de visualiser plus clairement la distribution des mesures, des diagrammes en boîtes pour chaque polluant sont représentés dans la Figure 5 (Cf annexe 3 : méthode de lecture d'un diagramme en boîtes).

Cette figure met en évidence une gamme de concentrations beaucoup plus importante d'arsenic à Port-de-Bouc par rapport aux deux autres sites :

- la moyenne est supérieure au maximum de Nice et équivalente à la valeur maximale de Marseille,
- les valeurs extrêmes sont trois fois plus élevées que sur les autres sites.

À Nice et à Marseille les concentrations sont sensiblement les mêmes, avec une dispersion des concentrations et un maximum légèrement plus importants à Marseille.

Pour le cadmium, le site de Port-de-Bouc présente aussi des concentrations plus élevées et des variations de concentration plus importantes. Marseille présente des valeurs plus élevées que Nice, avec des valeurs extrêmes qui rejoignent celles de Port-de-Bouc.

Concernant le nickel, il n'y a pas de différence majeure entre les trois sites, une valeur extrême beaucoup plus élevée que les autres est observée à Port-de-Bouc. La dispersion des concentrations en plomb est plus importante à Port-de-Bouc qu'à Nice et Marseille et une valeur extrême très élevée est observée à Marseille.

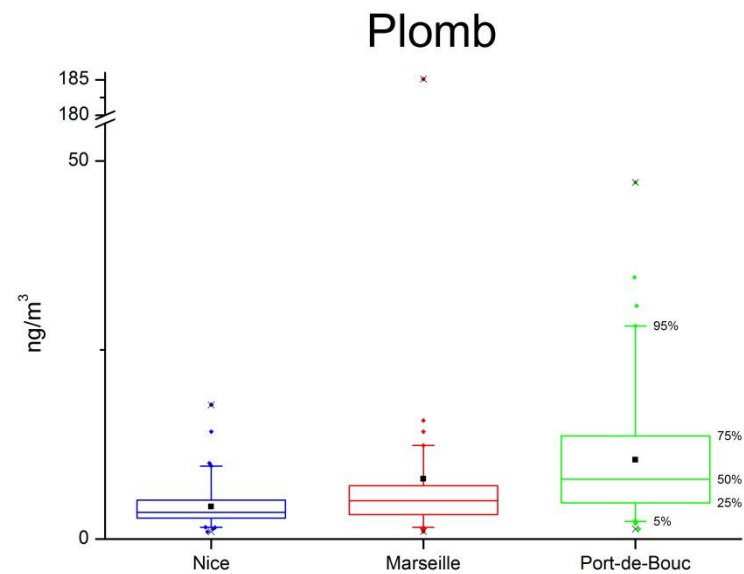
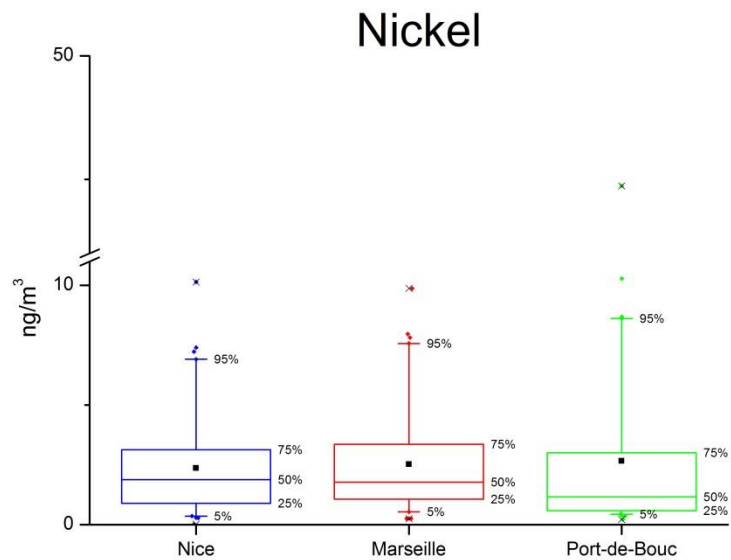
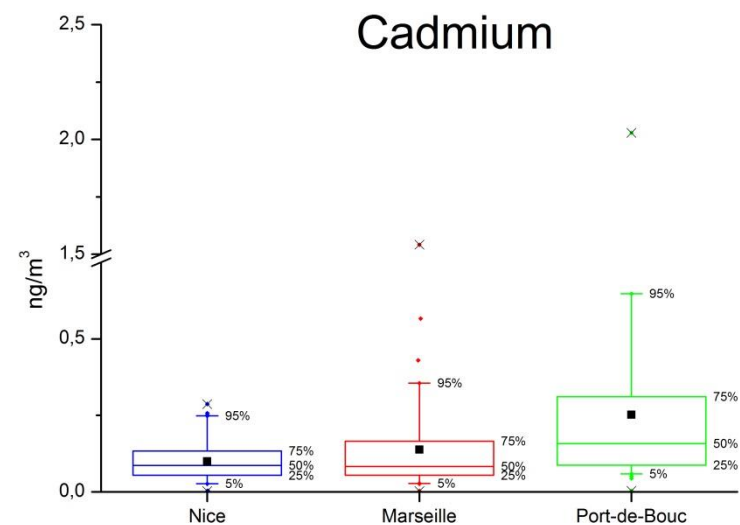
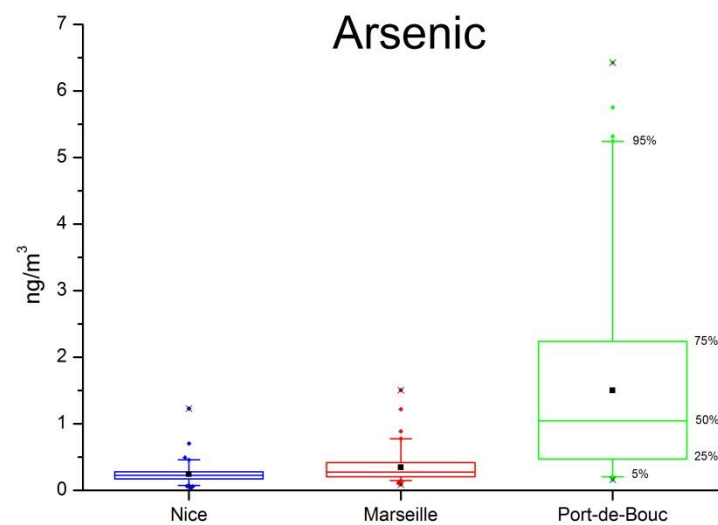


Figure 5 : Diagrammes en boîtes des métaux lourds règlementés

La Figure 6 ci-après permet de comparer les évolutions temporelles des métaux lourds entre les sites :

- Cadmium : Les variations du cadmium semblent globalement similaires entre Port-de-Bouc et Marseille.
- Nickel : Une tendance similaire entre les trois sites est observée.
- Arsenic et plomb : Leurs variations ne paraissent pas présenter de co-évolution entre les sites.

Afin de visualiser plus clairement s'il y a une saisonnalité pour chaque composé, la moyenne de la période chaude (avril à septembre inclus) et la moyenne de la période froide (les autres mois de l'année) sont comparées dans la Figure 7 ci-après.

Grâce à cette figure la saisonnalité est confirmée pour le nickel avec des concentrations plus élevées en période chaude. Le nickel est corrélé avec le vanadium, ce sont les traceurs de la combustion du fioul lourd. Cette saisonnalité pourrait être due à l'augmentation estivale du trafic maritime en particulier à Marseille et à Nice.

Le cadmium et l'arsenic présentent aussi une saisonnalité avec des concentrations plus élevées en période froide.

Le plomb présente une saisonnalité avec des valeurs plus élevées en période froide à l'exception de Marseille. En effet, sur ce site, le plomb présente une valeur très élevée le 6 août 2015 à 185 ng/m³, qui augmente significativement la moyenne de la période chaude dépassant ainsi la moyenne de la période froide. En étudiant la corrélation du plomb avec les autres métaux sur la période de juillet-août, des coefficients de corrélation très élevés ont été observés (arsenic, baryum, cobalt, chrome, manganèse, molybdène, scandium, zinc), l'erreur analytique est donc exclue mais l'origine de ce pic reste inconnue.

La saisonnalité des composés est légèrement moins marquée à Port-de-Bouc, certainement en lien avec le contexte industriel de la ville.

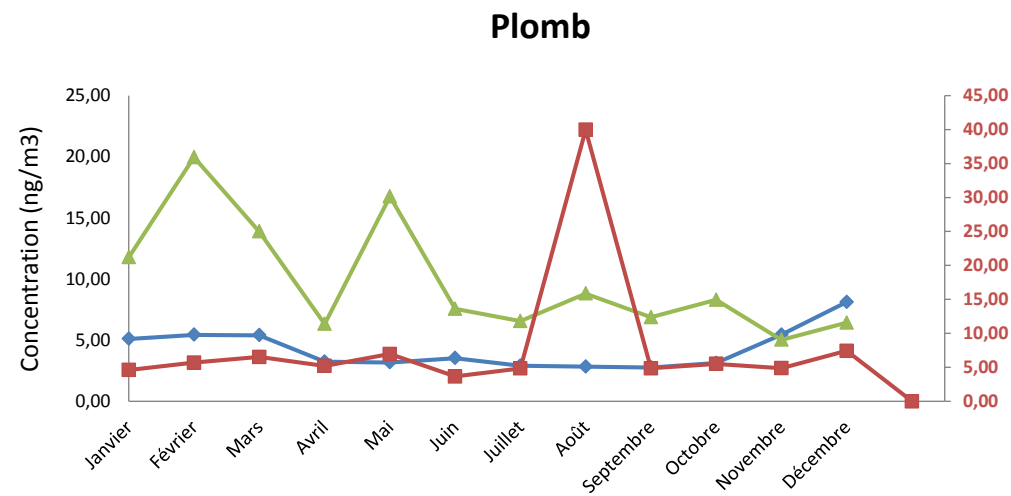
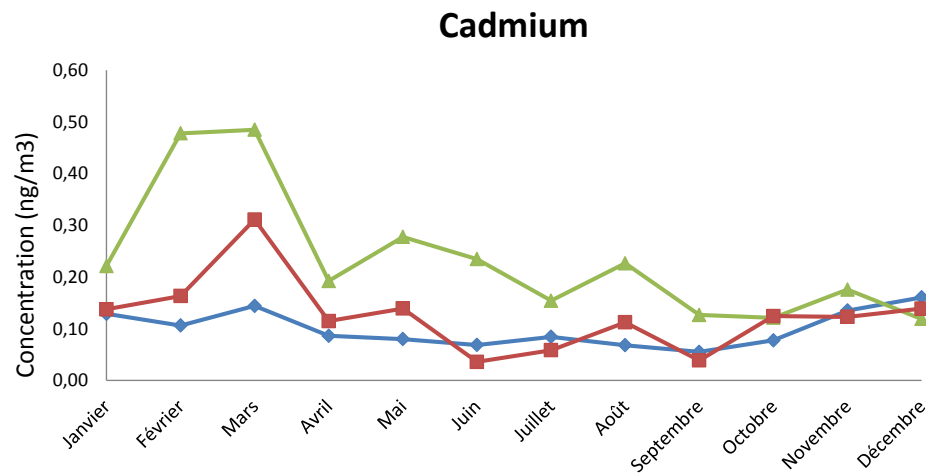
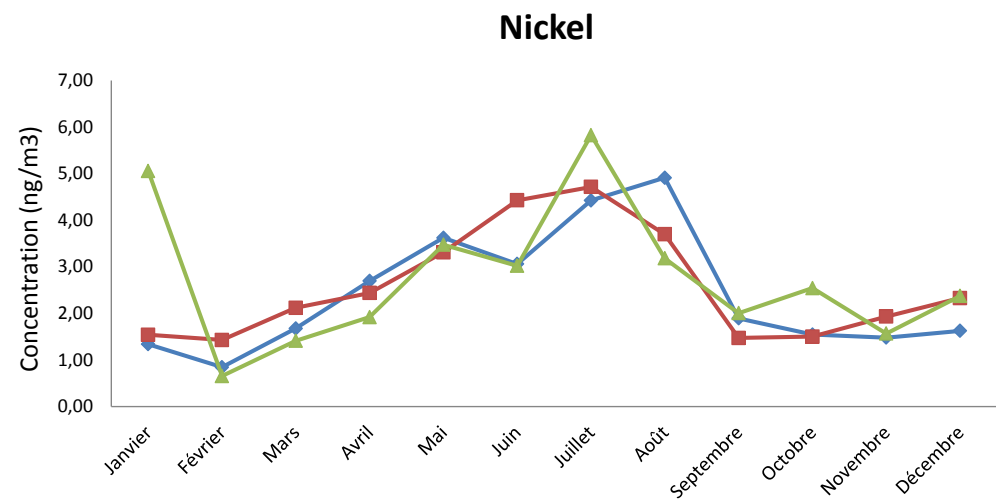
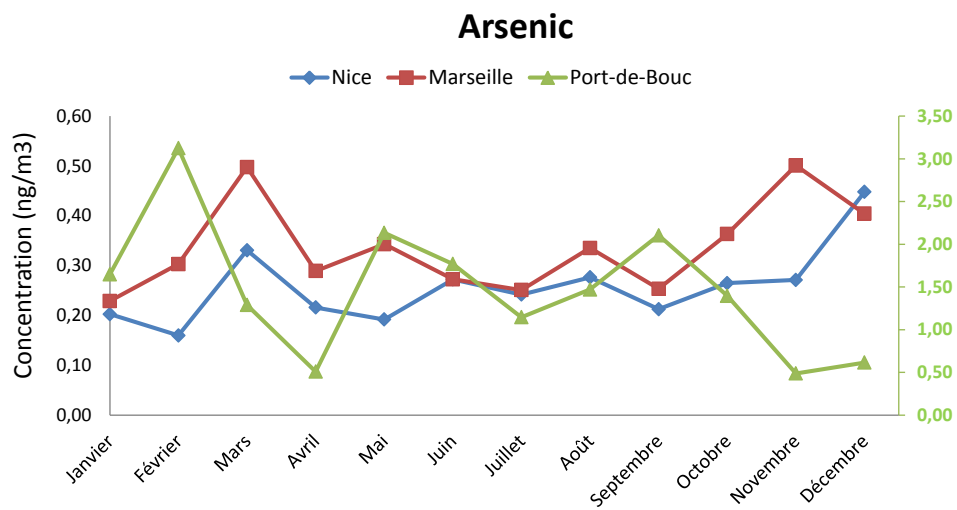


Figure 6 : Variations des concentrations moyennes mensuelles des métaux lourds

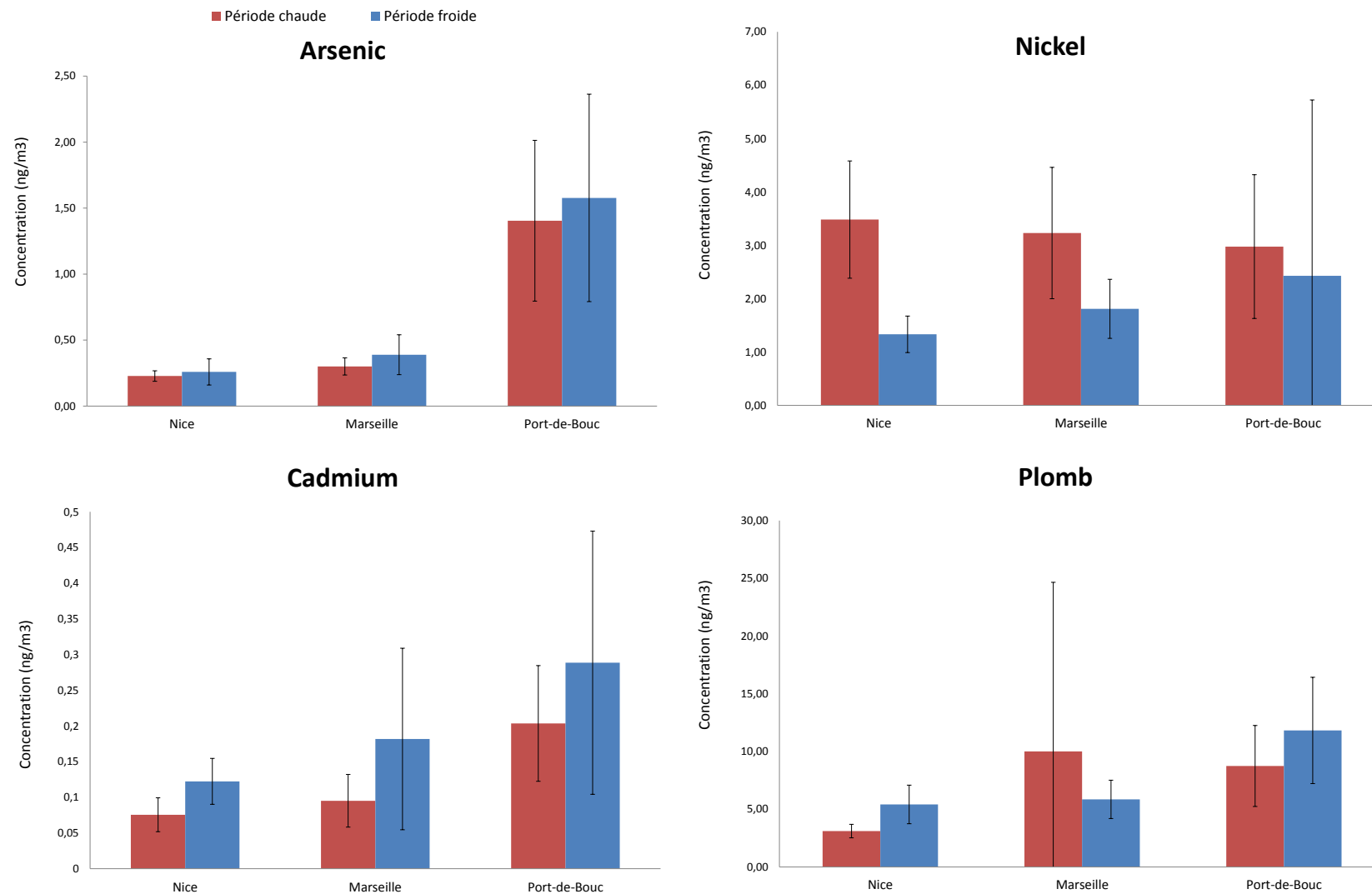


Figure 7 : Comparaison des moyennes des périodes chaudes et froides pour les métaux lourds
(les barres verticales représentent l'écart-type)

4. Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

4.1 Sources et effets sur la santé

Les HAP sont des composés organiques neutres apolaires. Leur structure est composée d'au moins deux cycles aromatiques fusionnés. Normalement les hydrocarbures sont strictement et uniquement constitués d'hydrogène et de carbone, mais certains HAP contiennent un ou plusieurs hétéroatomes dans leurs cycles aromatiques. Leurs effets toxicologiques sont peu connus, toutefois les expérimentations animales ont montré que les HAP pouvaient conduire à des effets systémiques, des effets sur la reproduction, des effets génotoxiques et cancérogènes. (6)

Seul le benzo(a)pyrène (B(a)P) est réglementé dans l'air ambiant par la directive 2004/107/CE du parlement Européen et du conseil du 15 décembre 2004. Il est utilisé comme traceur du risque cancérogène lié aux HAP et sa valeur cible est de 1 ng/m^3 (teneur moyenne annuelle sur la fraction PM_{10}). (7) (8)

Les principales sources anthropiques de HAP dans l'environnement sont les cokeries, les usines à gaz, l'industrie du bois et l'industrie pétrolière. Les HAP sont aussi émis par des sources naturelles telles que les incendies de forêt, les éruptions volcaniques ainsi que la synthèse par la végétation. (9)

4.2 Résultats des mesures

4.2.1 Moyennes annuelles

Le Tableau 7 permet, grâce au code couleur, d'identifier les sites avec les concentrations de HAP les plus importantes: la quasi-totalité des valeurs les plus élevées sont observées à Port-de-Bouc. La concentration annuelle du benzo(a)pyrène reste inférieure à la réglementation sur les deux sites.

Tableau 7. Concentrations moyennes annuelles mesurées pour chaque composé (ng/m^3)
Code couleur pour chaque composé

HAP mesurés	Moyenne	
	Marseille	Port-de-Bouc
Phe	0,05	0,12
An	0,01	0,01
Fla	0,14	0,25
Pyr	0,15	0,27
Tri	0,05	0,07
Ret	0,14	0,32
BaA	0,25	0,38
Chr	0,2	0,3
BeP	0,31	0,35
BbF	0,24	0,36
BkF	0,1	0,15
BaP	0,16	0,2
BghiP	0,21	0,23
DBahA	0,01	0,02
IP	0,1	0,17
Cor	0,09	0,09

4.2.2 HAP réglementé et somme des HAP

Le Tableau 8 permet de comparer les données du benzo(a)pyrène et de la somme des HAP entre les deux sites : toutes les valeurs excepté le minimum sont plus élevées à Port-de-Bouc qu'à Marseille.

Tableau 8 . Traitement des données mesurées : Statistiques

		Percentile 95 (ng/m ³)	Médiane (ng/m ³)	Moyenne (ng/m ³)	Valeurs réglementaires (ng/m ³)	Coefficient de variation	Min (ng/m ³)	Max (ng/m ³)
B(a)P	Marseille	0,58	0,08	0,16	1	1,18 %	0	0,71
	Port-de-Bouc	0,62	0,08	0,20		1,43 %	0	1,59
Somme des HAP	Marseille	6,36	1,57	2,20	-	96,21 %	0,27	11,24
	Port-de-Bouc	9,67	1,73	3,28		124,18 %	0,10	22,19

La Figure 8 permet de comparer la distribution des concentrations du benzo(a)pyrène et de la somme des HAP à Marseille et à Port-de-Bouc. Les deux sites présentent la même médiane, en revanche à Port-de-Bouc la distribution présente plus de variations, en effet le troisième quartile, les valeurs extrêmes et le maximum sont plus élevés qu'à Marseille.

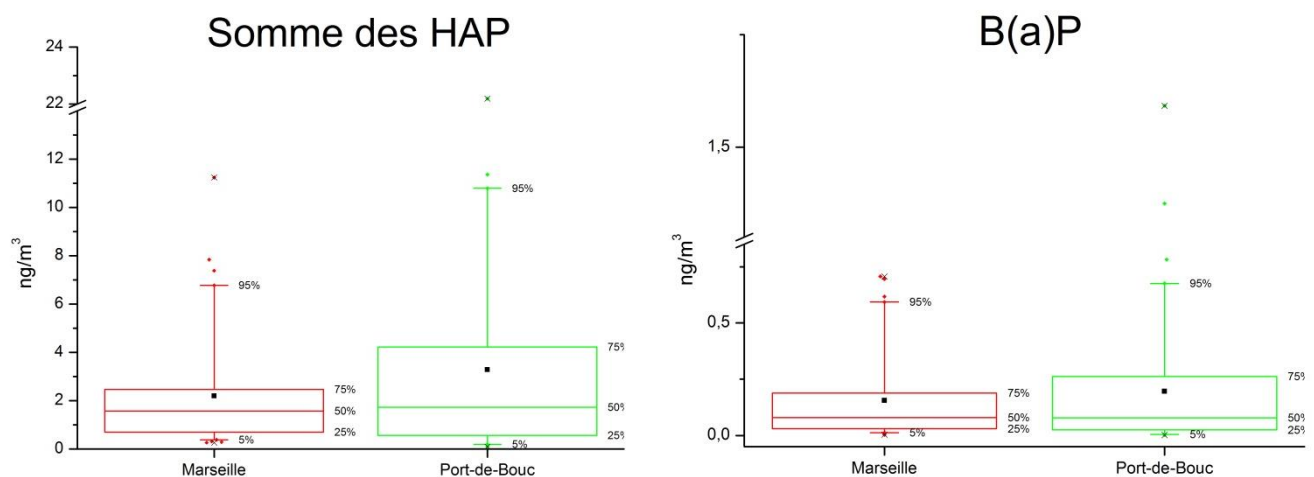


Figure 8 : Diagrammes en boîtes du B(a)P et de la somme des HAP

La Figure 9 et la Figure 10 représentent respectivement l'évolution des concentrations (moyennes mensuelles) du B(a)P et de la somme des HAP à Marseille et à Port-de-Bouc. À Marseille, une saisonnalité est marquée : les valeurs croissent de janvier à février, puis diminuent jusqu'en avril où elles restent constantes et augmentent à nouveau de façon très importante de septembre à décembre.

Le site de Port-de-Bouc présente une saisonnalité moins marquée et plus de variabilité que le site de Marseille ce qui peut s'expliquer par l'influence industrielle de ce site.

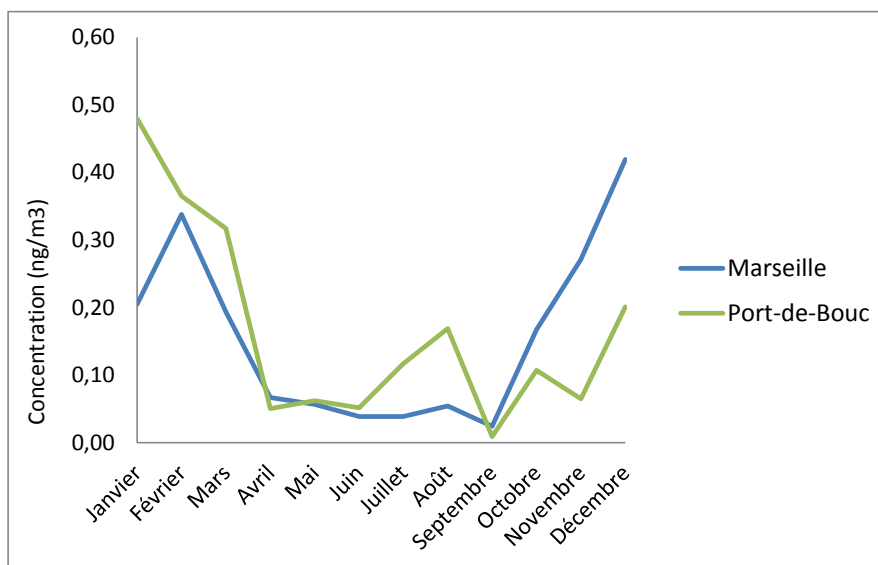


Figure 9 : Concentrations moyennes mensuelles du benzo(a)pyrène à Marseille et à Port-de-Bouc

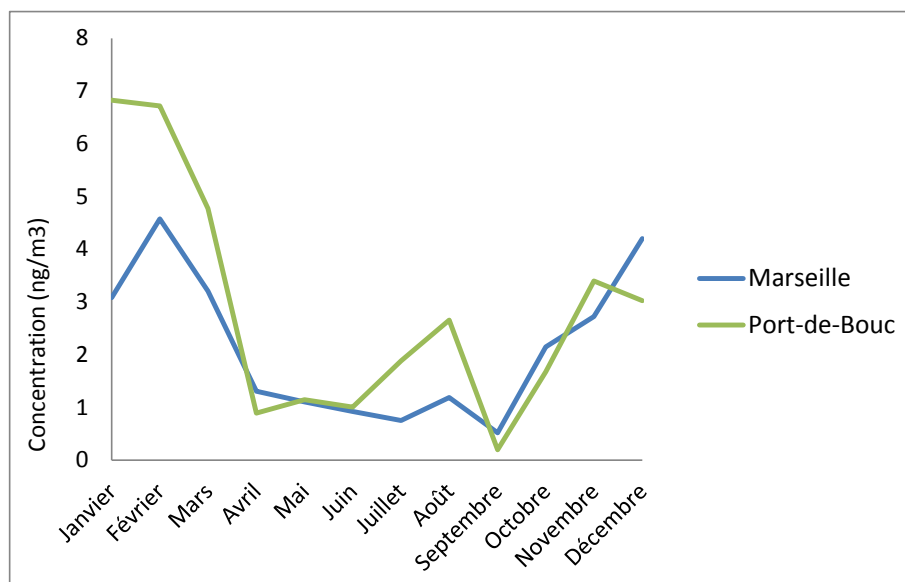


Figure 10 : Concentrations moyennes mensuelles de la somme des HAP à Marseille et à Port-de-Bouc

Afin de mieux visualiser la saisonnalité, les moyennes des périodes chaudes et froides sont comparées dans la Figure 11 et la Figure 12. Les HAP sont mesurés en plus grandes quantités en hiver ce qui coïncide avec les émissions du chauffage domestique hivernal.

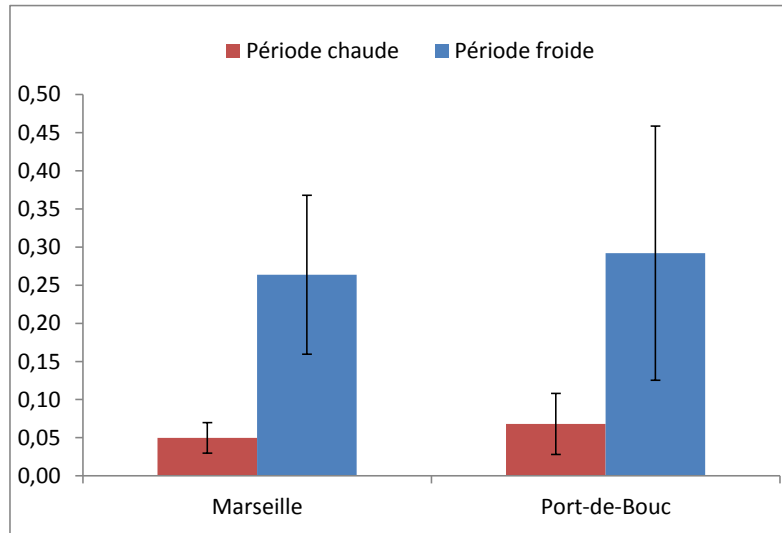


Figure 11 : Comparaison des moyennes des périodes chaudes et froides pour le benzo(a)pyrène (ng/m^3)
(les barres verticales représentent l'écart-type)

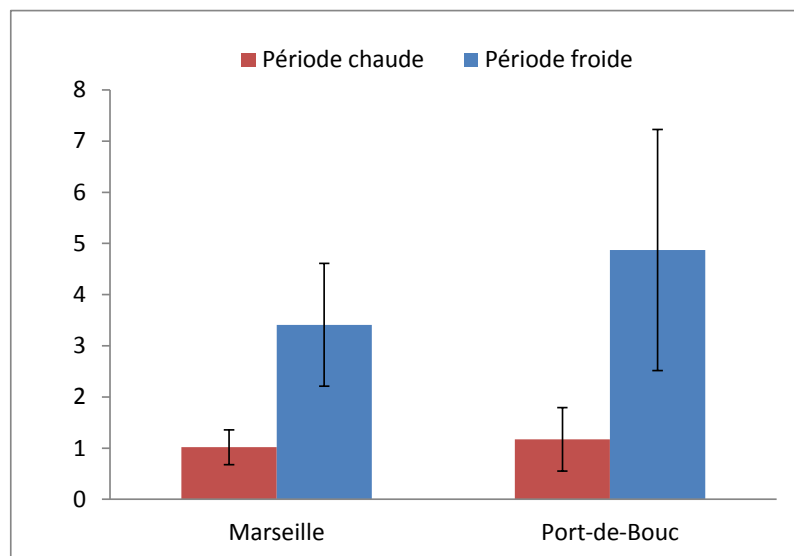


Figure 12 : Comparaison des moyennes des périodes chaudes et froides pour la somme des HAP (ng/m^3)
(les barres verticales représentent l'écart-type)

5. Conclusion : métaux lourds et HAP en général plus élevés à Port-de-Bouc qu'à Nice ou Marseille

L'Etude 3 villes a permis, en plus de l'objectif de spéciation initiale, de mettre en évidence des concentrations de métaux lourds et de HAP en général plus élevées à Port-de-Bouc qu'à Nice ou Marseille dues à la proximité industrielle du site de Port-de-Bouc. Cette étude a également permis de vérifier le respect des valeurs réglementaires sur chacun des sites en 2015. Il n'est pas possible avec les seules données recueillies (métaux et HAP) de définir les sources émettrices des particules mais grâce à un modèle statistique elles ont pu être identifiées et sont présentées dans le rapport de l'IGE et du LCME en ligne dans la rubrique publications du site Internet www.airpaca.org.



LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 . Métaux lourds mesurés en 2015 et 2016 à Marseille, Nice et Port-de-Bouc	7
Tableau 2 . HAP mesurés en 2015 et 2016 à Marseille, Nice et Port-de-Bouc	7
Tableau 3 . Nombre de prélèvements mensuels pour chaque ville	7
Tableau 4 : Règlementation des concentrations en métaux lourds dans l'atmosphère	9
Tableau 5 . Concentrations moyennes annuelles mesurées (ng/m ³) – Code couleur pour chaque composé	10
Tableau 6 . Traitement des données mesurées : Statistiques	12
Tableau 7 . Concentrations moyennes annuelles mesurées pour chaque composé (ng/m ³)	17
Tableau 8 . Traitement des données mesurées : Statistiques	18
Tableau 9 . Sources des métaux lourds (4)	25



LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Stations de mesures de l'Etude 3 villes	5
Figure 2: Position de la station de Marseille / Cinq Avenues	6
Figure 3 : Position de la station de Nice / Arson.....	6
Figure 4 : Position de la station de Port-de-Bouc / La Lègue	6
Figure 5 : Diagrammes en boîtes des métaux lourds règlementés	13
Figure 6 : Variations des concentrations moyennes mensuelles des métaux lourds	15
Figure 7 : Comparaison des moyennes des périodes chaudes et froides pour les métaux lourds	16
Figure 8 : Diagrammes en boîtes du B(a)P et de la somme des HAP	18
Figure 9 : Concentrations moyennes mensuelles du benzo(a)pyrène à Marseille et à Port-de-Bouc.....	19
Figure 10 : Concentrations moyennes mensuelles de la somme des HAP à Marseille et à Port-de-Bouc	19
Figure 11 : Comparaison des moyennes des périodes chaudes et froides pour le benzo(a)pyrène (ng/m ³)	20
Figure 12 : Comparaison des moyennes des périodes chaudes et froides pour la somme des HAP (ng/m ³)	20
Figure 13: Exemple de lecture d'un diagramme en boîtes	26
Figure 14 : Profils chimiques observés en 2015 à Marseille et Port-de-Bouc	27
Figure 15: Diagrammes en boîtes des métaux lourds règlementés dans le cadre de mesures réglementaires et dans le cadre de la spéciation	30

ANNEXES

ANNEXE 1 : Bibliographie

Travaux cités

1. MEGATEC- Manuel d'instruction Collecteur de poussières - modèle DA-80 (décembre 2013).
2. Les métaux lourds. *Air Breizh*. [En ligne] [Citation : 02 Mars 2017.] <http://www.airbreizh.asso.fr/polluants/les-metaux-lourds/>.
3. Valeurs réglementaires relatives aux métaux lourds. *Statistiques développement durable*. [En ligne] [Citation : 02 Mars 2017.] http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Produits_editoriaux/L_essentiel_sur/Environnement/1.G.Air/Pollution_de_l_air/2016/valeurs-reglementaires-relatives-aux-metaux-lourds-3.pdf.
4. **Catinon, Mickaël**. Thèse: Détermination de la pollution atmosphérique métallique: étude critique de l'utilisation des écorces d'arbres. [En ligne] 11 Janvier 2011. [Citation : 25 Septembre 2017.] https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00554894/file/THESE_Catinon.pdf.
5. Coefficient de variation définition. *Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE)*. [En ligne] [Citation : 04 mai 2017.] <https://www.insee.fr/fr/accueil>.
6. Guide HAP. *INERIS*. [En ligne] [Citation : 06 Mars 2017.] http://www.ineris.fr/centredoc/66244-DESP-R01_.pdf.
7. Les directives européennes. *Air PARIF*. [En ligne] [Citation : 06 MARS 2017.] <https://www.airparif.asso.fr/reglementation/normes-europeennes>.
8. Directive 2004/107/CE du parlement Européen et du conseil du 15 décembre 2004. *Air PARIF*. [En ligne] [Citation : 06 MARS 2017.] https://www.airparif.asso.fr/_pdf/directive15122004.pdf.
9. **INERIS**. *Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques, guide méthodologique: Acquisition des données d'entrée des modèles analytiques ou numériques de transferts dans les sols et les eaux souterraines*. 2005. 66244-DESP-R01.

ANNEXE 2 : Sources anthropiques des métaux lourds

Tableau 9 . Sources des métaux lourds (4)

Métaux lourds	Arsenic	Cadmium	Plomb	Nickel
Industrie		• affleurements de minerai • fonderies de métaux	• affleurements de minerai • fonderies de métaux	• affleurements de minerai • fonderies de métaux
Trafic		• émissions de métaux issus de pneumatiques	• essence au plomb	• émissions de métaux issus de pneumatiques
Emissions des ménages		• déchets • boues d'épuration	• déchets • boues d'épuration	• déchets • boues d'épuration
Gestion de l'énergie		• centrale de combustion du charbon		• combustion de pétrole
Agriculture	• Pesticides	• Engrais		

ANNEXE 3 : Méthode de lecture d'un diagramme en boîtes

Les diagrammes en boîtes permettent d'illustrer la distribution des valeurs étudiées, ils se lisent de la façon suivante (Figure 13) :

- la croix la plus basse correspond au minimum et la plus haute au maximum,
- le carré plein correspond à la moyenne,
- les points compris entre le maximum et le minimum correspondent aux valeurs extrêmes,
- le trait inférieur de la boîte correspond au premier quartile, le trait intermédiaire à la médiane, le trait supérieur au troisième quartile,
- la moustache inférieure correspond à 5% de l'ensemble des valeurs et la moustache supérieure à 95%.

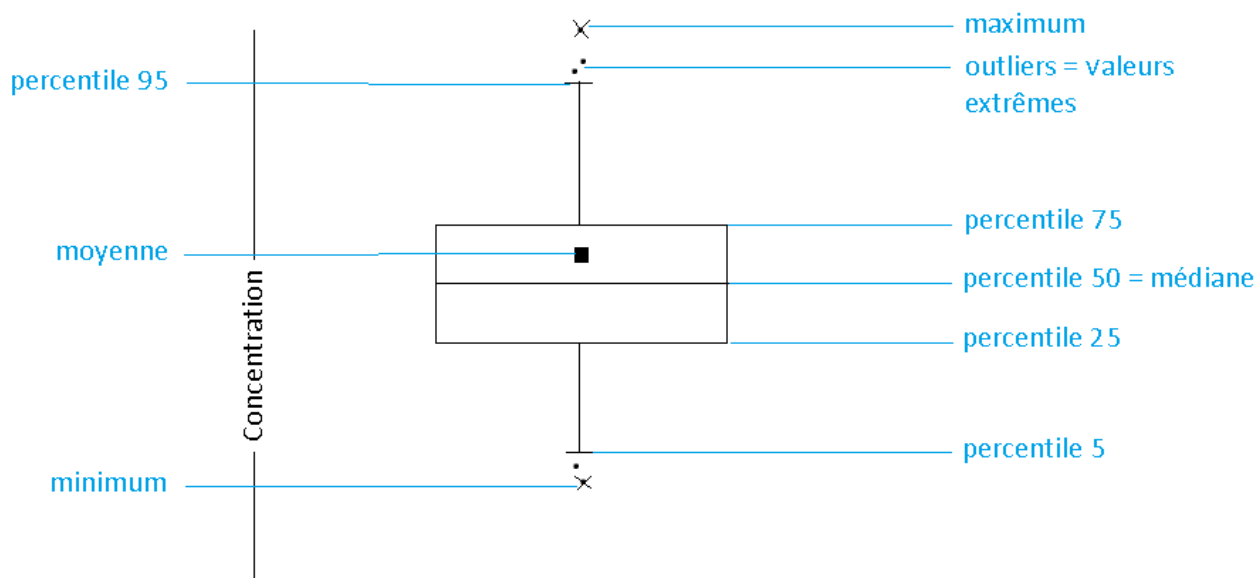


Figure 13: Exemple de lecture d'un diagramme en boîtes

ANNEXE 4 : Profils chimiques observés en 2015

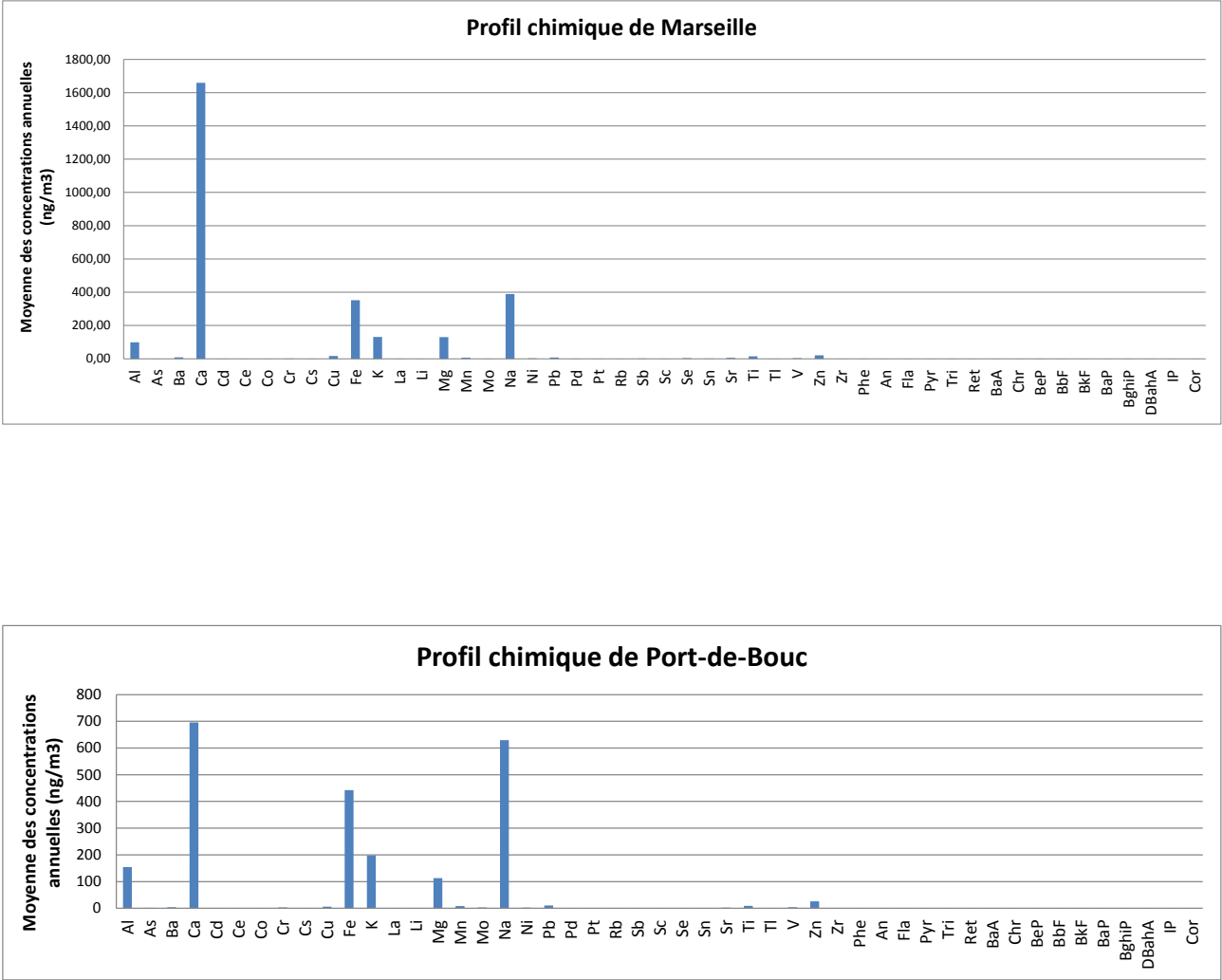
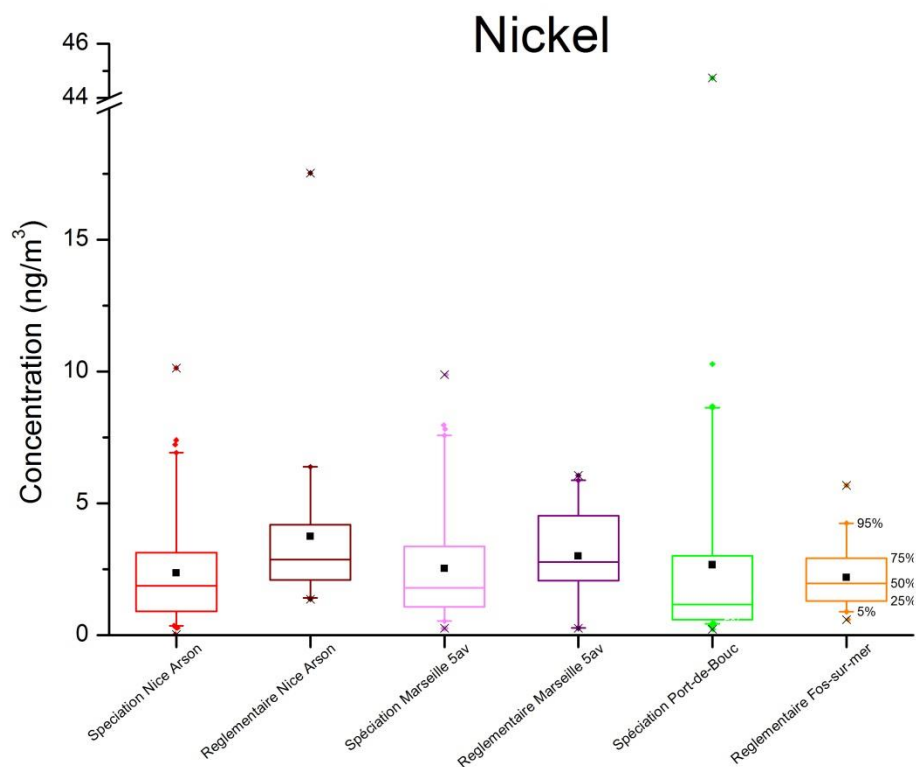
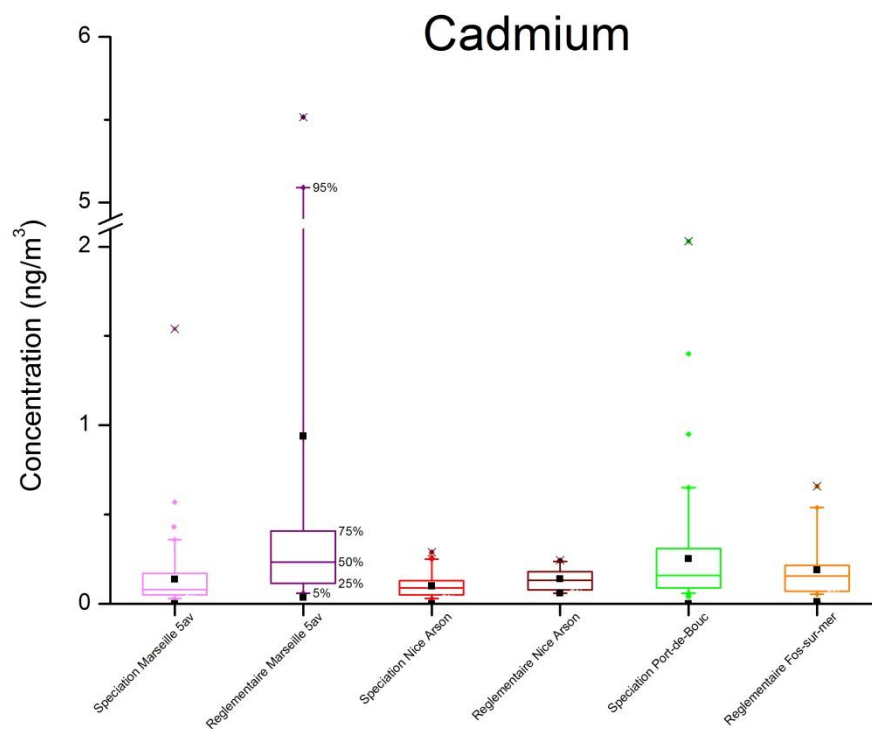


Figure 14 : Profils chimiques observés en 2015 à Marseille et Port-de-Bouc

ANNEXE 5 : Résultats des mesures de spéciation et réglementaire en 2015

La Figure 15 présente les résultats des mesures de spéciation ainsi que ceux des mesures réglementaires. La spéciation est réalisée à partir de préleveur haut débit (DA80) sur une période journalière plusieurs fois par mois de façon irrégulière. Quant à la surveillance réglementaire, elle est réalisée à partir de préleveur bas débit (partisol) sur une période d'une semaine deux fois par mois. La différence de méthode de prélèvement et de période de prélèvement explique les différences observées entre les résultats des mesures réglementaires et des mesures de spéciation.



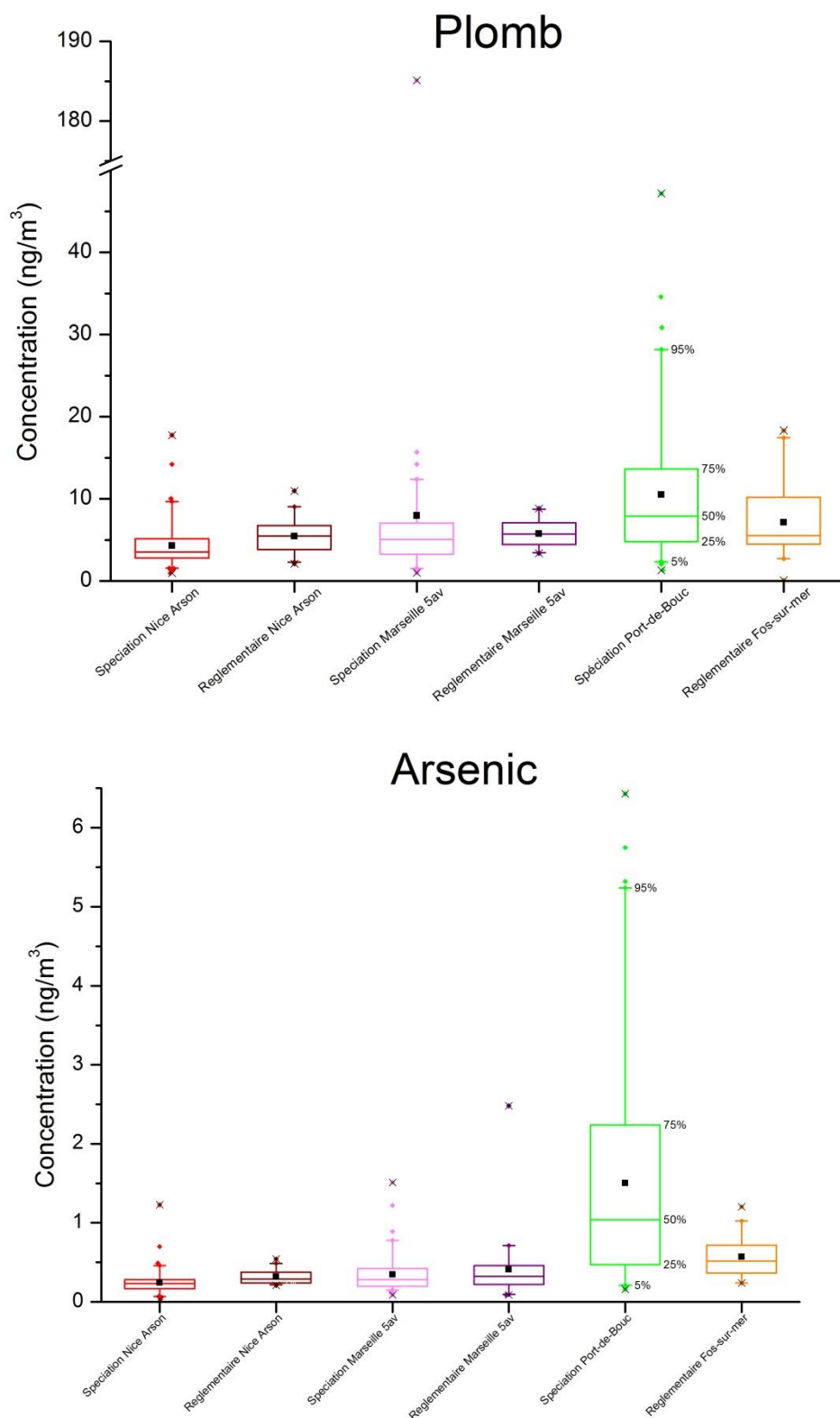


Figure 15: Diagrammes en boîtes des métaux lourds règlementés dans le cadre de mesures réglementaires et dans le cadre de la spéciation



Etude des métaux lourds et des HAP à Marseille, Nice et Port-de-Bouc en 2015

L'Etude 3 villes a pour objectif la spéciation c'est-à-dire définir les sources émettrices des particules dans trois villes : Marseille, Nice et Port-de-Bouc. Cette étude a été réalisée en partenariat avec le Laboratoire de Chimie Moléculaire et Environnement (LCME), l'Institut des Géosciences de l'Environnement (IGE) et Air PACA. Les résultats de la spéciation sont disponibles dans le rapport « Caractérisation géochimique et étude des sources de PM₁₀ dans les villes de Nice, Marseille, et Port-de-Bouc par l'approche PMF/contraintes (ME-2) » en ligne sur airpaca.org.

En complément de cette étude de spéciation, ce rapport présente uniquement les données des métaux lourds et des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) mesurées en 2015.

Plusieurs jours par mois, des prélèvements journaliers ont été effectués par des préleveurs haut débit (DA80), à Port-de-Bouc/La Lègue (site de typologie urbaine sous influence industrielle), Marseille / Cinq Avenues et Nice / Arson (sites de fond urbains).

Les concentrations en HAP sont plus élevées en période froide qu'en période chaude (chauffage domestique) et de légères saisonnalités sont observées pour les métaux lourds réglementés.

Le site de Port-de-Bouc se distingue des sites de Nice et de Marseille avec 100 % des HAP et 65% des métaux lourds mesurés ayant des concentrations plus élevées. De plus, les concentrations varient de manière plus importante et les saisonnalités sont moins marquées sur ce site. Pour tous les métaux lourds et les HAP réglementés les concentrations annuelles mesurées en 2015 dans les trois villes respectent la réglementation.

En partenariat avec :



AirPACA
QUALITÉ DE L'AIR
www.airpaca.org

Siège social

146, rue Paradis
« Le Noilly Paradis »
13294 Marseille Cedex 06
Tél. 04 91 32 38 00
Télécopie 04 91 32 38 29

Établissement de Martigues

Route de la Vierge
13500 Martigues
Tél. 04 42 13 01 20
Télécopie 04 42 13 01 29

Établissement de Nice

333, Promenade des Anglais
06200 Nice
Tél. 04 93 18 88 00
Télécopie 04 93 18 83 06

