

PREMIÈRE ÉVALUATION DES IMPACTS DES POUSSIÈRES DÉSERTIQUES SUR LA SANTÉ DES ENFANTS EN AFRIQUE DE L'OUEST : ÉTUDE DE CAS DANS LE BÉNIN SEPTENTRIONAL

DE LONGUEVILLE F. ^(1,3), HENRY S. ⁽²⁾, OZER P. ⁽³⁾

(1) CEDEM, Université de Liège, 7 boulevard du Rectorat, 4000 Liège, Belgique [fdelongueville@ulg.ac.be]

(2) Département de Géographie, Université de Namur, 61 Rue de Bruxelles, 5000 Namur, Belgique [sabine.henry@unamur.be]

(3) Département de Sciences et Gestion de l'Environnement, Université de Liège, 165 avenue de Longwy, 6700 Arlon, Belgique [pozer@ulg.ac.be]

Résumé – Le Sahara est à l'origine de plus de la moitié des aérosols désertiques présents dans l'atmosphère. Ces aérosols terrigènes diminuent la visibilité horizontale et augmentent les concentrations en particules de taille inférieure à 10 µm (PM₁₀), qui font partie de la catégorie des particules respirables. Un nombre croissant d'études démontrent des impacts significatifs des épisodes de poussières désertiques sur la santé, mais aucune étude n'a été menée en Afrique de l'Ouest. Cette étude est la première qui vise à évaluer les impacts réels des aérosols sahariens sur la qualité de l'air et la santé respiratoire dans cette partie du monde. La combinaison de deux sources d'informations a permis de déterminer les épisodes de poussières ayant affecté la région de Kandi (Bénin septentrional) en saison sèche durant la période 2003-2007. Sur l'ensemble de cette période, soixante-et-un jours d'épisodes de poussières ont été notés. Les concentrations journalières en PM₁₀ ont été multipliées par 18,5 lors de ces épisodes, ce qui contribue à dépasser de très loin les normes de l'OMS fixant un seuil de concentration annuelle maximale de 20 µg.m⁻³. Sur la base de données mensuelles de consultations des enfants pour infections respiratoires aiguës basses (IRAB), nous avons calculé une augmentation de 12,5 % des taux mensuels d'IRAB dans la région de Kandi durant les mois ayant enregistré un épisode de poussières. Même si cette augmentation est loin d'être négligeable, elle apparaît relativement limitée par rapport aux impacts auxquels on pourrait s'attendre compte tenu des concentrations en PM₁₀ atteintes. Ainsi, il est nécessaire de multiplier les recherches en Afrique de l'Ouest afin de mieux quantifier les impacts des aérosols désertiques sur la santé des populations qu'elle abrite.

Mots-clés : aérosols désertique, Bénin, enfants, Sahara, santé respiratoire.

Abstract – *First evaluation of the impacts of dust storms on the respiratory health of the children in West Africa: A case study in Northern Benin.* More than 50% of the total dust emitted into the atmosphere comes from the Sahara. Once in the air, these terrigenous aerosols contribute to increase the concentrations of particles smaller than 10 microns (PM₁₀), which are respirable particles. Increasing PM₁₀ concentrations may involve harmful effects on human health. This study is the first designed to assess the real impact of Saharan aerosols on air quality and respiratory health of children under five years old in a region of West Africa (Northern Benin). Dust events affecting the area during the dry season between 2003 and 2007 were determined on the basis of the combination of two sources (Internet and horizontal visibility data). Used health data are the monthly rates of acute lower respiratory infections (ALRI). Over the entire study period, sixty one days of dust events were observed in the region of Kandi. They recorded on average a daily concentration of PM₁₀ of 1017 µg.m⁻³, more than 18 times higher than that calculated on all days of the dry season without dust events. The study also highlighted a mean increase of 12.5% of ALRI rates during the months recording dust events, but other factors may have significant effects on the respiratory health of children. New studies are needed to refine these initial results.

Keywords: Benin, children, desert dust, respiratory health, Sahara.

Introduction

Plus de la moitié des aérosols désertiques présents dans l'atmosphère est originaire du Sahara (Ginoux *et al.*, 2004 ; Washington *et al.*, 2003). Une fois soulevés dans l'air, 60 % des aérosols sahariens se dirigent vers le golfe de Guinée, traversant plusieurs pays de l'Afrique de l'Ouest (Engelstaedter *et al.*, 2006). Ces aérosols diminuent la visibilité horizontale et augmentent les concentrations en particules de taille inférieure à 10 µm (PM₁₀), faisant partie de la catégorie des particules respirables (Ozer, 2000). Selon Sandstrom et Forsberg (2008), les particules les plus grossières peuvent provoquer des affections respiratoires en pénétrant dans les bronches et les particules plus fines sont capables d'atteindre les alvéoles pulmonaires, ce qui peut causer des problèmes cardiovasculaires. Les aérosols sahariens contiennent également de grandes quantités de pollens et de microorganismes (Garrison *et al.*, 2014) et des endotoxines susceptibles d'aggraver les infections pulmonaires (Sandstrom et Forsberg, 2008). La poussière désertique peut également être à l'origine de cas de coccidiomyose, méningite à méningocoques ou conjonctivite (Goudie, 2014). Selon

l'Organisation Mondiale de la Santé (WHO, 2000), chaque augmentation de $10 \mu\text{g.m}^{-3}$ de la concentration en PM_{10} est en moyenne associée à une croissance de 0,74 % de la mortalité non accidentelle totale à court terme. Un nombre croissant d'études, principalement menées en Asie et en Europe, ont prouvé, par des analyses quantitatives, l'existence d'effets significatifs des aérosols désertiques sur la santé (de Longueville *et al.*, 2013). À Chypre, les hospitalisations ont augmenté de 4,8 % durant les épisodes de poussières désertiques, définis comme un jour enregistrant une concentration en PM_{10} supérieure à $100 \mu\text{g.m}^{-3}$ pendant au moins une heure (Middleton *et al.*, 2008). À Barcelone, une augmentation de la mortalité de 8,4 % par jour par tranche de $10 \mu\text{g.m}^{-3}$ de $\text{PM}_{2,5-10}$ a été observée pendant les jours de tempête de poussières sahariennes (Perez *et al.*, 2008). Aux Caraïbes, des accroissements significatifs du nombre d'admissions pédiatriques ont été notés jusqu'à sept jours après le pic de poussières défini par une concentration journalière moyenne en PM_{10} dépassant $85 \mu\text{g.m}^{-3}$ (Monteil, 2008). Les niveaux de concentration de PM_{10} observés dans les études citées précédemment sont faibles par rapport à ceux enregistrés en Afrique de l'Ouest à certains moments de l'année (de Longueville *et al.*, 2010). Plusieurs études menées en Asie font référence à des niveaux très élevés de concentrations en PM_{10} en lien avec des tempêtes de poussières désertiques et mettent en avant des effets importants pour la santé. Ainsi, lors d'une tempête de poussières en 2002, les concentrations journalières moyennes en PM_{10} enregistrées à Séoul ont été supérieures à $600 \mu\text{g.m}^{-3}$ pendant plusieurs jours consécutifs. Le taux de visites aux urgences a augmenté de 9,4 % pour asthme atopique et de 15,2 % chez les personnes âgées de plus de 65 ans pendant cette période (Hwang *et al.*, 2008).

L'Afrique de l'Ouest s'impose comme la zone d'intérêt par excellence dans une étude sur les impacts des aérosols désertiques sur la qualité de l'air et sur la santé, non seulement parce qu'elle est à proximité immédiate du Sahara, mais aussi parce que, paradoxalement, c'est une zone encore vierge d'informations à ce sujet (de Longueville *et al.*, 2010). Sur la base de la combinaison de plusieurs sources de données permettant de détecter les épisodes de poussières et de données de santé originales, cette étude est la première qui vise à fournir une première évaluation quantitative des impacts des aérosols sahariens sur la santé respiratoire des enfants dans le nord du Bénin.

1. Zone et période d'étude

Notre intérêt s'est porté sur les poussières originaires de la dépression du Bodélé située dans le bassin du lac Tchad et qui sont transportées en saison sèche à basse altitude par l'Harmattan vers le sud du Niger et le Nigeria avant d'atteindre le golfe de Guinée (Ozer, 2005). La zone et la période d'étude ont été restreintes par une disponibilité limitée des données, tant relatives aux aérosols désertiques qu'aux infections respiratoires aiguës basses (IRAB) chez les enfants (0-4 ans). Un système assez performant de récolte de données sanitaires existe au Bénin où il a également été possible de récolter des données de visibilité horizontale pour les mois de saison sèche (novembre à mars) entre février 2003 et décembre 2007 pour la station synoptique de Kandi ($2,94^\circ\text{E}$, $11,13^\circ\text{N}$).

La zone d'étude est une des trente-quatre zones sanitaires du Bénin (Fig. 1), elle est localisée dans la région de Kandi, à l'écart des régions densément

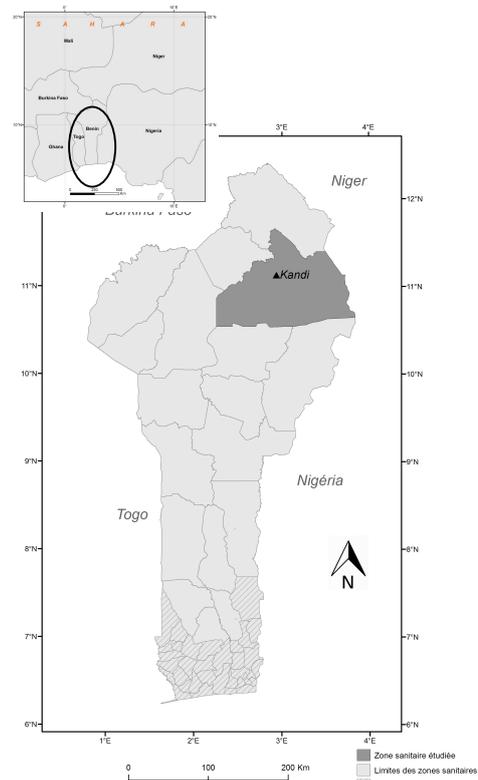


Figure 1 : Zone d'étude

peuplées et des grands centres urbains d'où émanent divers polluants atmosphériques d'origine anthropique (Lindén *et al.*, 2012).

2. Matériel et méthode

2.1. Détection des épisodes de poussières

Deux sources de données ont été utilisées pour détecter les épisodes de poussières sahariennes ayant affecté la zone d'étude durant quatre saisons sèches (2003-2004, 2004-2005, 2005-2006 et 2006-2007). Premièrement, il s'agit de la littérature *au sens large* : articles scientifiques, littérature grise disponible en ligne et sites web de données satellitaires. Des requêtes par combinaison de mots-clés ont été effectuées en anglais et en français dans différents moteurs de recherche. Après vérification, seuls ont été répertoriés les épisodes qui ont été susceptibles d'avoir affecté la qualité de l'air au Bénin. Deuxièmement, il s'agit des données horaires de visibilité horizontale relevées à la station synoptique de Kandi, acquises auprès de la Météorologie Nationale du Bénin. Le critère défini pour classer un épisode de poussières était l'enregistrement d'une visibilité horaire minimale journalière inférieure à 2 km pendant au moins deux jours consécutifs. La simple confrontation des épisodes de poussières issus des deux sources de données a donné lieu à trois cas de figure en fonction de la concordance ou de la discordance entre des épisodes de poussières relayés dans la littérature et l'observation des diminutions de la visibilité à Kandi.

2.2. Quantification des impacts des épisodes de poussières sur la qualité de l'air

Afin de quantifier les impacts des épisodes de poussières sahariennes sur la qualité de l'air respiré dans la zone d'étude, les données horaires de visibilité horizontale (V en dam) ont été transformées en concentrations en particules de taille inférieure à 10 µm (PM₁₀) (C en µg.m⁻³) grâce à une relation établie par d'Almeida (1986) :

$$C = 914,06 \cdot V^{-0,73} + 19,03 \quad (r^2 = 0,95)$$

Seules les valeurs de visibilité horaire en deçà de 5 km ont été converties en concentrations en PM₁₀. Des valeurs de concentrations journalières moyennes ont été calculées à partir des valeurs de concentrations journalières. Une comparaison a été ensuite réalisée entre la moyenne des concentrations enregistrée sur l'ensemble des jours avec épisode de poussières et la moyenne des concentrations journalières calculée sur l'ensemble des jours sans épisode de poussières.

2.3. Quantification des impacts des épisodes de poussières sur la santé

Les données de santé utilisées proviennent du Système National d'Information et de Gestion Sanitaires (SNIGS) mis en place au Bénin depuis 1995. Il s'agit de statistiques mensuelles de consultations d'enfants de 0 à 4 ans pour IRAB enregistrées dans les centres de santé publics. Les données relatives aux mois de saison sèche entre janvier 1998 et décembre 2008 (soit dix saisons sèches complètes) et agrégées à l'échelle des communes ont été acquises auprès du Ministère de la Santé Publique du Bénin. Elles ont été converties en taux mensuels de consultations pour IRAB grâce aux effectifs de populations par âge et par zone sanitaire présentes dans les annuaires de statistiques sanitaires publiés annuellement.

Pour vérifier les impacts des aérosols désertiques sur la santé des enfants, l'attention s'est portée sur la variabilité des taux mensuels d'IRAB enregistrés en saison sèche. Les mois et les années où les populations ont été le plus affectées ont été déterminés. Les résultats ont ensuite été mis en parallèle avec les grands épisodes de poussières ayant dégradé la qualité de l'air

dans la zone étudiée. Finalement, des tentatives de quantification des impacts ont été réalisées, principalement en comparant les moyennes des taux enregistrés les mois avec et sans épisode de poussières et en calculant les variations intersaisonnières (sur l'ensemble de la saison et mois par mois), et intrasaisonnière.

3. Résultats et discussion

3.1. Détermination des épisodes de poussières

Les recherches réalisées dans la littérature ont permis de mettre en avant seize épisodes de poussières susceptibles d'avoir dégradé la qualité de l'air dans la région de Kandi sur la période d'étude. L'analyse des séries de données de visibilité horizontale selon les critères définis a détecté dix-sept épisodes de poussières. La confrontation des résultats issus des deux sources de données a permis de répertorier dix épisodes de poussières sahariennes ayant affecté la qualité de l'air respiré par les populations de la région. Les différences entre les deux sources de données peuvent être dues soit à des épisodes de poussières — mais qui n'auraient pas affectés la zone d'étude —, soit à la présence d'autres types d'aérosols. Les dix épisodes de poussières sahariennes recensés comptabilisent un total de soixante-et-un jours.

3.2. Impacts des épisodes de poussières sur la qualité de l'air respiré

La concentration en PM₁₀ journalière moyenne enregistrée à Kandi durant ces soixante-et-un jours d'épisodes de poussières s'élève à 1017 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ contre 55 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ les autres jours, soit une valeur 18,5 fois plus élevée lors de ces épisodes. L'épisode de poussière qui a enregistré la concentration en PM₁₀ maximale sur sa durée est survenu du 25 au 27 février 2005 (1 782 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Les concentrations en PM₁₀ moyennes journalières les plus élevées sur l'ensemble de la période d'étude ont atteint 3 127 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ et 2 635 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ et ont été enregistrées respectivement le 25 février 2005 et le 4 mars 2004.

Il apparaît que les effets des aérosols désertiques sur la qualité de l'air sont plus conséquents que les effets provoqués par d'autres types d'aérosols. En effet, la concentration journalière en PM₁₀ moyenne était de 1 017 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pour les soixante-et-un jours d'épisodes de poussières contre une moyenne de 508 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pour les vingt-deux jours où les concentrations ont vraisemblablement augmenté à cause de la présence d'autres types d'aérosols. La durée des épisodes, évaluée sur le nombre de jours où les aérosols dégradent visiblement la qualité de l'air, est aussi plus importante pour les épisodes de poussières désertiques que pour les épisodes liés à d'autres types d'aérosols (6,1 jours successifs en moyenne sur dix épisodes de poussières sahariennes, avec un maximum de douze jours contre 3,1 jours successifs en moyenne sur sept épisodes *autres* avec une durée maximale de quatre jours).

3.3. Impacts des épisodes de poussières sur la santé respiratoire des enfants

La figure 2 montre la variabilité des taux mensuels de consultations pour IRAB chez les enfants de 0 à 4 ans durant les cinq mois de saison sèche, entre novembre 1998 et mars 2008 dans la zone sanitaire de Kandi. Les taux diminuent quasiment systématiquement de manière marquée de novembre à décembre et dans une moindre mesure de décembre à janvier, excepté durant les saisons sèches 2000-2001 et 2001-2002 où une légère augmentation des taux est observée entre décembre et janvier. À l'inverse, de janvier à février, les taux croissent ; c'est également le cas de février à mars. La fin de la saison sèche concentre en général un plus grand nombre d'épisodes de poussières (Koren *et al.*, 2006). C'est aussi à cette période, à la fin de cette saison sèche, que les jeunes enfants sont probablement davantage fragilisés par une exposition prolongée aux aérosols (Derbyshire, 2007). La saison sèche 2000-2001 est celle qui se démarque le plus des autres par des taux particulièrement élevés, surtout en fin de

saison sèche. Le taux moyen mensuel sur cette saison était de 132 avec des valeurs proches de 180 en février et en mars. Des concentrations maximales en PM₁₀ jusqu'à 10 240 µg.m⁻³ ont été enregistrées au centre de la tempête de poussières entre fin janvier et fin mars 2001. Les taux moyens d'IRAB des saisons sèches 2001-2002, 2003-2004 et 2005-2006 valant respectivement 78, 80 et 79 sont légèrement au-dessus de la moyenne (74). À l'inverse, la saison sèche 2002-2003 a enregistré le taux d'IRAB moyen mensuel le plus bas (51). Il semble qu'elle ait été relativement épargnée en termes d'épisodes de poussières.

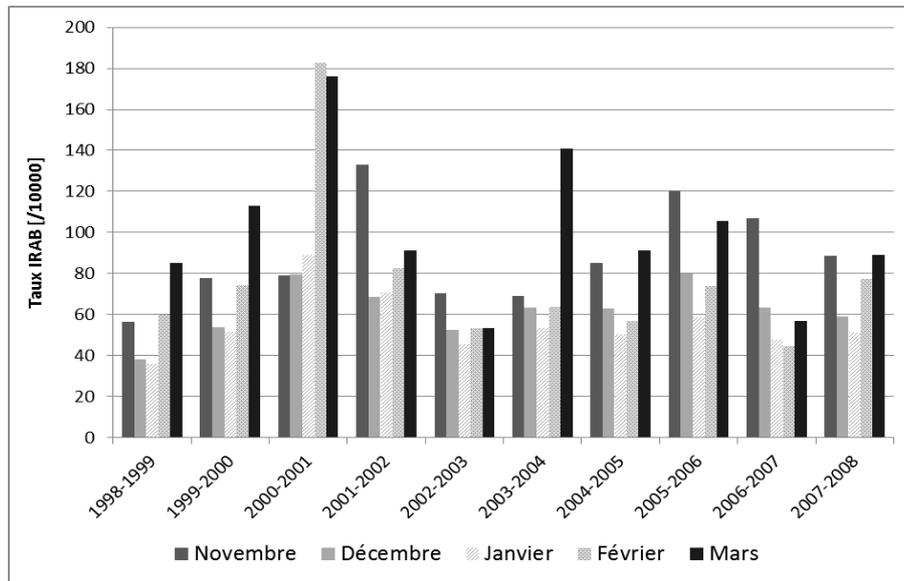


Figure 2 : Taux de consultations pour IRAB en saison sèche (5 mois) entre novembre 1998 et mars 2008 dans la zone sanitaire de Kandi

Sur l'ensemble des mois de saison sèche de la période 2003-2007, nous avons estimé que les taux mensuels d'IRAB augmentaient en moyenne de 12,5 % les mois ayant été affectés par les dix épisodes de poussières par rapport aux mois de saison sèche n'ayant enregistré aucun épisode de poussières. Cette augmentation dépasse 18 % si on exclut les mois de novembre où un seul épisode de poussières a été enregistré et où les taux élevés s'expliquent probablement par d'autres processus (changement de saison). Vu que les épisodes de poussières durent en moyenne six jours, l'utilisation de données de santé à un pas de temps plus court (décadaire ou journalier) amènerait certainement à des résultats plus précis. Le mois de mars 2004 a enregistré un taux d'IRAB parmi les plus élevés (141, soit une augmentation de 163 % entre janvier et mars), alors que trois épisodes de poussières importants ont été notés sur les seuls mois de février et mars 2004 avec des impacts significatifs sur la visibilité. En ce qui concerne les taux d'IRAB de 2000-2001 — qui sont plus élevés que ceux de 2004 —, des investigations supplémentaires sont nécessaires vu que nous ne disposons actuellement pas de données relatives aux épisodes de poussières pour cette période.

Conclusion

Dix épisodes de poussières semblent avoir eu des impacts significatifs directs sur la qualité de l'air respiré par les populations dans la zone sanitaire de Kandi durant les mois de saisons sèches entre 2003 et 2007. Lors de ces épisodes, la visibilité a fortement diminué sur plusieurs jours consécutifs et les concentrations journalières en PM₁₀ ont en moyenne été multipliées par 18,5 à la station météorologique de Kandi. Grâce à l'accès à des données de santé non exploitées jusqu'ici et en dépit du pas de temps auquel elles sont disponibles, plusieurs éléments intéressants sont ressortis de cette étude. Les taux mensuels d'IRAB varient en

moyenne du simple au double au cours d'une saison sèche. La recrudescence du nombre de consultations pour IRAB est progressive et généralement maximale en fin de saison sèche. Les mois ayant enregistré des épisodes de poussières connaissent une hausse moyenne de 12,5 % de leurs taux d'IRAB par rapport aux autres mois. Le recours à des données de consultations journalières devrait permettre d'utiliser des méthodes statistiques plus spécifiques, d'affiner les résultats obtenus et d'évaluer plus précisément les effets des épisodes de poussières ponctuels sur la santé respiratoire des jeunes populations de cette zone. La prise en compte d'autres sources de pollution de l'air devrait également être envisagée pour améliorer la compréhension globale du phénomène et du rôle spécifique joué par les aérosols désertiques dans la recrudescence des cas d'IRAB en saison sèche dans cette région ouest-africaine.

Références bibliographiques

- D'Almeida G.A., 1986: A model for Saharan dust transport. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, **25**, 903-916.
- de Longueville F., Hountondji Y., Henry S., Ozer P., 2010: What do we know about effects of desert dust on air quality and human health in West Africa compared to other regions? *Science of the Total Environment*, **409**, 1-8.
- de Longueville F., Hountondji Y., Ozer P., Marticorena B., Chatenet B., Henry S., 2013: Saharan Dust Impacts on Air Quality: What Are the Potential Health Risks In West Africa? *Human and Ecological Risk Assessment*, **19**, 1595-1617.
- Derbyshire E., 2007: Natural Minerogenic Dust and Human Health. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, **36(1)**, 73-77.
- Engelstaedter S., Tegen I., Washington R., 2006: North African dust emissions and transport. *Earth Sciences Research*, **79**, 73-100.
- Goudie A.S., 2014: Desert dust and human health disorders. *Environment International*, **63**, 101-113.
- Ginoux P., Prospero J.M., Torres O., Chin M., 2004: Long-term simulation of global dust distribution with the GOCART model: correlation with North Atlantic oscillation. *Environmental Modelling & Software*, **19**, 113-128.
- Garrison V.H., Majewski M.S., Foreman W.T., Genualdi S.A., Mohammed A., Massey Simonich S.L., 2014: Persistent organic contaminants in Saharan dust air masses in West Africa, Cape Verde and the eastern Caribbean. *Science of the Total Environment*, **468**, 530-543.
- Hwang S., Jang Y., Kim H., 2008: The Asian Dust Events and Emergency Department Visits with Atopic Asthma in Seoul, Korea. *Epidemiology*, **19**, S360-S360.
- Koren I., Kaufman Y.J., Washington R., Todd M.C., Rudich Y., Vanderlai Martins J. *et al.*, 2006: The Bodélé depression: a single spot in the Sahara that provides most of the mineral dust to the Amazon forest. *Environmental Research Letters*, **1**, 1-5, doi:10.1088/1748-9326/1/1/014005.
- Lindén J., Boman J., Holmer B., Thorsson S., Eliasson I., 2012: Intra-urban air pollution in a rapidly growing Sahelian city. *Environment International*, **40**, 51-62.
- Middleton N.J., Yiallourous P., Kleanthous S., Kolokotroni O., Schwartz J., Dockery D.W. *et al.*, 2008: A 10-year time-series analysis of respiratory and cardiovascular morbidity in Nicosia, Cyprus: the effects of short-term changes in air pollution and dust storms. *Environmental Health*, **7**, 39, doi:10.1186/1476-069X-7-39.
- Monteil M.A., 2008: Saharan dust clouds and human health in the English-speaking Caribbean: what we know and don't know. *Environmental Geochemistry and Health*, **30**, 339-343.
- Ozer P., 2000 : Les lithométéores en région sahélienne : un indicateur climatique de la désertification. *Géo-Éco-Trop*, **24**, 1-317.
- Ozer P., 2005 : Estimation de la pollution particulaire naturelle de l'air en 2003 à Niamey, Niger, à partir de données de visibilité horizontale. *Environnement, Risques et Santé*, **4**, 43-49.
- Perez L., Tobias A., Querol X., Künzli N., Pey J., Alastuey A. *et al.*, 2008: Coarse Particles From Saharan Dust and Daily Mortality. *Epidemiology*, **19**, 800-807.

Sandstrom T., Forsberg B., 2008: Desert Dust. An Unrecognized Source of Dangerous Air Pollution? *Epidemiology*, **19**, 808-809.

Washington R., Todd M., Middleton N.J., Goudie A.S., 2003: Dust storm source areas determined by the total ozone monitoring spectrometer and surface observations. *Annals of the Association of American Geographers*, **93**, 297-313.

WHO, 2000: *Guidelines for Air Quality*. World Health Organization, 22 p.