

LES APPORTS ATMOSPHERIQUES DANS LA REGION D'ORAN (ALGERIE) ATMOSPHERIC INPUT TO THE ORAN AREA (ALGERIA)

BOUDJEMLINE Djamel, Laboratoire d'Hydrologie et Ressources en eau, USTO. Oran. Algérie

BOUNKHALA Naïma, Laboratoire d'Hydrologie et Ressources en eau, USTO. Oran. Algérie

LOÏE-PILOT Marie Dominique, CERES/ERTI, ENS, 24 rue Lhomond, 75005 Paris, France

Résumé : L'atmosphère apporte à la surface du globe des substances dont la source peut être naturelle (marine= sels marins recyclés ou terrigène= érosion des sols) ou anthropique (liée à la pollution). Leur dépôt se fait soit par les pluies (dépôt humide) soit par le dépôt sec des aérosols et de certains gaz. Les flux atmosphériques hydriques et chimiques sont observés à Oran à partir d'une station expérimentale implantée en 1998. Le travail présenté ici porte sur deux années d'étude, 2000-2001 et 2001-2002, durant lesquelles on a collecté 43 événements pluvieux et 31 épisodes secs dans un pluviomètre ouvert en permanence. Les pluies sont filtrées; le filtrat est analysé et la fraction particulaire pesée. Les dépôts secs, récupérés avec 200 ml d'eau distillée sont traités comme les pluies. La chimie des pluies confirme l'existence de pluies d'origine anthropique, saharienne ou mixte. La fraction marine représente 11 à 17% de la fraction dissoute à l'échelle annuelle, dont la composition est dominée par les bicarbonates, les chlorures et les sulfates. La fraction soluble du dépôt sec est caractérisée par une plus forte minéralisation que la fraction dissoute des pluies et une fraction marine deux fois plus importante.

Les apports dissous des pluies, de l'ordre de 60t/km²/an sur la période étudiée, sont plus importants qu'aux sites nord-méditerranéens sur lesquels des mesures existent.

Mots-clés: pluies; dépôts secs; chimie; Oran.

Abstract : The atmosphere brings to the earth surface many substances whose source may be natural (marine= recycled sea salts or terrigenous= soil erosion) or anthropic (related to human activity like pollution) origin. Their deposition occurs either by rains (wet deposition) or by the dry deposition of aerosols and gases. Hydric and chemical atmospheric inputs are surveyed in Oran at an experimental station established since 1998. The work presented here concerns two years of study, 2000-2001 and 2001-2002, during which 43 rainy events and 31 dry episodes were collected in a bulk precipitation collector. The rains and the dry deposition (recovered with 200 ml of deionized water) are filtered, the filtrate is analyzed and the particulate fraction weighed. Rain chemistry confirms the different origin of precipitations, anthropic, saharian and mixed ones. The marine fraction accounts for 11 to 17% of the dissolved fraction of rains at the annual scale; bicarbonate, chloride and sulfate ions dominate rain dissolved composition. Soluble fraction of the dry deposition displays higher concentrations than rains and the marine fraction is twice that of the rains. Rain dissolved input (around 60 t/km²/y for the observed period) is higher than for monitored north Mediterranean sites (13/25 t/km²/y).

Key words: rains; dry deposition; chemistry; Oran.

INTRODUCTION

L'atmosphère apporte à la surface de la terre et de la mer par l'intermédiaire des pluies et du dépôt des aérosols et des gaz, un certain nombre de substances soit en solution soit sous forme de particules solides. Ces apports peuvent avoir des sources naturelles (marine ou terrigène) ou anthropiques (liées à la pollution). Leur dépôt peut avoir des impacts certains sur l'environnement (géologique, géochimique et écologique). Ces apports sont étudiés à Oran depuis 1998. Une partie des observations a fait l'objet d'une thèse de Magistère (Bounkhala, 2006) dont nous présentons ici les principaux résultats.

MATERIELS ET METHODE

Le dispositif expérimental comprend, outre un pluviomètre standard type Météo France (400 cm² ouverture), un kit de filtration permettant de séparer la fraction dissoute de la fraction particulaire. Les filtres utilisés sont de type Nuclepore ©, de 0.40 µm de porosité. Le filtrat est échantillonné dans des flacons en polyéthylène et stockés au froid. Les filtres chargés sont passés au dessiccateur puis stockés pour être pesés plus tard. Toutes les pluies sont échantillonnées. Durant les périodes non pluvieuses se fait le dépôt sec des aérosols et des gaz. Le dépôt sec est récupéré par rinçage du pluviomètre avec un aliquote de 200 ml d'eau déminéralisée qui est ensuite traité avec le même protocole que les pluies. Le filtrat, qu'il s'agisse d'une pluie ou d'un dépôt sec, est l'objet d'une analyse physico chimique; les paramètres et éléments suivants sont dosés: pH; conductivité; calcium (Ca); magnésium (Mg); sodium (Na); potassium (K); ammonium (NH₄); chlorures (Cl); sulfates (SO₄); nitrates (NO₃) et bicarbonates (HCO₃). Les filtres chargés sont pesés sur une balance de 0.1 mg de précision. Leur allure est très significative de l'origine des pluies.

Les images satellitaires correspondant aux différents événements pluvieux enregistrés dans la région sont téléchargées au jour le jour (www.meteofrance.com); elles servent à l'interprétation des résultats.

LES PRECIPITATIONS

Les observations pluviométriques relevées au niveau de notre station expérimentale (Oran. exp.) indiquent un fonctionnement cohérent, comparé à la station de l'ANRH prise comme station de référence (fig. 1).

Le mois de novembre est le plus arrosé (80 mm), soit deux fois plus que les mois d'hiver (décembre, janvier et février avec une moyenne de 40 mm, et quatre fois plus arrosé que les mois de printemps avec une moyenne de 20 mm. Les mois de juin, juillet et août sont pratiquement secs.

Les pluies sont irrégulièrement réparties dans le temps (fig. 2).

L'évolution saisonnière indique un hiver (décembre à février) où les précipitations mensuelles sont équilibrées, et autant arrosé (127 mm) que l'automne. Ce dernier (septembre à novembre) se distingue par une grande variabilité des précipitations mensuelles, mais reçoit autant de pluie que l'hiver: 112 mm). Le printemps (mars à mai) est pratiquement moins arrosé de moitié (72 mm), mais les pluies mensuelles sont plus homogènes.

L'évolution annuelle montre une hétérogénéité moins marquée. Les pluies varient de 230 mm à 375 mm. A partir de 2000, les pluies sont supérieures ou égales à 300 mm avec une moyenne autour de 315 mm.

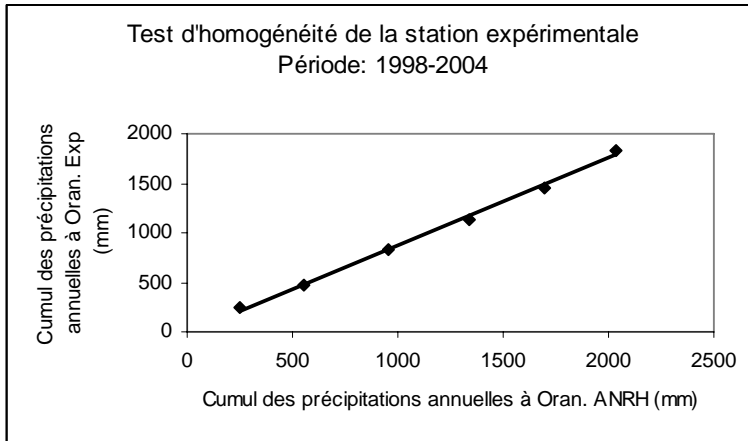


Fig. 1. Homogénéité des précipitations annuelles à la station expérimentale

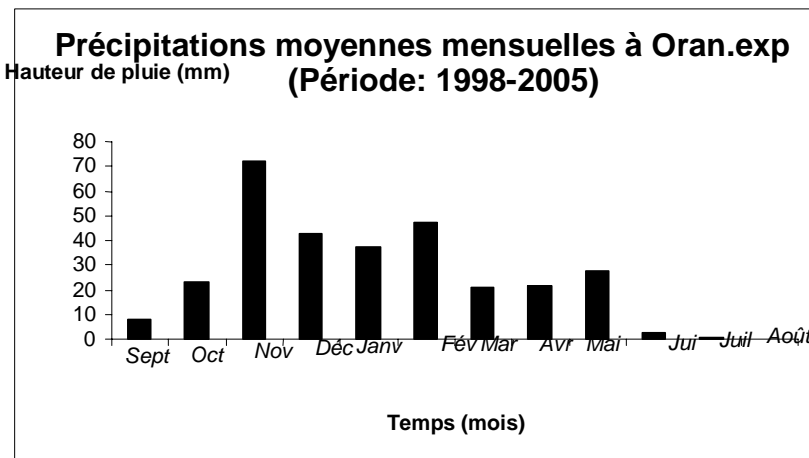


Fig. 2. Précipitations moyennes mensuelles à Oran exp sur 7 ans.

Conclusion

- Il y'a une bonne correspondance de la pluviométrie au site expérimental avec le site de référence de l'ANRH. La chimie des pluies établies au site expérimental pourra être donc extrapolée à la ville d'Oran.
- Les précipitations journalières sont très irrégulières.
- Les précipitations mensuelles confirment la saisonnalité des pluies.
- Les précipitations annuelles (moyenne de 315 mm) confirment le climat semi-aride de la région d'Oran.

CHIMIE DES APPORTS ATMOSPHERIQUES

La chimie des apports atmosphériques englobe la chimie des précipitations et la chimie des dépôts secs. Nous présentons ici les résultats des années 2000/2001 et 2001/02 pour la chimie de la fraction dissoute / soluble des apports atmosphériques.

Chimie de la fraction dissoute des précipitations

Les concentrations des différentes espèces chimiques sont très variables; les coefficients de variation sont élevés. Les ions présentent des distributions de type classique, la majorité d'entre eux sont distribués log-normalement, ce qui signifie dans l'interprétation classique que leur niveau dans la pluie résulterait d'un grand nombre de facteurs indépendants à effets multiplicatifs, chaque facteur ayant individuellement un effet négligeable (Durand, 1989). Les concentrations moyennes pondérées des différents ions sont très variables: de <1 mg/l pour K à >50 mg/l pour SO_4 et HCO_3 . Pour la majorité des ions, la concentration est d'autant plus élevée que la hauteur de pluie est faible (effet de concentration) et inversement. L'évolution de la concentration en fonction de la hauteur de pluie, a la forme d'une hyperbole (fig. 3). Ceci s'explique par un lessivage progressif de l'atmosphère; les pluies arrivant en premier sont très concentrées, celles arrivant vers la fin n'apportent que ce qu'il y'a dans les nuages.

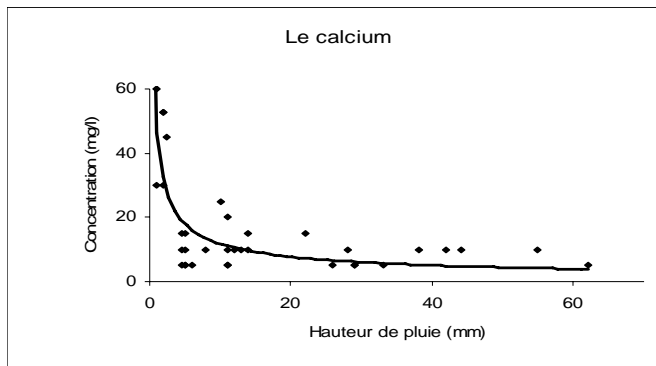


Fig. 3. Relation concentration- hauteur de pluie

Les pluies présentent une minéralisation forte (167 mg/l en moyenne) variant de 103 à 280 mg/l. Leur composition montre une variation temporelle des éléments (fig. 4) en relation avec l'origine des masses d'air et la source de l'élément considéré (Loye-Pilot et al 1989).

- Les sources sont naturelles pour Na et Ca (marine pour Na et terrigène pour Ca).
- Elles sont anthropiques pour SO_4 et NO_3 (pollution industrielle pour SO_4 et mixte -industrielle et automobile pour NO_3).

La composition chimique de la phase dissoute, la nature de la phase particulaire et l'examen des situations météorologiques par imagerie satellitaire permet de distinguer, en plus de la fraction marine, toujours présente dans ce site côtier, des pluies anthropiques associées à des masses d'air venant du Nord (47% des pluies), des pluies sahariennes venant du Sud (21% des pluies) et des pluies mixtes dont les composés ont une double origine nord et sud.

Les sels marins recyclés sont calculés en prenant l'élément sodium (Na) comme élément de référence. Na étant entièrement marin, les chlorures et le potassium apportés par les pluies à Oran sont à moitié d'origine marine (fig.5). 10% seulement du magnésium est d'origine marine alors que la contribution de la fraction marine pour le calcium est très faible (2%).

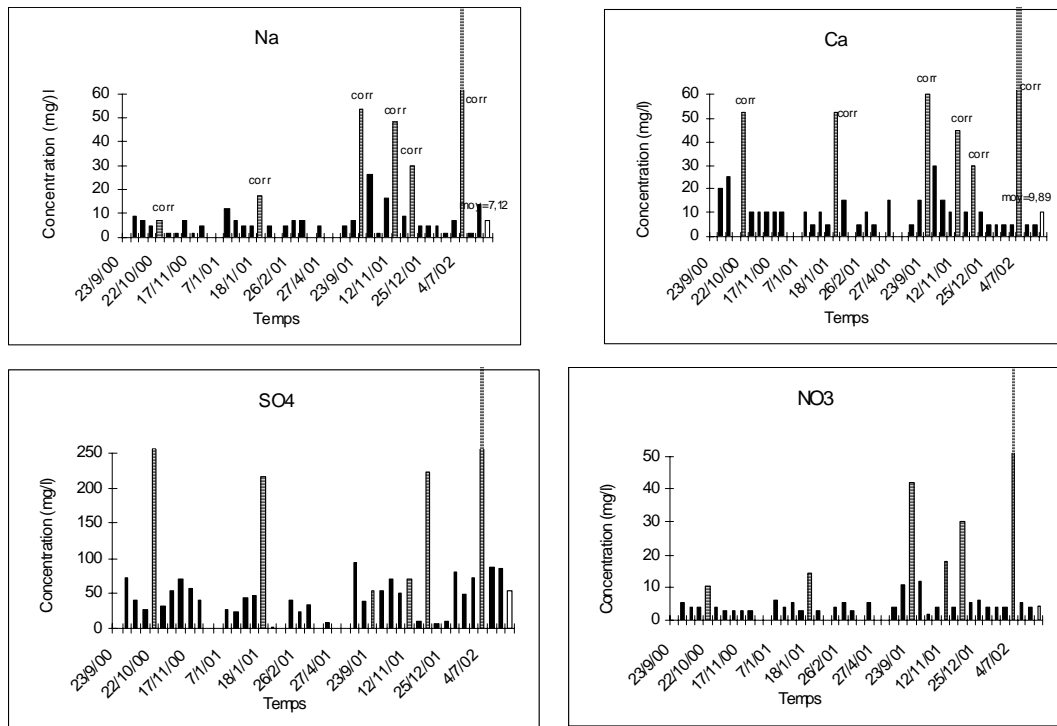


Fig. 4. Variation temporelle de la concentration de quelques ions caractéristiques dans les pluies.

La fraction marine varie de 4 à 40% par évènement pluvieux (fig. 6) et de 11 à 17% à l'échelle annuelle.

Les pluies anthropiques associées à des masses d'air venant du nord (exemple de la pluie du 04 mai 2001) sont caractérisées par des pH acides; elles apportent des sulfates essentiellement et leur filtre est **gris**.

Les pluies sahariennes venant du sud, comme par exemple la pluie du 24 octobre 2000, apportent surtout du calcium et des bicarbonates. Leur pH est neutre et leur filtre est brun rouge.

Les pluies mixtes ayant une double origine nord et sud (exemple de la pluie du 17 février 2001), sont intermédiaires que ce soit par leur pH que par leur composition. Leur filtre est brun rouge à semelle noire: la surface brun rouge caractérisant l'apport saharien alors que la semelle noire témoigne de l'apport anthropique.

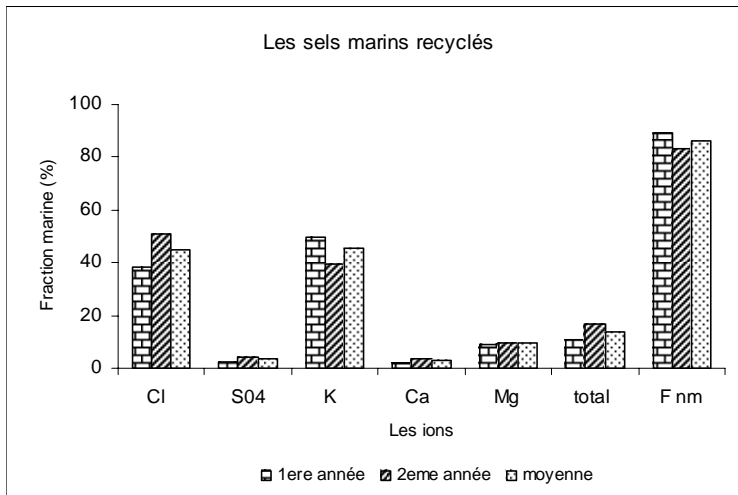


Fig. 5. Les sels marins recyclés dans la fraction dissoute des pluies

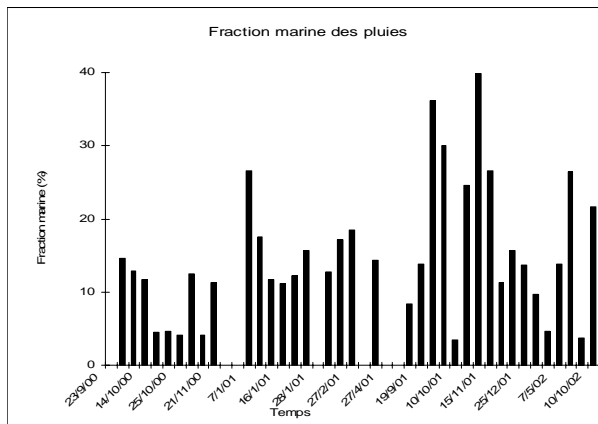


Fig. 6. Variations de la fraction marine des pluies pour chaque échantillon

Chimie de la fraction soluble du dépôt sec

La chimie de la fraction soluble des dépôts secs est assez semblable à celle des pluies, mais la fraction locale plus importante, signale l'impact des poussières terrigènes et des émissions anthropiques proches. La minéralisation est plus forte; la charge totale (soluble dans 200 ml) varie de 78 mg/l à 339 mg/l. La variabilité temporelle des concentrations est moins prononcée que pour les pluies (fig. 7); elle est surtout en relation avec la vitesse et la direction des vents dominants. La fraction non marine est surtout dominée par Ca et SO₄, ce qui indique une source locale ou régionale de ces éléments.

La fraction marine est plus importante que pour les pluies et varie de 24 à 33% à l'échelle annuelle, soit deux fois plus que dans les pluies. La fraction particulière est plus importante que pour les pluies avec des particules grossières plus abondantes.

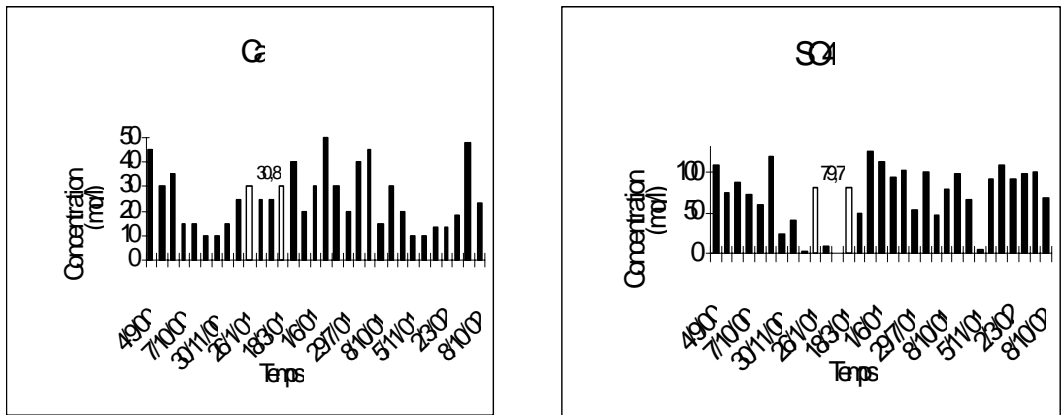


Fig. 7. Variation temporelle des concentrations Ca et SO₄ dans la fraction soluble du dépôt sec.

Les apports atmosphériques à la région d'Oran.

Les apports dissous totaux par les pluies varient en fonction de la hauteur de ces dernières: 40 t/km² en 2000/2001 à 75 t/km² en 2001/2002; ils sont dominés par HCO₃⁻, SO₄²⁻ et Cl⁻. Les apports en éléments nutritifs ne sont pas négligeables: 5 t/km²/an pour le soufre, 2.8 t/km²/an et 2.5 t/km²/an pour le calcium et le magnésium respectivement et moins de 0.5 t/km²/an pour l'azote et le potassium.

Les apports solubles des dépôts secs sont plus faibles que les apports dissous pluies (rapport de 1/4); ils sont dominés par SO₄²⁻ et Cl⁻.

Comparés à des sites situés au Nord de la Méditerranée (en Corse), les apports dissous par les pluies à Oran, estimés en moyenne à 60 t/km²/an sont plus importants qu'en Corse où ils sont estimés entre 13 et 25 t/km²/an selon les sites.

CONCLUSION

La station expérimentale fonctionne de façon correcte du point de vue hydrologique. Les pluies sont faibles et mal réparties dans le temps. La pluie moyenne annuelle est de 315 mm sur la période 1998 à 2004, confirmant ainsi le climat semi aride de la région.

Les eaux de pluie ont une charge dissoute relativement importante; leur minéralisation dépend de l'origine des masses d'air et leur fraction marine est importante (station côtière).

Les pluies rouges (source saharienne) représentent 21% des épisodes pluvieux; les pluies acides (source anthropique) représentent 47% des événements pluvieux et les pluies mixtes représentent 32 % des épisodes.

Les dépôts secs ont la même gamme de concentrations que les pluies; leur fraction marine est plus importante que pour les pluies; leur fraction particulaire est importante et essentiellement d'origine locale.

Les apports atmosphériques (solubles) par dépôt sec sont plus faibles que les apports dissous par les pluies.

REERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Balegh, M.A., 2001 Contribution à l'étude des apports atmosphériques de la région d'Oran. Mémoire d'ingénieur. USTO.
- Bounkhala, N., 2006 Contribution à l'étude de la redistribution des apports atmosphériques et leur impact sur l'environnement de la région d'Oran. Thèse de Magistère. USTO.
- Coude- Gausson, G., 1983 Les poussières sahariennes. La Recherche, 147, 12p. 1050-1061.
- Dupraz, C., 1984 Bilans des transferts d'eau et d'éléments minéraux dans trois bassins-versants comparatifs à végétations contrastées du Mont Lozère (France). Thèse de Docteur Ingénieur. Université d'Orléans.
- Durand, P., 1989 Biogéochimie comparée de trois écosystèmes de moyenne montagne granitique (Mont- Lozère, France). Thèse de Doctorat. Université d'Orléans. 193 pp.
- Durand, P., Neal, C. , Lelong, F., 1992 Anthropogenic and natural contributions of the rainfall chemistry of a mountainous area in the Cevennes National Park. Journal of Hydrology, 130, 71-85.
- Loÿe-Pilot, M.D., 1995 Apports atmosphériques au bassin versant du Fango (Corse) : Impact sur la chimie des eaux de surface. Rapport inédit. Ecole Normale Supérieure, Paris.
- Loÿe-Pilot, M.D., 1993 Impact géologique, géochimique et écologique des apports atmosphériques. Biologie Géologie n° 1- 1995.
- Loÿe-Pilot, M.D., Martin, J.M., Morelli, J., 1986. Influence of saharian dust on the rain acidity and atmospheric input to the Mediterranean. Nature, 321, 6068, 427-428.
- Loÿe-Pilot, M.D., Klein, C and Martin, J.M., 1993 Major inorganic elements in North Western Mediterranean aerosols. Concentrations and sources; Estimation of dry deposition of soluble inorganic nitrogen. In EROS 2000 (European River Ocean System). Project fourth Workshop in Plymouth.
- Loÿe-Pilot, M.D., Martin, J.M., Morelli, J., 1990 Atmospheric input of inorganic nitrogen to the Western Mediterranean. Biogeochemistry, 117-134.
- Loÿe-Pilot, M.D., Morelli, J., 1988 Fluctuation of ionic composition of precipitations collected in Corsica related to changes in the origins of incoming aerosols. Journal of Aerosol Science, 577-585.
- Meybeck, M., 1984. Les fleuves et les cycles biogéochimiques des éléments. Thèse d'Etat, Université Pierre et Marie Curie, Paris.
- Roda, F., Bellot, J., Avila, A., Scared, A., Piñol, J., 1993 Saharian dust and the atmospheric inputs of elements and alkalinity to Mediterranean ecosystems. Water Air and Soil Pollution, 66, 277-288, Kluwer Academic Publishers.