

# IMPACT DES POUSSIÈRES DÉSERTIQUES SUR LA QUALITÉ DE L'AIR ET LA SANTÉ PUBLIQUE EN AFRIQUE DU NORD ET DE L'OUEST : ANALYSE DES CONCENTRATIONS DE PM<sub>10</sub> ET RISQUES SANITAIRES

A. EMMENDOERFFER\*<sup>1</sup>, C. BOUET<sup>2,1</sup>

<sup>1</sup>LISA (Laboratoire Interuniversitaire des Systèmes Atmosphériques), UMR CNRS 7583, Université Paris Est Créteil - Université Paris Cité, Institut Pierre Simon Laplace, F-94010 Créteil, France

<sup>2</sup>IEES Paris (Institut d'Ecologie et des Sciences de l'Environnement de Paris), UMR IRD 242, Université Paris Est Créteil - Sorbonne Université - CNRS - INRAE - Université Paris Cité, F-93143 Bondy, France

\*Courriel de l'orateur : ambre.emmendoerffer@developpement-durable.gouv.fr

## TITLE

**Impact of Desert Dust on Air Quality and Public Health in North and West Africa: Analysis of PM<sub>10</sub> Concentrations and Health Risks.**

## RESUME

Les zones arides et semi-arides du nord et de l'ouest de l'Afrique subissent une pollution atmosphérique élevée en raison des émissions massives de poussières désertiques, principalement issues du Sahara, qui représentent environ 50 % des émissions mondiales. La variabilité et l'intensité croissantes des tempêtes de sable, associées au changement climatique, exposent les populations à des concentrations alarmantes de particules fines (PM<sub>10</sub>), présentant des risques significatifs pour la santé publique, notamment en matière de maladies respiratoires et cardiovasculaires. Face à une croissance démographique rapide, la région se voit confronter à des défis importants en matière de santé publique lié à la qualité de l'air. Dans cette étude, les données de concentration en PM<sub>10</sub> recueillies sur plusieurs sites de l'Afrique de l'Ouest et du Nord à partir du réseau INDAAF (International Network to study Deposition and Atmospheric composition in Africa) permettent de dresser un état des lieux. En comparant ces données aux recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), cette étude met en lumière les risques sanitaires posés par des concentrations annuelles et journalières de PM<sub>10</sub> fréquemment au-dessus des seuils critiques. Les populations sont surexposées de manière chronique aux PM<sub>10</sub>, ce qui souligne l'urgence d'une réponse de santé publique adaptée pour limiter les effets de ces poussières désertiques sur la santé.

## ABSTRACT

Arid and semi-arid regions of northern and western Africa experience high levels of air pollution due to massive emissions of desert dust, primarily from the Sahara, which account for approximately 50% of global emissions. The increasing variability and intensity of sandstorms, associated with climate change, expose populations to alarming concentrations of fine particles (PM<sub>10</sub>), posing significant public health risks, particularly in terms of respiratory and cardiovascular diseases. With rapid population growth, the region faces major public health challenges related to air quality.

In this study, PM<sub>10</sub> concentration data collected from multiple sites in West and North Africa through the INDAAF network (International Network to study Deposition and Atmospheric composition in Africa) provide an assessment of the current situation. By comparing these data with World Health Organization (WHO) guidelines, the study highlights the health risks posed by annual and daily PM<sub>10</sub> concentrations frequently exceeding critical thresholds. Populations are chronically over-exposed to PM<sub>10</sub>, underscoring the urgency of a tailored public health response to mitigate the health effects of desert dust.

**MOTS-CLÉS** : aérosols désertiques, Afrique de l'Ouest, qualité de l'air, santé publique, PM<sub>10</sub>/ **KEYWORDS**: Desert aerosols, West Africa, air quality, public health, PM<sub>10</sub>

## 1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

### 1.1. Contexte

Les zones arides et semi-arides du nord et de l'ouest de l'Afrique sont fortement influencées par les dynamiques climatiques et environnementales, qui affectent à la fois la qualité de l'air et donc la santé publique. Le Sahara représente près de 50 % des émissions mondiales de poussières désertiques (Middleton, 2017). Transportées par les vents, ces particules atteignent les régions habitées du nord et de l'ouest de l'Afrique, exposant les populations à de fortes concentrations de particules de diamètre inférieur à 10 µm (PM<sub>10</sub>), connues pour leurs impacts sur la santé, notamment respiratoires, cardiovasculaires et dermatologiques (Goudie, 2014).

La fréquence et l'intensité des tempêtes de poussière sahariennes semblent augmenter, en lien avec le changement climatique (Khodraz et al., 2023). Par ailleurs, le nord-ouest de l'Afrique connaît une des plus fortes croissances démographiques au monde, avec des taux de 2 à 3,7 % (Gaudiau, 2024). La population, estimée à 391 millions en 2019, pourrait atteindre 796 millions en 2050 (+104 %) et 1,5 milliard en 2100 (+284 %)

(Direction Générale du Trésor, 2019). Ces projections démographiques accentuent les enjeux liés à la qualité de l'air, un défi majeur pour la santé publique régionale.

## 1.2. Objectifs

Cette étude vise à analyser les niveaux de concentration annuelle en PM<sub>10</sub> sur différents sites du nord et de l'ouest de l'Afrique afin de dresser un état des lieux de la qualité de l'air et d'évaluer les risques pour la santé publique.

## 2. MATERIELS ET METHODES

Les données de cette étude proviennent du réseau INDAAF (International Network to study Deposition and Atmospheric composition in Africa ; <https://indaaf.obs-mip.fr/>). Les concentrations en PM<sub>10</sub> sont mesurées au pas de temps de 5 minutes à l'aide d'un TEOM™ (Tapered Element Oscillating Microbalance) sur six sites labellisés ou partenaires en Afrique de l'Ouest et du Nord et distribuées au pas de temps horaire : Banizoumbou (Niger ; Rajot *et al.*, 2010a), Cinzana (Mali ; Rajot *et al.*, 2010b), Bambey (Marticorena *et al.*, 2021) et M'Bour (Sénégal ; Marticorena *et al.*, 2010), Lamto (Côte d'Ivoire ; Bouet *et al.*, 2021) et Medenine (Tunisie ; Bouet *et al.*, 2019) (Figure 1). Ces sites sont situés à l'écart des zones urbaines, limitant ainsi les contributions anthropiques et permettant de relier les niveaux de PM<sub>10</sub> mesurés principalement aux poussières désertiques.



Figure 1. Sites de mesures INDAAF de l'étude.

Pour évaluer les risques pour la santé publique, nous utilisons comme référence les valeurs recommandées par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) pour les PM<sub>10</sub> (Tableau 1). Les dépassements de ces valeurs sont considérés comme à risque pour la santé publique.

**Tableau 1.** Recommandation et objectifs intermédiaires (Interim Target – IT) de l'OMS pour les concentrations annuelles et journalières en PM<sub>10</sub>.

	Concentration µg/m <sup>3</sup>	Interim Target (IT)				Guideline (AQG)
		1	2	3	4	
PM <sub>10</sub>	Annuelle	70	50	30	20	15
	Journalière	150	100	75	50	45

Les moyennes journalières et annuelles ont été calculées à partir des données horaires et, les concentrations annuelles n'ont été calculées que pour une couverture temporelle de données d'au moins 75 %.

## 3. RESULTATS

La figure 2 présente les concentrations moyennes annuelles mesurées sur les six stations INDAAF. On peut tout d'abord noter qu'il existe une forte variabilité entre les stations : les valeurs les plus basses sont mesurées à Lamto en Côte d'Ivoire (de 32 à 47 µg m<sup>-3</sup>) tandis qu'à Banizoumbou, au Niger, les concentrations moyennes annuelles peuvent dépasser les 200 µg m<sup>-3</sup>.

On peut également noter une forte variabilité interannuelle des concentrations moyennes annuelles pour les stations localisées dans la région sahélienne (Banizoumbou, Cinzana, Bambey et M'Bour). Par exemple, à Cinzana, les valeurs mesurées peuvent varier de 47 µg m<sup>-3</sup> en 2013 à 156 µg m<sup>-3</sup> en 2007. Cette variabilité interannuelle est notamment associée au degré de sécheresse en saison sèche qui est variable d'une année à l'autre (Kaly *et al.*, 2015). Concernant le Niger et le Mali, cette variabilité interannuelle s'explique par leur proximité par rapport au Sahara, ainsi que par la production locale de poussières désertiques par les rafales de vent générées par les systèmes convectifs de méso-échelle en début de saison des pluies (Kaly *et al.*,

2015; Marticorena *et al.*, 2010), systèmes qui dépendent des régimes de Mousson, également variables d'une année à l'autre (Roehrig, 2011).

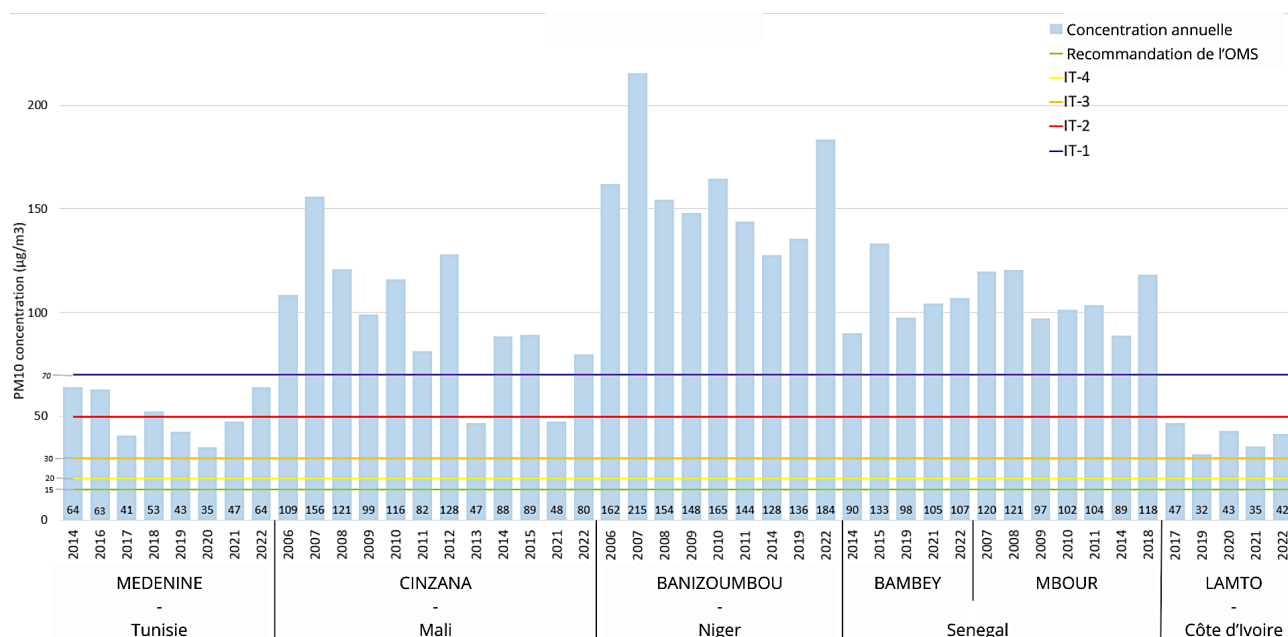


Figure 2. Concentrations annuelles en PM<sub>10</sub> (en µg m<sup>-3</sup>) pour les années ayant une couverture temporelle supérieure ou égale à 75% des stations INDAAF comparativement aux recommandations de l'OMS.

Enfin, quelle que soit la station INDAAF considérée, les concentrations moyennes annuelles en PM<sub>10</sub> dépassent systématiquement la recommandation de l'OMS (15 µg m<sup>-3</sup>) ainsi que les seuils IT-4 et IT-3 (Tableau 1). En moyenne, 67,4 % des données retenues excèdent tous les seuils de l'OMS. Les stations de Banizoumbou (Niger), Bambey et M'Bour (Sénégal) enregistrent des concentrations annuelles particulièrement élevées, dépassant systématiquement toutes les recommandations de l'OMS, avec des pics atteignant plus de 215 µg/m<sup>3</sup> — soit plus de 14 fois la limite annuelle recommandée.

Concernant les concentrations journalières, entre au moins 41 et 364 jours par an, les niveaux de PM<sub>10</sub> excèdent le seuil journalier de 45 µg m<sup>-3</sup> de l'OMS (Tableau 2). A titre d'exemple, l'Union Européenne préconise de ne pas dépasser ce seuil journalier plus de 35 jours par an (DIRECTIVE 2008/50/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe, Annexe II).

**Tableau 2.** Nombre minimal de dépassement par an du seuil journalier de 45 µg m<sup>-3</sup> de l'OMS pour chacune des stations INDAAF.

Année	BAMBEY	BANIZOUMBOU	CINZANA	LAMTO	MBOUR	MEDENINE
2006	-	285	328	-	-	-
2007	-	298	311	-	362	-
2008	-	332	322	-	364	-
2009	-	313	279	-	353	-
2010	-	338	309	-	333	-
2011	-	345	287	-	364	-
2012	-	166	312	-	190	-
2013	225	119	260	-	187	-
2014	331	273	326	-	298	285
2015	332	232	305	-	131	226
2016	204	159	200	-	249	341
2017	100	228	41	310	259	331
2018	104	117	71	195	272	337
2019	341	340	121	247	256	337
2020	175	113	-	265	-	312
2021	332	96	173	264	-	356
2022	314	320	281	300	-	329

Ces résultats indiquent une surexposition chronique des populations aux PM<sub>10</sub>, exposant les habitants à des risques significatifs pour la santé publique dans ces régions.

#### 4. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les épisodes de poussières désertiques, d'ampleur continentale (e.g., Slingo *et al.*, 2006), engendrent des niveaux élevés de PM<sub>10</sub> qui affectent l'ensemble de la région nord-ouest de l'Afrique et au-delà. Les mesures réalisées dans le cadre du réseau INDAAF ont montré que les concentrations en PM<sub>10</sub> en Afrique de l'Ouest et du Nord dépassent fréquemment et de manière intense les recommandations de l'OMS que ce soit à l'échelle annuelle ou journalière, exposant les populations à des risques accrus pour la santé.

Pour améliorer la surveillance de cette pollution, le déploiement de capteurs de qualité de l'air low-cost dans cette région pourrait permettre de fournir des données plus étendues, notamment dans les zones peu couvertes par les réseaux de mesure. Cependant, ces capteurs présentent des limites en termes de précision et de fiabilité par rapport aux équipements de référence (Subramanian & Garland, 2021).

L'éducation et la sensibilisation du public sont essentielles pour informer sur les risques et les moyens de protection. La mise en place de systèmes d'alerte précoce permettrait aux populations de se préparer lors des épisodes intenses de poussières, et peut permettre de conseiller l'utilisation de masques en tissu, dans la mesure du possible, afin d'essayer de réduire l'exposition individuelle aux PM<sub>10</sub>.

Le Service National d'Observation INDAAF, qui fait partie de l'Infrastructure de Recherche ACTRIS-FR, bénéficie du soutien du CNRS/INSU, de l'IRD et des Observatoires des Sciences de l'Univers EFLUVE et Observatoire Midi-Pyrénées. Les autrices souhaitent remercier les PI et opérateurs africains et français pour le maintien des stations INDAAF.

[dataset] Bouet, C., Labiadh, M. T., Khatteli, H., Bergametti, G., Rajot, J. L., Marticorena, B., Allègre, M., Féron, A., Gaimoz, C., Henry des Tureaux, T., Maisonneuve, F., Siour, G., Valorso, R., Ltifi, M. & Sekrafi, S. (2019). *PM10 concentration, Medenine, Tunisia*. AERIS. <https://doi.org/10.25326/290>

[dataset] Bouet, C., Yoboué, V., Marticorena, B., Rajot, J. L., Allègre, M., Féron, A., Gaimoz, C., Maisonneuve, F., Siour, G., Valorso, R., Ki, A. F., Konaté, I. & Ouattara, A. (2021). *PM10 concentration, Lamto, Côte d'Ivoire*. AERIS. <https://doi.org/10.25326/279>.

Direction Générale du Trésor (2019). Perspectives démographiques en Afrique de l'Ouest. [WWW Document]. URL <https://www.tresor.economie.gouv.fr/Pays/CI/perspectives-demographiques-en-afrique-de-l-ouest> (accessed 7.15.24).

Gaudiaut, T. (2024). Infographie : Quels pays gagnent ou perdent le plus d'habitants ? [WWW Document]. Stat. Dly. Data. URL <https://fr.statista.com/infographie/25299/taux-de-croissance-de-la-population-par-pays-ou-territoire> (accessed 7.15.24).

Goudie, A. S. (2014). Desert dust and human health disorders. *Environment International*, 63, 101–113.

Kaly, F., Marticorena, B., Chatenet, B., Rajot, J. L., Janicot, S., Niang, A., Yahi, H., Thiria, S., Maman, A., Zakou, A., Coulibaly, B. S., Coulibaly, M., Koné, I., Traoré, S., Diallo, A. & Ndiaye, T. (2015). Variability of mineral dust concentrations over West Africa monitored by the Sahelian Dust Transect. *Atmospheric Research*, 164–165, 226–241.

Khodraz, Z., Akbarian, M., Khorani, A., 2023. Projecting the impacts of climate change on the wind erosion potential using an ensemble of GCMs in Hormozgan Coastal plains, Iran. *Environ. Monit. Assess.* 195. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-12072-1>

Marticorena, B., Chatenet, B., Rajot, J. L., Traoré, S., Coulibaly, M., Diallo, A., Koné, I., Maman, A., NDiaye, T. & Zakou, A. (2010). Temporal variability of mineral dust concentrations over West Africa: analyses of a pluriannual monitoring from the AMMA Sahelian Dust Transect. *Atmospheric Chemistry & Physics*, 10, 8899–8915.

[dataset] Marticorena, B., Diallo, A., Rajot, J. L., Chatenet, B., Féron, A., Gaimoz, C., Maisonneuve, F., Siour, G., Diop, T. & N'Diaye, T. (2010). *PM10 concentration, M'Bour, Senegal*. AERIS. <https://doi.org/10.25326/284>

[dataset] Marticorena, B., Dorego, G. S., Rajot, J. L., Bouet, C., Allègre, M., Chatenet, B., Féron, A., Gaimoz, C., Maisonneuve, F., Siour, G., Valorso, R., Diop, M., Der Ba, S., Rokhy N'Diaye, G., Séné, M. & Thiam, A. (2021). *PM10 concentration, Bambey, Senegal*. AERIS. <https://doi.org/10.25326/267>

Middleton, N. J. (2017). Desert dust hazards: A global review. *Aeolian Research*, 24, 53–63.

[dataset] Rajot, J. L., Abdourhamane Touré, A., Marticorena, B., Bouet, C., Allègre, M., Chatenet, B., Féron, A., Gaimoz, C., Maisonneuve, F., Siour, G., Valorso, R., Maman, A. & Zakou, A. (2010a). *PM10 concentration, Banizoumbou, Niger*. AERIS. <https://doi.org/10.25326/211>

[dataset] Rajot, J. L., Boubacar, A., Marticorena, B., Bouet, C., Allègre, M., Chatenet, B., Féron, A., Gaimoz, C., Maisonneuve, F., Siour, G., Valorso, R., Coulibaly, S. B., Kouyaté, Z., Coulibaly, B., Coulibaly, M., Koné, I. & Traoré, S. (2010b). *PM10 concentration, Cinzana, Mali*. AERIS. <https://doi.org/10.25326/268>

Roehrig, R. (2010). Variabilité intrasaisonnière de la mousson africaine : caractérisation et modélisation. Thèse de l'Université Paris-Est, France.

Slingo, A., Ackerman, T. P., Allan, R. P., Kassianov, E. I., McFarlane, S. A., Robinson, G. J., Barnard, J. C., Miller, M. A., Harries, J. E., Russell, J. E. & Dewitte S. (2006). Observations of the impact of a major Saharan dust storm on the atmospheric radiation balance. *Geophys. Res. Lett.*, 33, L24817, doi:10.1029/2006GL027869

Subramanian, R. & Garland, R. (2021). Editorial: The powerful potential of low-cost sensors for air quality research in Africa. *Clean Air Journal*, 31. <https://doi.org/10.17159/caj/2021/31/1.11274>