

SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE DE L'ATMOSPHERE : EXPERIENCE DE L'ALGERIE DE 1994 A 2005

H. ABDERRAHIM, Institut Hydrométéorologique de Formation et de Recherches d'Oran,
hamza_or@yahoo.fr

A. HAMOU, Laboratoire d'Etudes des Sciences des Matériaux et Environnement, Université d'Oran Es Sénia,
ahmedhamou5@yahoo.fr

M.MIMOUNI, Office National de la Météorologie, Tamanrasset
m_mimouni_dz@yahoo.fr

Résumé

Dans le cadre du programme mondial de la surveillance de la composition chimique de l'atmosphère et de la qualité de l'air, l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) a initié en 1989 le programme de la Veille de l'Atmosphère Globale (VAG) en collaboration avec le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE). Ce projet a consisté à la mise en place d'un certain nombre de stations les plus représentatives à travers le monde et couvrant au mieux le globe. Ces stations sont situées dans des sites isolés et éloignés de toute source de pollution industrielle (anthropique) et de préférence à une altitude élevée. L'Algérie a été choisie pour abriter une station de base et sa localisation à Tamanrasset et l'Assekrem (Hoggar) répond aux critères relatifs au choix de l'emplacement des stations de surveillance de la pollution atmosphérique. Parmi les mesures effectuées nous présenterons dans cet article les résultats obtenus pour la période 1994-2005, pour les paramètres suivants : le trouble atmosphérique, l'ozone total, l'ozone en surface, les aérosols inférieurs à 10 μm , l'échantillonnage des principaux gaz à effet de serre (CO_2 , CO , CH_4)

Most clés : environnement, surveillance, pollution, mesures, gaz à effet de serre

Abstract

In the context of the world program to watch the chemical composition of the atmosphere and the quality of air. In 1989, WMO initiates, in collaboration with the UNEP, the GAW program. This project consisted on the elaboration of certain numbers of stations, which are the most representative all over the world and covering the averagely the whole glob. These stations are located in isolate areas from any source of industrial pollution and in high altitude. Algeria has been chosen to shelter one of these bases. It is situated in Tamanrasset an Assekrem (Hoggar). This station answers all the criteria. Some of the measurements will be exposed in this article about the following parameters between 1994 and 2005: atmospheric trouble, stratosphere ozone, troposphere ozone, aerosols lower than 10 μm , sampling of the principal greenhouse gas (CO_2 , CO , CH_4).

Key words: environment, watch, pollution, measures, greenhouse gas

1. Introduction

La pollution atmosphérique n'est pas un phénomène nouveau. Depuis la révolution industrielle du 19^{ème} siècle, caractérisée par une utilisation massive des combustibles fossiles, un certain nombre d'épisodes tragiques ont marqué l'histoire. Un des plus célèbres est celui du smog de Londres de 1952 (smog est la contraction de *smoke* et de *fog*). Une augmentation brutale des concentrations de dioxyde de soufre due à des conditions météorologiques particulièrement stagnantes, causa près de 4000 morts (Brimblecombe, 1987).

Dans le passé, le but de la météorologie consistait principalement à étudier la physique et la dynamique de l'atmosphère [1]. Cela se comprend aisément étant donné que l'état physique de l'atmosphère et son aspect dynamique exercent une influence directe, non seulement sur notre vie quotidienne, mais également sur des activités humaines aussi importantes que la production agricole, les transports aériens, terrestres et maritimes.

Cependant les résultats de récentes recherches ont fait apparaître que l'étude de l'atmosphère devait aussi s'appuyer sur la chimie, car sa physique, sa dynamique et en définitive le climat, dépendent tous de la composition chimique de l'atmosphère [2 et 3]. Les transferts par rayonnement d'ondes courtes et d'ondes longues, qui déterminent le bilan radiatif, sont fonction en fait de la nature des molécules gazeuses et des particules en suspension (aérosols) présentes dans l'atmosphère. En outre, dans les nuages, les particules agissent comme noyaux de condensation et noyau de congélation. L'activité de ces particules dépend à la fois de leurs caractéristiques physiques et de leur composition chimique. C'est ainsi que les particules en suspension exercent une forte influence, non seulement sur la répartition des précipitations, mais également sur l'étendue de la couverture nuageuse et par conséquent, sur l'albédo planétaire de la terre [4 et 5]. Enfin la visibilité, l'un des paramètres atmosphériques les plus importants pour l'aviation et la navigation, dépend directement de la nature des particules, y compris de leur composition chimique [6].

Une autre raison importante de s'intéresser à la chimie atmosphérique réside dans le fait que les gaz et les particules atmosphériques font l'objet d'un échange permanent avec les plantes, le sol et les surfaces d'eau de la terre. Certains éléments constitutifs de l'atmosphère sont produits à la surface de la Terre (sources) alors que d'autres y sont absorbés (puits). Un exemple bien connu est la photosynthèse : les plantes rejettent l'oxygène dans l'air et consomment le dioxyde de carbone. Ces flux de matière entrant et sortant de l'atmosphère font partie des échanges planétaires des composants de la nature, connus sous le nom de cycles biogéochimiques.

Le rôle joué par la pollution de l'air, dans les modifications de la composition de l'atmosphère et dans l'altération du climat et de l'environnement, démontre donc la nécessité d'étendre les observations météorologiques en tenant compte des paramètres chimiques.

Pour ce qui est de la pollution atmosphérique, L'OMS est responsable de la surveillance de la pollution urbaine (à cause des éventuelles implications sur la santé). L'OMM est responsable du contrôle de la pollution régionale et globale (BAPMON, réseau de surveillance de la pollution atmosphérique de fond) (à cause des implications sur le climat).

Le réseau BAPMoN (Background Pollution Monitoring Network) de l'OMM comprend trois types de stations de surveillance :

1. Stations régionales (dans les régions rurales ou boisées)
2. Stations régionales avec programmes élargis (dans les régions rurales ou boisées, pour des applications écologiques); les critères de sélection de sites sont plus sévères que pour les stations régionales ordinaires ;
3. Stations de base (dans les endroits très éloignés tels que l'Antarctique, les déserts, les sommets des montagnes, les îles isolées, etc.) [6].

Les trois premiers types de mesure constituent ce que l'on appelle le programme minimal. Environ près de 330 stations

régionales et 22 stations de base sont actuellement exploitées. Des sommaires des données sont publiés chaque année dans la série "Global Atmosphere Background Monitoring For Selected Environmental Parameters ; BAPMoN for the year, etc".

L'Algérie a été choisie pour abriter une station base et sa localisation à Tamanrasset et Assekrem (Hoggar), répond aux critères relatifs au choix de l'emplacement des stations de surveillance de la pollution atmosphérique.

La représentativité et la position privilégiée qu'offre ce site sur le continent africain, éloigné de toute activité anthropique et de biomasse, sont idéales pour les mesures atmosphériques, en particulier les changements de la composition chimique de l'atmosphère à long terme [7].

Ce site sélectionné en raison de l'éloignement de cette région de toute source de pollution est implanté à une altitude élevée, à 2710 mètres au sommet de l'Assekrem. A travers le monde, il existe actuellement n 22 stations VAG. Le site de l'Assekrem a été retenu en plus de celui de Tamanrasset « ville » pour permettre des mesures plus fiables concernant les concentrations de gaz car Tamanrasset « ville » est devenue une cité urbaine relativement importante avec une population d'environ 80.000 habitants et un parc automobile consistant.

2. Programme de mesures

2.1. Site de Tamanrasset « ville »

Les mesures effectuées sur ce site sont : trouble atmosphérique, ozone total. On y mesure également les différentes composantes du rayonnement solaire [7].

2.1.1. Le trouble atmosphérique

Ce paramètre caractérise la présence des aérosols dans une colonne d'air atmosphérique ; il nous permet d'avoir une idée sur le degré de turbidité, c'est-à-dire la réduction de la transparence de l'atmosphère causée par l'absorption et la dispersion du rayonnement solaire par des particules solides ou liquides autres que les nuages qui s'y trouvent en suspension. C'est un paramètre sans dimension.

Le trouble est mesuré à l'aide d'un photomètre solaire à la longueur d'onde 0.5 μm , trois fois par jour : 09, 12 et 15 heures TU pour avoir une moyenne journalière représentative. Les mesures sont effectuées uniquement en absence de nuages autour du soleil.

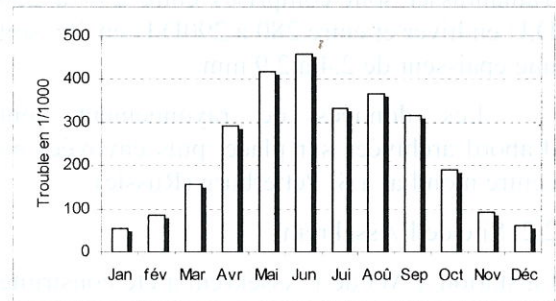


Fig.1. Valeurs moyennes mensuelle du trouble à Tamanrasset (1995-2005)

Les valeurs du trouble à Tamanrasset sont très faibles en hiver, de novembre à février, et descendent au-dessous de 0.100 avec des minimums inférieurs à 0.010 par ciel très limpide. En été l'atmosphère est plus troublée en présence de la brume de sable (aérosols) et les valeurs du trouble augmentent rapidement et dépassent souvent les 0.500.

2.1.2. Mesure de l'ozone total

Dans une atmosphère standard (STP) de 8.5 km d'épaisseur occupé principalement par N_2 (78%) et O_2 (21%), les molécules d'ozone O_3 occupent une épaisseur de 2 à 5 mm en moyenne. La mesure consiste à suivre l'évolution de la couche d'ozone total à l'aide du spectrophotomètre Dobson, trois fois par jour : le matin, à midi et l'après-midi [7]. La couche d'ozone est actuellement mesurée dans plus de 150 sites dans le monde et l'ensemble des résultats de ces mesures sont archivées et publiées par le centre mondial de Toronto (Canada).

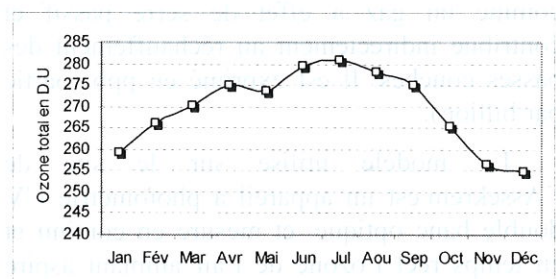


Fig.2. Evolution mensuelle de l'ozone total à Tamanrasset (1994-2005)

A Tamanrasset, les mesures effectuées depuis avril 1994 à ce jour montrent que la couche d'ozone est très stable d'une année à l'autre avec une variation saisonnière de maxima en été et minima en hiver. L'unité de mesure de l'ozone total est le Dobson Unit (D.U) égal à 10^{-2} mm STP. Les valeurs de l'ozone total à Tamanrasset sont comprises entre 240 à 250 D.U en hiver et entre 280 à 290 D.U en été, soit une épaisseur de 2.4 à 2.9 mm.

Les données de rayonnement sont d'abord archivées sur place, puis envoyées au centre mondial à St Petterburg (Russie).

2.2. Site de l'Assekrem

La station VAG de l'Assekrem a été construite sur le plateau rocaillieux de l'Assekrem (2710 m) durant l'année 96 pour abriter les différents équipements de mesures destinés pour ce site. Cette station se trouve à 50 km au nord de Tamanrasset, 80 km par route avec 3 heures par véhicules tout terrain. C'est un site totalement isolé, devenu plus connu par la présence des religieux (pères blancs) depuis 1955.

L'électricité n'étant pas disponible sur ce site, la station est alimentée par énergie solaire installée par le CDER/Alger. La station a été mise en service en mars 1997 [8].

Compte tenu de son caractère d'éloignement de toute source de pollution, le site a été en conséquence retenu par l'OMM en 1992 pour effectuer des mesures spécifiques de pollution de fond qui sont : l'ozone en surface, les concentrations des aérosols, le comptage des particules, l'échantillonnage des gaz à effet de serre (CO_2 , CH_4 , CO) [8 et 9].

2.2.1. L'ozone de surface

L'ozone de surface (ou ozone troposphérique) représente la concentration des molécules O_3 près du sol ; Il est considéré comme un gaz à effet de serre passif et contribue indirectement au réchauffement des basses couches. Il est exprimé en ppb (partie par billion).

Le modèle utilisé sur le site de l'Assekrem est un appareil à photométrie UV double banc optique, et mesure en continu et en temps réel l'ozone de l'air ambiant aspiré par la pompe interne de l'appareil.

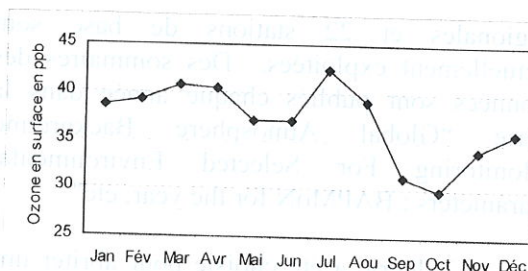


Fig.4. Evolution mensuelle de l'ozone de surface à l'Assekrem (1997-2005)

Les valeurs de l'ozone en surface à l'Assekrem varient en général à l'Assekrem entre 30 et 60 ppb. On observe à travers la figure 4 que les maxima des épisodes sont construits sur une valeur de background qui augmente à la sortie de l'hiver (février-mars) pour diminuer au début de l'automne (septembre-octobre). En plus des épisodes de fortes concentrations, il existe donc un fond permanent d'ozone. A l'Assekrem, l'ozone de surface est surtout d'origine stratosphérique par incursion à travers la tropopause.

Le centre mondial de traitement et d'archivage des données des gaz à effet de serre et de l'ozone se trouve à Tokyo (Japon).

2.2.2. Les aérosols et les particules

2.2.2.1. Les aérosols

On définit un aérosol comme la suspension dans un milieu gazeux de particules solides ou liquides ou les deux, présentant une vitesse de chute, dans des conditions normales [6]. L'aérosol correspond à des particules de dimensions inférieures à 100 μm . Leurs sources d'émission peuvent être d'origine naturelle (érosion éolienne, embruns marins, cendres volcaniques, particules d'origine végétale) ou d'origine anthropique (liée directement aux combustions des grandes industries, centrales électriques, etc.).

La mesure des concentrations de poussières est primordiale pour les problèmes de bilan énergétique et la navigation aérienne. Les aérosols diffusent une grande quantité du rayonnement direct provenant du soleil et joue un rôle important dans l'effet de serre en réfléchissant le rayonnement terrestre. Ils

réduisent fortement la visibilité horizontale et verticale et perturbent la navigation aérienne.

La concentration des aérosols, exprimé en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, est mesurée à l'aide d'une balance électronique de grande précision suite à l'aspiration d'air atmosphérique à l'aide d'une pompe externe de débit 3 litres/minute. Cette pompe aspire uniquement les particules inférieures à $10 \mu\text{m}$. L'acquisition est continue H24 et les données sont fournies toutes les 30 minutes. Les pesées successives des dépôts des aérosols sur un filtre sont traitées et calculées à l'aide du module de stockage des données.

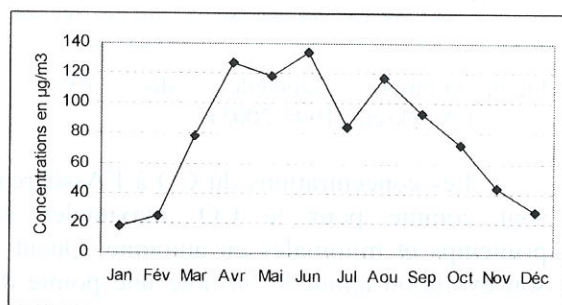


Fig.5. Evolution mensuelle des aérosols à l'Assekrem (1997-2004)

Les concentrations des aérosols à l'Assekrem sont minimales en hiver pendant lesquelles les conditions de visibilité sont très bonnes à excellentes. Le maximum se produit soit au printemps ou durant l'automne où la nébulosité est importante car les nuages ont tendance à bloquer le processus des déplacements verticaux des aérosols.

2.2.2.1. Les particules de poussières

Les particules en suspension ou les matières particulaires sont un polluant atmosphérique consistant en un mélange complexe de substances organiques et minérales en suspension dans l'air, sous forme solide et/ou liquide. Ces particules sont de taille, de composition et d'origine diverses [10 et 11].

Elles ont une origine naturelle pour plus de la moitié d'entre elles (éruptions volcaniques, incendies de forêts, soulèvements de poussières désertiques) et une origine anthropique (combustion industrielle, incinération, chauffages, véhicules automobiles). Elles ont des effets néfastes sur

la santé, et elles peuvent altérer la fonction respiratoire des personnes sensibles (enfants, personnes âgées, asthmatiques).

Le comptage des particules par classes granulométriques : $0.3 \mu\text{m}$, $0.5 \mu\text{m}$, $0.7 \mu\text{m}$, $1 \mu\text{m}$, $2 \mu\text{m}$ et $5 \mu\text{m}$ soit six classes est effectué à l'aide d'un compteur laser trois fois par jour. Ce procédé nous permet de connaître le nombre de particules pour chaque classe dans un volume de 1 litre d'air. Les fines particules autour de $0.3 \mu\text{m}$ sont toujours les plus élevées et vont en décroissant jusqu'aux grosses particules de $5 \mu\text{m}$.

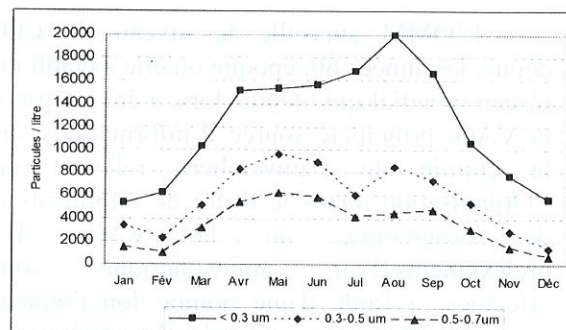


Fig.6. Evolution mensuelle des particules à l'Assekrem (1997-2005)

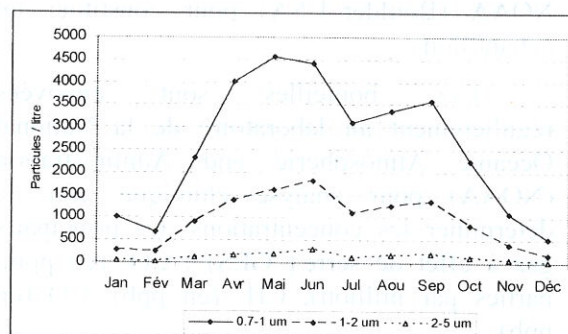


Fig.7. Evolution mensuelle des particules à l'Assekrem (1997-2005)

Dans les figures 6 et 7 nous présentons les différentes évolutions des différentes catégories des particules. Dans tous les cas, nous constatons que les concentrations des particules pour toutes les gammes sont maximales au printemps, période durant laquelle les phénomènes brumeux sont fréquents, et en été où la couverture nuageuse est importante empêchant ainsi la dispersion en altitude des particules de poussière. Les minimums sont principalement marqués durant la période d'hiver.

L'analyse simultanée des six courbes de variation des moyennes mensuelles montre que les concentrations des particules n'agissent pas de la même manière. Les particules fines sont majoritaires, aux concentrations très élevées, et possèdent en outre un écart de grandeur très important par rapport aux autres concentrations.

Le centre mondial de traitement et d'archivage des données des aérosols est situé à Ispra en Italie.

2.2.3. Echantillonnage des gaz à effet de serre

L'OMM surveille le niveau de CO_2 depuis les années 60, époque où elle a établi un réseau mondial qui, depuis lors, a été intégré à la VAG, principale source d'informations sur la chimie de l'atmosphère relevant de l'Organisation. Dans le cadre de l'application du programme de la VAG, des prélèvements d'air atmosphérique sont effectués, à l'aide d'une pompe fonctionnant sous 12 V, au niveau de la station de l'Assekrem, une fois par semaine à l'aide de 2 bouteilles spéciales de 1.5 litres fournies par la NOAA (Boulder-USA) pour constituer un échantillon.

Ces bouteilles sont envoyées régulièrement au laboratoire de la National Oceanic Atmospheric and Administration (NOAA) pour analyse chimique afin de déterminer les concentrations des principaux gaz à effet de serre (GES) : CO_2 (en ppm, parties par million), CH_4 (en ppb), CO (en ppb).

2.2.3.1. Le dioxyde de carbone (CO_2)

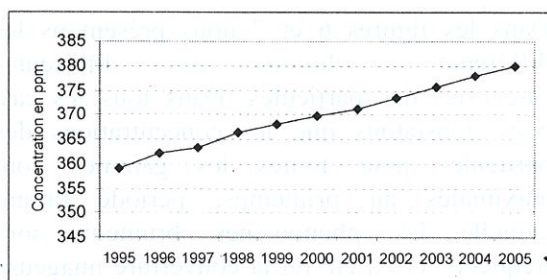


Fig.8. Evolution annuelle du CO_2 à l'Assekrem (1995-2005)

Les résultats obtenus à ce jour montrent une augmentation régulière du CO_2 sur ce site

où il est passé de 362 ppm en début 1996 à 378 ppm en fin d'année 2004, soit une croissance d'environ 2 ppm/an. Des études antérieures sur les GES ont montré que les concentrations du CO_2 à l'Assekrem sont maximales au printemps et minimales en automne.

2.2.3.2. Le monoxyde de carbone (CO)

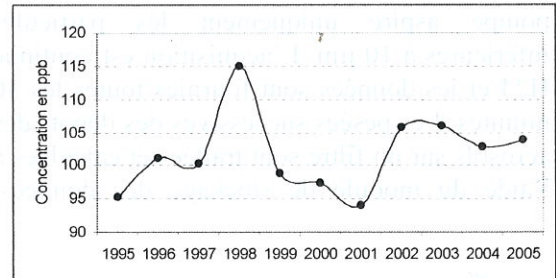


Fig.9. Evolution annuelle du CO à l'Assekrem (1995-2005)

Les concentrations du CO à l'Assekrem sont comme pour le CO_2 maximales au printemps et minimales en automne. Quant à son évolution annuelle on note une pointe de croissance durant l'année 1998. On relèvera au cours de cette année une concentration maximale atteignant une valeur de 143 ppm qui pourrait laisser supposer que cela correspond à un épisode de pollution particulier pour ce site éloigné de toute source anthropique.

2.2.3.3. Le méthane (CH_4)

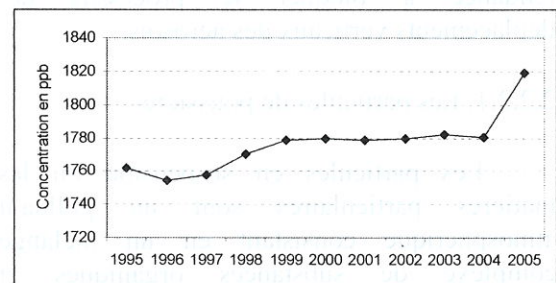


Fig.10. Evolution annuelle du CH_4 à l'Assekrem (1995-2005)

Le méthane présente des différences par rapport aux deux précédents gaz. Il est maximum en hiver et au printemps et il est minimum en été. Il chute légèrement en 1996 pour ensuite amorcer une croissance régulière jusqu'en 1999 où il se stabilise plus ou moins et amorcer une hausse en 2005.

3. Conclusion :

L'analyse des données de la station de mesure de la composition de l'atmosphère de l'Assekrem permet de penser que celle-ci n'est pas influencée par des sources ou des phénomènes locaux. A l'échelle globale les teneurs en ozone tendent à augmenter depuis le début du vingtième siècle, mais cette tendance ne se poursuit pas à Tamanrasset. La tendance à la hausse graduelle du principal gaz à effet de serre, le CO₂, de l'ordre de 2 ppm/an, observée à l'Assekrem et dans d'autres stations VAG telles que celles d'Izaña (Espagne) et Cape Point (Afrique du Sud), confirme le dérèglement climatique de la terre et le transport de ce gaz à grande échelle.

Remerciements

Nos plus vifs remerciements à l'ensemble du personnel du Centre de Recherche Météorologique de Tamanrasset (Office National de la Météorologie).

Références

- [1] OMM, 1971, Aspects météorologiques de la pollution de l'air, Bull.OMM, p20, d3, app.188-189
- [2] E. MESZAROS & D.M. WHELPDALE, Août 1986, Manuel pour les opérateurs des stations du réseau BAPMoN, OMM/TD N° 66
- [3] F. B. ABDALLAH, 2006, Comptes rendus, Biologies, Survival strategies of pomegranate and almond trees in a fluoride polluted area, vol. 329, n° 3, p200
- [4] G. VAETH, 1969, Pollution de l'air et météorologie, Bull.OMM, p18, d4, app.259-261
- [5] P. G. OGUNTUNDE, 2006, Tillage and surface moisture effects on bare-soil albedo of a tropical loamy sand, Soil & tillage research, vol. 85 , n° 1-2, p107.
- [6] R.E MUNN & RODHE, 1987, Précis de météorologie, Volume II, partie 6 : chimie atmosphérique et météorologie de la pollution de l'air. OMM, Genève
- [7] SIPEC, Béjaia, 2005, Météorologie et pollution atmosphérique : Aperçu sur la station type d'observation de la pollution de fond de Tamanrasset et Assekrem (Hoggar)

[8] ONM, Octobre1997, Notice technique du programme de la Veille de l'Atmosphère Globale, Tamanrasset/Assekrem

[9] ONM, 01-06 févr. 2003, Journées d'études sur la Veille de l'atmosphère Globale, Bulletin spécial, Tamanrasset

[10] E. GIRARD, 1998, Etude de l'impact des aérosols sur le climat, Ph.D Université Mc Gill

[11] A. KLUMPP, 2006, Tradescantia micronucleus test indicates genotoxic potential of traffic emissions in European cities, Environmental pollution, vol. 139, n° 3, p. 515.