

Mesure des particules fines et des éléments métalliques en site trafic dans la ville de Constantine

Fairouz Bencharif-Madani¹, Hocine Ali-khodja², Nouna Bendjaballah³, Asma Meribai³

¹Département de chimie, Faculté des Sciences, Université des frères Mentouri Constantine, fbencharifmadani@gmail.com

²Département de chimie, Faculté des Sciences, Université des frères Mentouri Constantine, hocine_ak@yahoo.fr

³Département de chimie, Faculté des Sciences, Université des frères Mentouri Constantine, mounaben90@yahoo.fr

Résumé

Afin d'estimer la pollution particulaire dans l'air à Constantine, on a mesuré les PM10, les PM2.5 et certains éléments métalliques (Cd, Mg, Ca, Fe, Na), par le biais de deux préleveurs de poussières fines dénommés « Tactical Air Simplers » de marque Airmetrics avec un débit d'aspiration de 5 l/min. Ces préleveurs ont été installés à proximité d'un site trafic au niveau du campus universitaire Zouaghi Slimane en bordure de la RN 79 qui est traversée par une circulation dense. 10 échantillons ont été prélevés une fois tous les deux jours pour une période qui s'est étalée du 18/01/2015 au 14/02/2015. Une station météorologique de type WMR928N a été installée sur la terrasse de l'établissement. Les résultats obtenus révèlent l'existence d'une pollution par les PM10 et PM2.5 avec des concentrations moyennes de l'ordre de 46.7 µg/m³ et 25.32 µg/m³ respectivement, valeurs supérieures aux valeurs guides recommandées par l'OMS.

Mots clés : Pollution de l'air ; PM10 ; PM2.5 ; Milieu urbain ; Rétrotrajectoires.

Nomenclature

PM10 Particules de diamètre < 10µm

PM2.5 Particules de diamètre < 2,5µm

1. Introduction

Plusieurs études conduites ces dernières années en Europe et aux USA ont montré que la pollution particulaire est considérée comme un enjeu environnemental majeur du fait de son impact sur la santé, Particulièrement sur les systèmes biologiques (respiratoire et cardiovasculaire). [1;2].

En Algérie, des études récentes ont montré qu'Alger est, comme toute grande agglomération urbaine, confrontée à une intense pollution atmosphérique [3;4]. Constantine qui représente une des villes les plus importantes d'Algérie a connu ces dernières années, un taux d'urbanisation qui a atteint les 94%. Les activités industrielles et la circulation automobile que connaît cette ville sont des facteurs de croissance mais aussi de dégradation de la qualité de l'air qui doit donc être contrôlée.

2. Matériel et méthodes

Deux préleveurs de poussières fines à faible débit (5 l/min) de type TAS fabriqué par Airmetrics ont été utilisés, les prélèvements ont été effectués une fois tous les trois jours pour une durée de 24 h. Les filtres utilisés sont en fibre de quartz de 47 mm de diamètre et sont soumis à dessiccation et pesés avant et après chaque prélèvement. Ces derniers subissent ensuite une minéralisation.

L'analyse des éléments métalliques (Cd, Mg, Ca, Fe, Na) a été réalisée par un spectromètre d'absorption atomique de type AA7000 (SHIMADZU).



Figure 1. Les Préleveurs de poussières TAS

2.1. Choix du site de prélèvement

Nous avons choisi le campus universitaire « Zouaghi Slimane » à Constantine comme zone d'étude où nous avons installé deux collecteurs de PM10 et PM2.5. Ces deux collecteurs sont directement exposés au trafic routier que connaît le rond-point de Zouaghi en bordure de la route nationale n° 79 à la sortie sud de la ville. Cette route connaît une forte circulation automobile car elle relie la ville de Constantine à des villes voisines comme Batna et Biskra. Les coordonnées du site de mesure sont (36°22'N, 6°40'E) Les préleveurs ont été placés à une hauteur de 5 m et à une distance de 6 m de la route qui est directement influencé par des émissions automobiles.

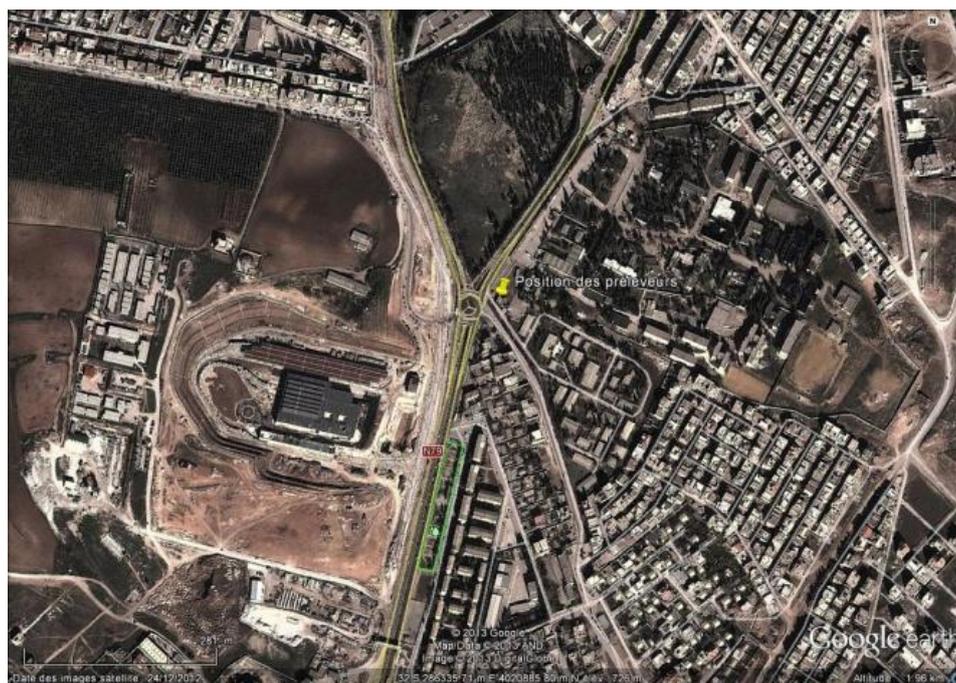


Figure 2. Zone d'étude et position des deux préleveurs

3. Résultats

3.1. Evolution des concentrations de PM10 et PM2.5

Le tableau suivant reprend les concentrations moyennes, maximales et minimales des PM10, PM2.5 observés sur notre site

Tableau 1. Résumé des valeurs statistiques descriptives des poussières

	PM10	PM2.5
Moyenne	46,70	25,32
Maximum	88,47	53,38
Minimum	13,81	9,62

La figure 3 illustre l'évolution temporelle des concentrations simultanées de PM10 et PM2.5. Les concentrations moyennes de PM10 et PM2.5 enregistrées du 18/01/2015 au 14/2/2015 sont de 46,70 et 25,32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivement. La fraction de PM2.5 dans les PM10 est de 54%. Un peu plus de la moitié des particules sont d'origine anthropique.

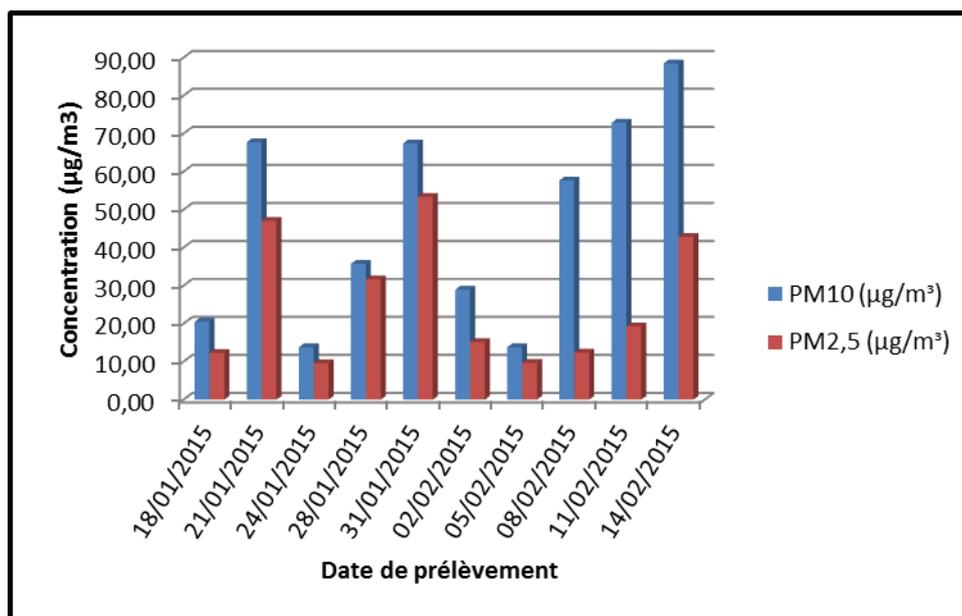


Figure 3. Evolution temporelle des concentrations simultanées de PM10 et PM2.5.

La concentration moyenne de PM10 est proche de celle observée durant la campagne de mesures (du 24/3/2010 au 24/5/2010) au niveau de l'EPSP de la cité DAKSI est de 49,08 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [5]. Cependant, elle est nettement inférieure à la moyenne observée du 23/3/2011 au 22/11/2011 et qui est de 80,42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [6]. Cela peut s'expliquer par le fait, que la période d'étude qui s'est étalée du 18/01/2015 au 14/02/2015, a coïncidé avec la période hivernale qui connaît des taux de précipitations plus importantes. En effet, la hauteur des précipitations enregistrée durant la campagne de prélèvements est de 126 mm. Les concentrations moyennes de PM10 et PM2.5 restent, néanmoins, relativement élevées si elles sont comparées aux valeurs annuelles moyennes recommandées par l'OMS [7] et qui sont de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivement. Elles sont, par

contre, inférieures à la limite annuelle de poussières fines en vigueur en Algérie et qui vaut $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (décret exécutif n° 06-02 du 7 janvier 2006).

3.1.1. Détection des sources d'aérosols

La contribution moyenne des vents de sable aux PM10 a été estimée à partir des cartes de concentration de poussières BSC-DREAM (<http://www.bsc.es/earth-sciences/mineral-dust-forecast-system/bsc-dream8b-forecast/north-africa-europe-and-middle-ea-0>).

La contribution quotidienne des poussières sahariennes a eu lieu le 21/01/2015 et le 31/01/2015. Elle varie entre $7,5$ et $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Fig. 4). Il faut noter que ces vents de sable n'ont pas été perceptibles durant cette période. Il est fort possible que leur contribution soit nettement plus importante durant les épisodes aigus observés durant les autres périodes de l'année (mai-octobre). Les concentrations les plus élevées de PM10 et PM2.5 ont été enregistrées en date du 21/01/2015, 31/01/2015, 08/02/2015, 11/02/2015 et du 14/02/2015. Les deux premières concentrations sont légèrement affectées par les vents de sable ayant sévi durant les jours de prélèvement considérés. Selon le site de BSC/DREAM (Barcelona Supercomputing Center-Dust Regional Atmospheric Model), les vents de sable ont contribué à hauteur des gammes $7,5-15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $10-20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivement, ce qui représente des taux de contribution de 11-22% et 15-30 % respectivement.

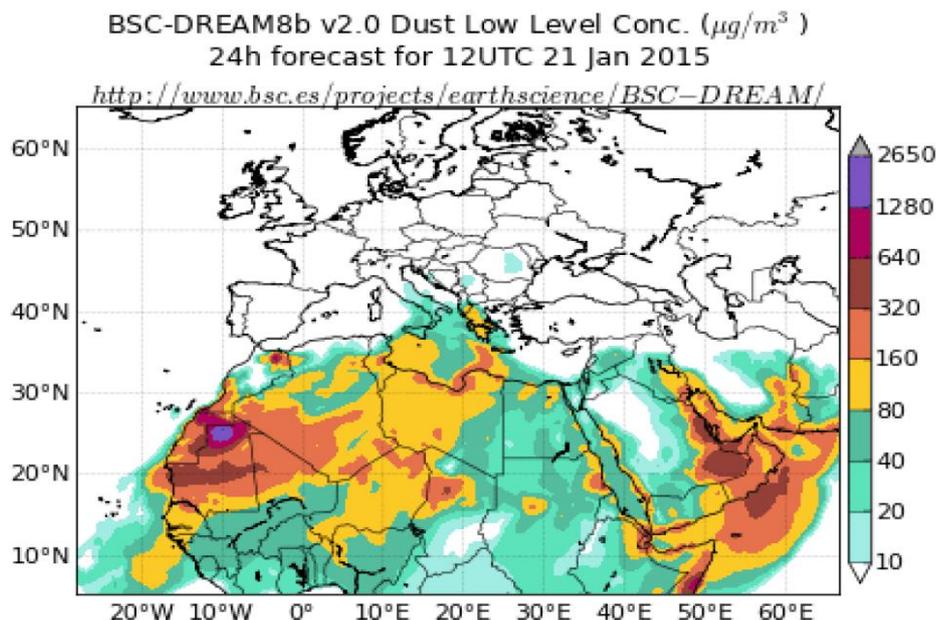


Figure 4. Carte des aérosols désertiques comprenant la région de Constantine (BSC-DREAM)

Une rétrotrajectoire pour un temps maximum de remontée de 6 jours a été calculée en date du 18/01/2015 à 00h00 en utilisant le modèle HYSPLIT [8] à une altitude de 750 m au-dessus du sol. Elle indique que les vents dirigent les nuages de cendres du volcan islandais Bardarbunga vers le site de mesure de PM10 (Fig. 5).

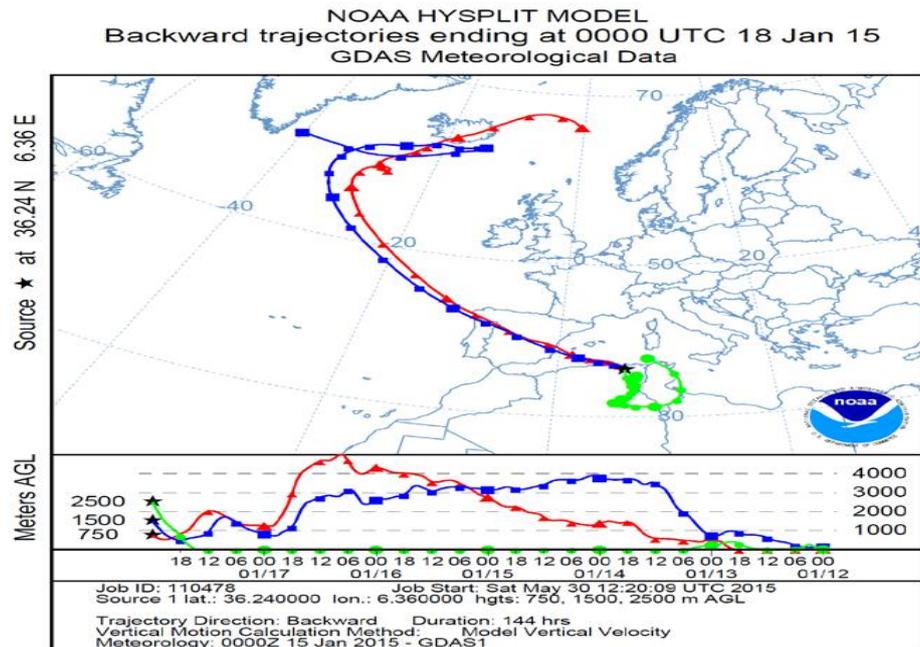


Figure 5. Rétrotrajectoire développée le 18/01/2015 à 00 h à une altitude de 750 m au-dessus du site de mesure des PM10 pour un temps de remontée de 6 jours

3.2. Evolution des concentrations des éléments métalliques

3.2.1. Le cadmium

La concentration de cadmium enregistrée pendant la période d'étude dans les PM10 est de 0,81 ng/m³ (Fig. 6). Cette valeur est négligeable par rapport, non seulement à la norme édictée par l'OMS qui est de 5 ng/m³, mais elle est également très faible par rapport à celle enregistrée du 25/05/2010 au 19/10/2010 au niveau de l'EPSP Mentouri de la cité Daksi et qui vaut 20 ng/m³ [9] et à celle rapportée par [10] au niveau de l'APC de Didouche Mourad du 2 Novembre 2002 au 28 Avril 2003 et qui est de 5 ng/m³. Le cadmium n'est pas considéré comme traceur de la pollution liée au trafic urbain. Le cadmium provient de l'industrie de la céramique et des déchets miniers et industriels. La proportion de cadmium dans la fraction fine est de 60%, reflétant son origine plutôt anthropique.

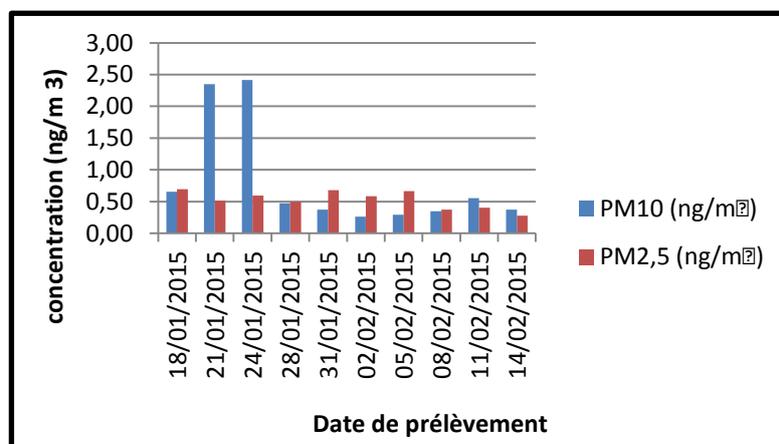


Figure 6. Evolution temporelle des concentrations de cadmium

3.2.2. Le calcium

La concentration de calcium enregistrée pendant la période d'étude dans les PM10 est de 50,82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Fig.7). Cette valeur est largement supérieure à celle enregistrée au niveau du rond-point de Zouaghi entre 23/03/2011 au 22/11/2011 dans les PM10 et qui est de 3,01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. La proportion de calcium dans la fraction fine est de 42,9%, reflétant son origine plutôt naturelle, On le trouve dans la fabrication du ciment et la production d'énergie.

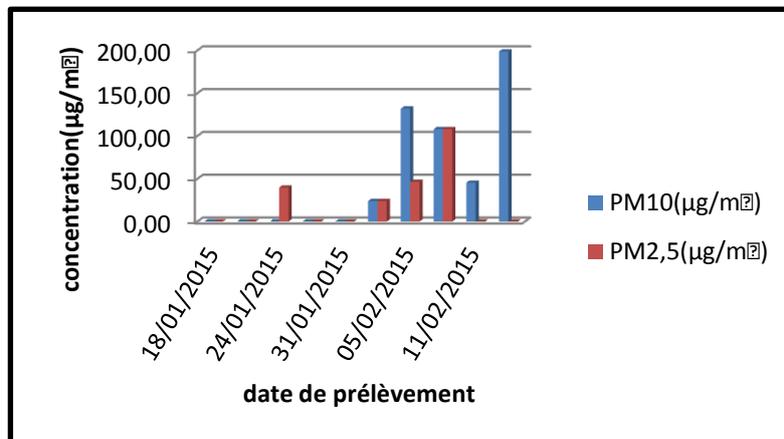


Figure 7. Evolution temporelle des concentrations du calcium

3.2.3. Le magnésium

La concentration de cadmium enregistrée pendant la période d'étude (18/01/2015 au 14/02/2015) dans les PM10 est de 1,82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Fig. 8). Elle est presque identique à la concentration de magnésium enregistrée entre le 23/03/2011 au 22/11/2011 dans les PM10 de 1,83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ au niveau du rond-point de Zouaghi [6]. Le magnésium provient de l'usure des roches et des sols, le vent de sable serait à l'origine de ce pic de magnésium.

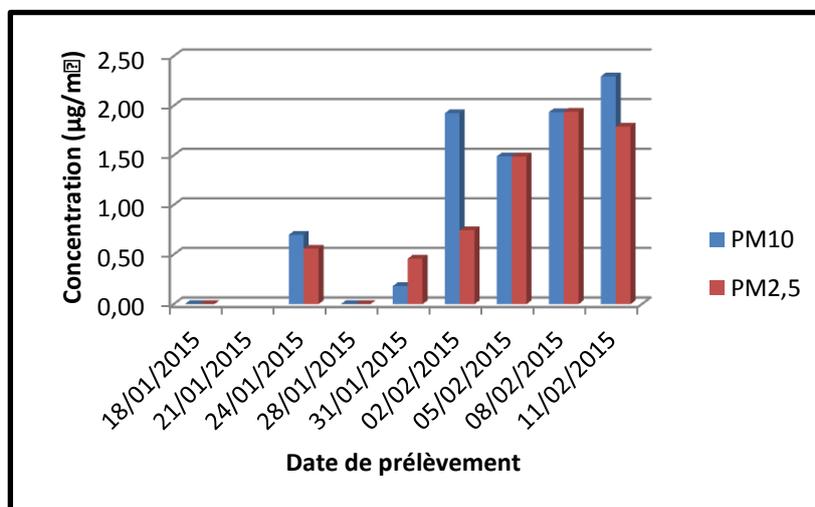


Figure 8. Evolution temporelle des concentrations de magnésium

3.2.4. Le sodium

La concentration de sodium enregistrée pendant la période d'étude (18/01/2015 au 14/02/2015) dans les PM10 est de 17,52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Fig. 9). Elle est supérieure à la concentration de magnésium enregistrée entre le 23/03/2011 au 22/11/2011 dans les PM10 dont la valeur était de 5,61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ au niveau du rond-point de Zouaghi [6]. On le trouve dans les océans, dans les lacs salés et les feux de biomasse. C'est le septième élément le plus abondant de la croûte terrestre.

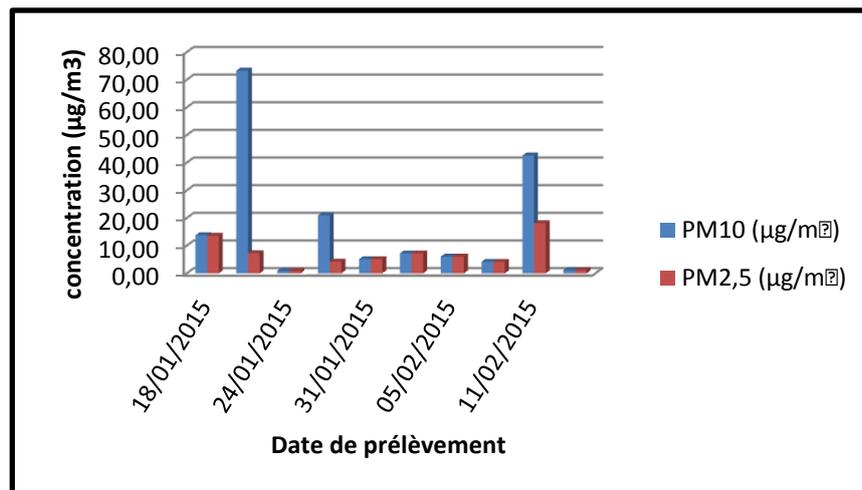


Figure 9. Evolution temporelle des concentrations de sodium

3.2.5. Le fer

La concentration de fer enregistrée pendant la période d'étude (18/01/2015 au 14/02/2015) dans les PM10 est 1,78 µg/m³ (Fig. 10). Elle est environ deux fois inférieure à la concentration enregistrée entre le 23/03/2011 au 22/11/2011 dans les PM10 dont la valeur était de 3,11 µg/m³ au niveau du rond-point de Zouaghi [6]. Il est également largement inférieur à celle enregistrée du 25/05/2010 au 19/10/2010 au niveau de l'EPSP Mentouri de la cité Daksi et qui vaut 9,67 µg/m³ [9]. Cela peut s'expliquer par le fait que ces deux dernières études ont été réalisées en dehors de la période hivernale, alors que notre étude a été effectuée en hiver.

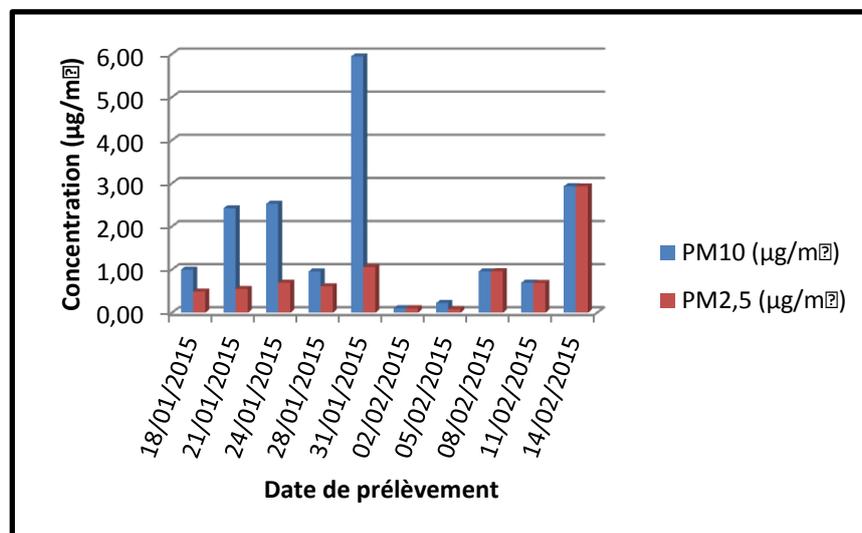


Figure 10. Evolution temporelle des concentrations du fer

4. Conclusion

Ce travail a permis de mesurer simultanément les particules fines dénommées PM2.5 et PM10 sur un même site durant une période comprise entre le 18/01/2015 et le 14/02/2015. Les valeurs guides fixées par l'OMS pour 24 heures et qui sont de 50 µg/m³ et 25 µg/m³ pour les PM10 et PM2.5 respectivement ont été dépassées pendant 50% et 40% du temps. Les concentrations moyennes observées de 46,7 et 25,3 µg /m³ pour les PM10 et PM2.5 dépassent largement les valeurs recommandées par l'OMS pour une année et qui sont de 20 µg /m³ et 10 µg /m³. Ces niveaux sont

essentiellement liés au trafic routier caractérisé par un parc de plus en plus conséquent, et qui s'accroît d'une moyenne annuelle de 4%.

Très peu de ces véhicules sont munis de filtres à particules. D'autres sources contribuent aux niveaux enregistrés de façon importante : les vents de sable, les feux de biomasse, l'usure de la chaussée, l'usure des pneus et des plaquettes de frein, les carrières, les activités industrielles.

Ce travail devrait être poursuivi pour analyser le maximum d'éléments métalliques. Après avoir minéralisé les filtres contenant les PM10 et les PM2.5, les solutions obtenues seront analysées pour déterminer les concentrations d'autres éléments en traces métalliques qu'elles contiennent. Ces concentrations seront utiles pour l'identification de l'origine des différentes sources de ces éléments métalliques. En outre, elles serviront à déterminer l'apport des sources naturelles et du trafic ainsi que l'exposition de la population riveraine à ces éléments toxiques.

Références

1. C.A.Pope, D.W.Dockery,. Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect, *AirWasteManagAssoc.* 56 (2006):709.
2. D. Eilstein, Exposition prolongée à la pollution atmosphérique et mortalité par pathologies respiratoires *Revue française d'allergologie* 50 (2010) : 51–61.-42.
3. R.Kerbachi , M. Boughedaoui, Y. Kerchich, R. Joumard. Evaluation de la pollution de l'air par les PM-10 à Alger. *Int. Symp, Transport and Air Pollution*, Avignon, France, 5-2 Juin (2000).
4. Y.Laïd,M. Atek, R. Oudjehane, L.Filleul, L.Baough, N. Zidouni, M. Boughedaoui, J.F. Tessier, Impact sanitaire de la pollution de l'air par les PM10 dans une ville du sud: le cas d'Alger. *Int J. Tuberc. Lung Dis.* 10(12), (2006.): 1406–1411.
5. A.Terrouche,H. Ali-Khodja, M. Talbi, F. Bencharif-Madani,, A.Charron , F. Derradji, Roadside PM10 and associated metals in Constantine, Algeria. *Int.J. Env. Stud.* (2014), 72(1): 74-86.
6. A.Terrouche, H. Ali-Khodja, A.Kemmouche, M.Bouziane, F.Derradji, A. Charron, Identification of sources of atmospheric particulate matter and trace metals in Constantine, Algeria, *In Press. Air Qual Atmos Health*, (2015), DOI 10.1007/s11869-014-0308-1.
7. OMS, La pollution atmosphérique par les particules en suspension, ses effets sur la santé (Aide-mémoire EURO04/05), (2005), Organisation Mondiale de la Santé.
8. R.Draxler,R. Rolph, G.D. HYSPLIT (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) Model access via NOAA ARL READY,(2011). (<http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php>). NOAA Air Resources Laboratory, Silver Spring, MD.
9. F. Bencharif-Madani, Mesure des PM10 et de leurs teneurs en éléments en traces métalliques à proximité d'un axe de circulation de la cite Daksi dans la ville de Constantine.(2012), Mémoire de Magistère, Université Mentouri-Constantine.
10. . H. Ali-Khodja , A.Belaala, W.Demmane-Debbih,,B. Habbas,N. Boumagoura, Air quality and deposition of trace elements in Didouche Mourad, Algeria. *Environ. Monit. Assess.* (2008) 138:219–231.