

Analyse Multidisciplinaire de la Moussoon Africaine

**ARM - ACMAD – ASECNA – CE - CERMES – CILSS - CNES - CNRS – GDEEE -
IFREMER - INSU-IRD -Météo France – Met Office - NERC - NASA - NOAA**

Dossier de presse conjoint

Campagne internationale AMMA

Succès de la première campagne d'observations

AMMA est un programme international qui étudie la mousson africaine et ses conséquences sur le continent africain (ressources et gestion de l'eau, pratiques agricoles, désertification, comportement sociaux) et au niveau mondial (cyclones sur les côtes est de l'Amérique, pluies sur le bassin amazonien). Ce programme qui se déroule sur 10 ans inclut plusieurs périodes d'observations intensives lors du cycle de la mousson africaine. Les interactions entre les particules transportées par l'atmosphère et la dynamique atmosphérique font l'objet d'études conduites dans le cadre du programme AMMA. C'est en particulier le cas des aérosols, issus de l'érosion éolienne des sols et ceux issus des feux en saison sèche, qui ont fait l'objet de la première phase d'observations.

Poussières minérales ou de combustion

Le continent africain est connu pour être la plus grande source, à l'échelle globale, d'aérosols minéraux : près de 30 % des poussières minérales en suspension dans l'atmosphère ont comme source le Sahara et les zones désertiques proches ; il est aussi une importante source d'aérosols produits par des feux le plus souvent d'origine agricole.

Dans la région semi-aride du Sahel, où la végétation est beaucoup plus éparse, les étendues désertiques sont une importante source de poussières minérales. En surface, le vent arrache les limons du sol et les transporte verticalement. L'Harmattan et les courants venteux du nord-est contrôlent le transport des poussières des régions arides et semi-arides en Afrique tropicale. L'augmentation de la teneur en poussières minérales dans l'atmosphère durant les périodes de sécheresse sur le Sahel est clairement établie. Mais la cause de ce phénomène reste inconnue : s'agit-il d'une augmentation des intensités de vents en période de sécheresse sur l'ensemble de la région Sahara/ Sahel et/ou d'une diminution de la végétation ? Ce dernier point est un élément majeur à considérer pour l'évolution des émissions au Sahel où l'activité anthropique

ne fait que croître. Cette dernière se traduit par une extension des surfaces cultivées et pâturées dont toutes les mesures montrent qu'elles sont plus sensibles à l'érosion éolienne que des surfaces en végétation naturelle.

La pratique agricole en Afrique de l'Ouest conduit par ailleurs à un développement important des zones de brûlis pendant la saison sèche. Cette pratique suit un cycle annuel bien déterminé, lié au changement saisonnier. C'est aux mois de décembre, janvier et février, pendant la saison sèche, que le taux des émissions d'aérosols dus aux brûlis y atteint son maximum. Ces aérosols sont ensuite transportés par les vents à des altitudes assez élevées et peuvent s'accumuler de façon importante au-dessus du golfe de Guinée.

C'est pendant la saison sèche que l'interaction des poussières minérales et des aérosols provenant des feux, qui peuvent conduire à des effets radiatifs importants, est à son maximum (l'impact radiatif des aérosols dépend de leurs propriétés physico-chimiques et optiques, qui elles mêmes varient fortement avec la taille et la nature des particules).

La compréhension des processus de production des particules d'aérosols, de leur impact radiatif sur le climat, les relations avec la fertilité des sols ou la santé, font l'objet des études qui sont conduites dans le cadre du programme AMMA.

Caractériser les propriétés des aérosols :

Une des priorités pour les scientifiques est de caractériser la dynamique et les propriétés microphysiques et radiatives des aérosols et d'étudier leur impact à l'échelle régionale. Ils s'intéressent à la fois aux particules « jeunes », près des sources d'émission, mais également aux particules « âgées », en fait le mélange des deux types de particules dont on sait que les propriétés sont différentes d'une particule isolée.

Les propriétés physicochimiques et optiques des aérosols varient fortement avec la taille des particules, les scientifiques ont donc eu recours à une combinaison d'appareils pour en déterminer la taille. De même leur transport horizontal et vertical a été suivi par différentes techniques.

Radiométrie infrarouge depuis les satellites, lidar (radar utilisant un laser pour sonder l'atmosphère) collecte au sol ou encore sondes lancées depuis des avions...des moyens importants ont été engagés pour ces mesures.

Des observations spatiales...

- Effectuées à partir des satellites AQUA et TERRA de la NASA, placés en orbite polaire, et Meteosat Second Generation de EUMETSAT, placé en orbite géostationnaire, les observations spatiales ont permis d'identifier en temps réel les régions de feux, les zones de transport des poussières et les zones nuageuses. Elles permettront dans la phase d'analyse de contribuer à la détermination des propriétés radiatives des aérosols.

... aéroportées

- L'avion britannique BAe146 a volé 53 heures au-dessus du Niger, pour effectuer des mesures *in situ* et de télédétection. Il a permis de faire des observations sans précédent en ce qui concerne les aérosols minéraux et de combustion dans les zones d'origine et de mélange.

Cet avion disposait d'un équipement spécifique permettant d'analyser la distribution de la taille des particules, la chimie des aérosols, leur absorption, leur croissance hygroscopique, leur quantité totale, le rayonnement et l'irradiation solaire et terrestre. Des mesures météorologiques de température et d'humidité par dropsondes (sondes lancées depuis l'avion), des concentrations gazeuses d'ozone, de NO_x (Oxydes d'azote), de gaz carbonique, de dioxyde de carbone, et des composés organiques complétaient ce dispositif. Enfin, des prélèvements de particules sur filtre ont été effectués en vue d'analyses détaillées à réaliser en laboratoire.

- Un avion ultra léger (ULM) équipé par le Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement / IPSL (CEA/CNRS), avec le soutien du CNES, a effectué 30 heures de mesures en vol permettant de caractériser la diffusion des aérosols verticalement au-dessus des régions de Niamey et de Banizoumbou, dans le sud du Niger.

... et au sol

- Les observations en surface et en altitude, depuis les sites instrumentés européens et africains de Banizoumbou au Niger, Djougou au Bénin, M'Bour au Sénégal, ont été effectuées soit durant la campagne d'observation spéciale d'AMMA, soit de façon continue, comme avec l'ensemble mobile américain développé pour le programme ARM (Atmospheric Radiation Measurements) installé à Niamey (Niger). Toutes les stations d'observation sont équipées de photomètres solaires identiques et sont également des stations du réseau AERONET/PHOTON (réseau international de mesures permettant de caractériser les propriétés optiques des aérosols sur la colonne atmosphérique), ce qui garantit des mesures d'aérosols et du rayonnement de haute qualité et à haute fréquence. Cet ensemble d'observations effectuées depuis le sol fournit un jeu complet de mesures physico-chimiques et optiques proches de la surface ainsi que des mesures sur la colonne atmosphérique et sur la verticale (mesures par lidar, ceilomètre, radiomètres). Il comprend : un échantillonnage des particules par taille pour les analyses chimiques et minéralogiques et les mesures de leur répartition par taille ; les mesures des coefficients de dispersion et d'absorption spectrales ; les profils verticaux d'aérosols, de contenus et des propriétés intégrées des colonnes d'air ; ainsi que les flux de rayonnement (bandes spectrales étroites et larges). D'autres instruments, appartenant aux stations du réseau IDAF (IGAC-DEBITS-AFRICA) ou aux offices météorologiques locaux, ou bien mis en place pour la Période d'Observation Etendue d'AMMA (radiosondes, stations pour la mesure des poussières sahéliennes entre Niamey et Dakar) sont opérationnels de façon continue.

Modélisation

- Pendant cette campagne de mesures, des modèles de chimie-climat et de transport de polluants, ainsi que des modèles de trajectoires ont été utilisés afin de prévoir l'apparition d'aérosols. La comparaison des résultats des modèles avec les mesures aéroportées et satellites permettra de caractériser l'impact des aérosols à différentes échelles spatiale et temporelle, de mieux quantifier leurs sources et de mieux analyser les processus de modification des aérosols.

Les premières conclusions

- Comparativement aux années précédentes, il y a eu cette année, moins de soulèvement de poussières désertiques.
- Les régions de feux, plus turbides, ont été bien documentées par l'avion BAe 146

anglais. Plusieurs vols ont permis d'analyser les zones de transition entre les régions source de particules minérales et les régions de feux. Les analyses des données sont en cours. On peut cependant noter que les premières observations ont déjà montré que ces zones de mélange ne sont pas localisées uniquement près de la surface, mais également en altitude en raison de l'interaction des circulations liées à la discontinuité frontale inter-tropicale (zone étroite où le flux de mousson de basse couche rencontre le flux d'Harmattan, située vers 10°N pendant la saison sèche).

- Les mesures au sol ont permis de bien documenter les propriétés microphysiques et radiatives des particules de part et d'autre de la discontinuité frontale intertropicale. Un cas de transport de particules de biomasse issues de la région des feux, et se diluant ensuite lors de son transport vers l'ouest a pu être suivi à l'échelle régionale par le satellite PARASOL. Les mesures aéroportées *in situ* du BAe 146 permettront par une caractérisation spatiale plus précise des caractéristiques des particules d'aérosol, de renforcer le lien entre observations au sol et observations spatiales.
- Les mesures aéroportées ont déjà permis d'identifier, dans la couche située entre 3 et 5 km d'altitude, la présence de fortes concentrations de particules de combustion transportées par la circulation atmosphérique associées à des concentrations élevées de gaz carbonique (400 ppb et plus) et d'ozone (70 ppb et plus). D'autres cas de particules de biomasse âgées, transportées en altitude au-dessus de l'océan, ont également été observés et documentés durant la seconde phase de la campagne.
- Les conditions météorologiques particulières rencontrées pendant cette campagne, liées aux déplacements des systèmes dépressionnaires sur le nord de l'Afrique ont conduit à un transport important de particules et de polluants aux latitudes plus élevées dans la troposphère.

Un des points importants de l'analyse à venir va consister à valider les différents paramètres des modèles (intensité et caractéristiques des sources, transport en altitude et mélange) à partir des observations, et à comparer l'impact radiatif prédit et observé à l'échelle régionale.

Une deuxième campagne de mesure est prévue en début de saison des pluies 2006 pour étudier les émissions locales à partir des zones cultivées, notamment lors du passage des lignes de grains.

AMMA

Le projet AMMA a été initié par des chercheurs français du CNRS, de l'IRD et de MétéoFrance. En 2004 l'INSU, la Commission Européenne, et le Natural Environment Research Council (NERC), britannique s'associaient pour donner une dimension internationale au projet devenu AMMA-international. Ce projet est mis en œuvre grâce à une collaboration étroite des Agences régionales Africaines (ACMAD, ASECNA, CILSS, CERMES, GDEEE) et des agences et organismes de recherches de différents pays (ARM-US Department of Energy, CNES, CNRS, IFREMER, INSU, IRD, NASA, NERC, NOAA, Météo-France, Met Office), avec une contribution majeure du sixième programme cadre de la Communauté européenne. Aujourd'hui près de 145 structures de recherche de 29 pays ont rejoint AMMA.

Les informations détaillées sur la coordination scientifique et le financement sont disponibles sur le site AMMA-International <http://www.amma-international.org>.

Investigateurs principaux

Jim Haywood, Grande Bretagne, Meteorological Office, responsable des mesures aéroportées britanniques,

Jacques Pelon, France, Service d'Aéronomie (CNRS/IPSL), responsable des mesures aéroportées françaises

Anthony Slingo, Etats Unis, NERC, responsable des stations américaines au sol, ARM

Organismes impliqués pour cette campagne :

pour la grande Bretagne le NERC, l'UKMO et l'Université de Leeds, pour la France le CNES, le CNRS, l'INSU, l'IRD, Météo-France, pour l'Italie le CNR, et pour l'Allemagne l'Université de Munich.

Laboratoires impliqués :

L'Aerosol Research Manager Met Office, le Groupe Atmosphère Météorologique (Météo-France - CNRS) , l'Environmental Systems Science Centre University of Reading, Ecosystèmes littoraux et côtiers (UPMC), l'Institut des Sciences Atmosphériques et du Climat (CNR) le Laboratoire d'Aérodynamique (CNRS-Université Paul Sabatier – Toulouse), le Laboratoire Inter-Universitaire des Systèmes Atmosphériques (CNRS-Paris7-Paris 12), le Laboratoire d'Optique Atmosphérique (CNRS-Université de Villeneuve d'Asq, le Laboratoire de Météorologie Dynamique (CNRS-IPSL- le Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (CNRS-CEA/IPSL), le Service d'Aéronomie (CNRS/IPSL).

Expériences mises en œuvre :

DABEX (Dust and biomass burning experiment) initiée par l'Office Météorologique du Royaume-Uni, et RADAGAST (Radiative Atmospheric Divergence using ARM mobile facility, GERB data and AMMA Stations) initiée par les scientifiques Anglais, Français et Américains.

Contacts presse

INSU : Christiane Grappin, Tél : 01 44 96 43 37, Email : christiane.grappin@cnrs-dir.fr

CNRS : Muriel Ilous, Tél : 01 44 96 43 09, Email : muriel.ilous@cnrs-dir.fr

IRD : Sophie Nunziati, Tél : 01 48 03 75 19, Email : presse@paris.ird.fr

CNES : Sandra Laly, Tél : 01 44 76 76 87, Email : sandra.laly@cnes.fr

Météo-France : Julien Guillaume, Tél 01 45 56 71 32, Email : presse@meteo.fr

Ifremer : Anne Faye, Tél. : 01 46 48 22 40, Email : anne.faye@ifremer.fr

Contacts chercheurs pour la SOP-0

Jim Haywood, Aerosol Research Manager, Met Office

Tel: +44 (0)1392 885510, Email : jim.haywood@metoffice.gov.uk

Jacques Pelon, Service d'Aéronomie, CNRS-IPSL-Université Paris VI

Tél : 01 44 27 37 79, Email : Jacques.Pelon@aero.jussieu.fr

Antony Slingo, Environmental Systems Science Centre, University of Reading, UK

Tél : (+44) 0118 378 6059

Contacts responsables AMMA

Jean-Luc Redelsperger (AMMA France et corresponsable de l'International Scientific Steering Committee)

CNRS & Meteo-France

Tél : +33 5 61 07 94 75, Email: Jean-Luc.Redelsperger@meteo.fr

Thierry Lebel (AMMA France et responsable de la mise en oeuvre d'AMMA)

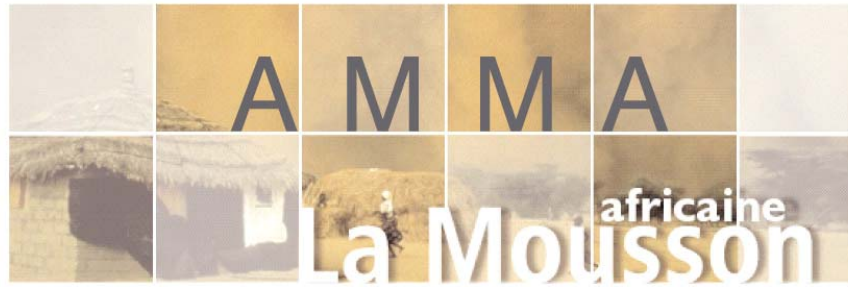
IRD au Niger, BP 11416, Niamey, Niger

Tél : (227) 35 02 21, Email : lebel@ird.ne

Jan Polcher (AMMA EU)

Laboratoire de Météorologie Dynamique du CNRS

Tél : -33-6-74034060, Email : Jan.Polcher@lmd.jussieu.fr



Analyse Multidisciplinaire de la Moussoon Africaine

**ARM - ACMAD – ASECNA – CE - CERMES – CILSS - CNES - CNRS – GDEEE -
IFREMER - INSU-IRD -Météo France – Met Office - NERC - NASA - NOAA**

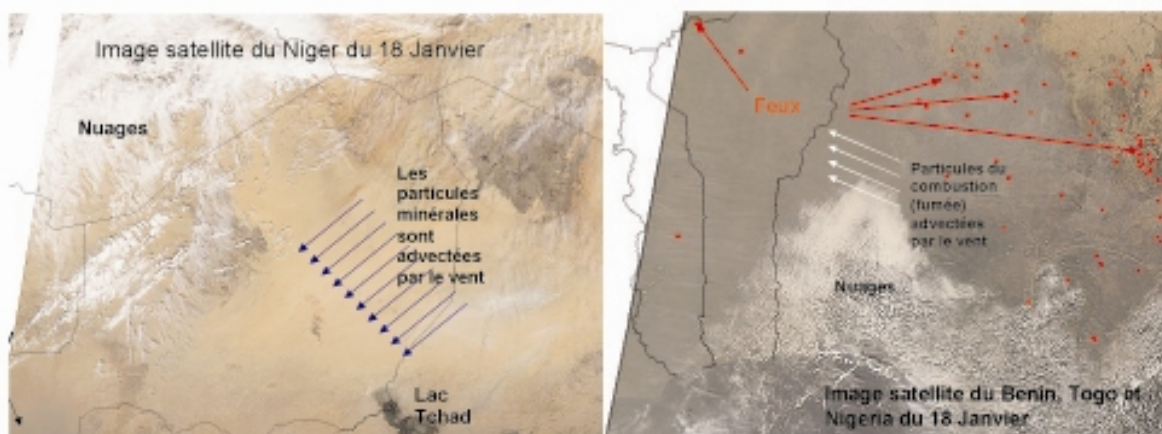
Dossier de presse conjoint

Campagne internationale AMMA

Succès de la première campagne d’observations

ILLUSTRATIONS

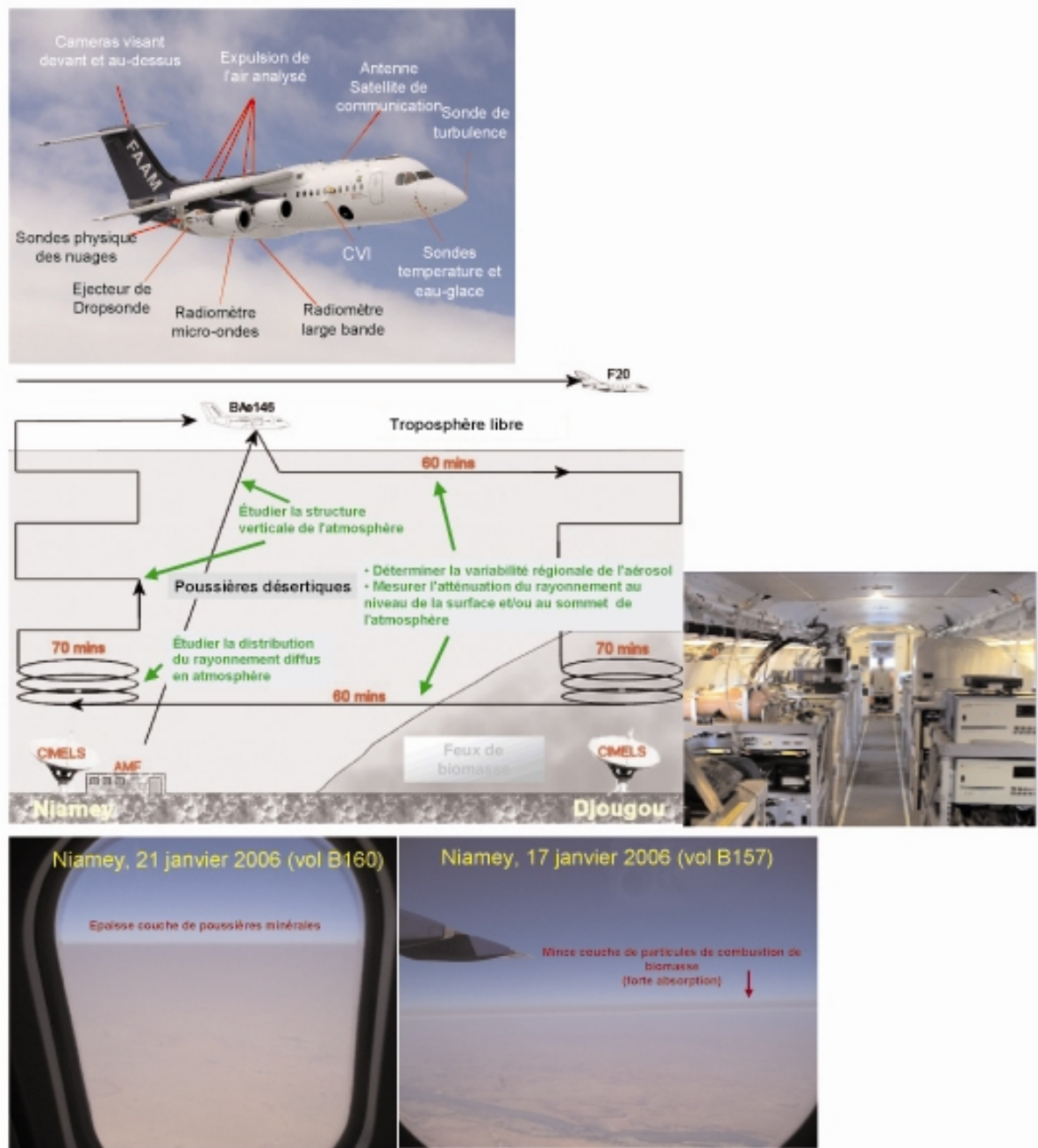
Mesures satellites



Observations satellitaires

Images Satellites Modis avec particules minérales transportées par le vent à gauche et les feux de forêt à droite. ©AMMA-MODIS-CNRS/IPSL

Mesures réalisées par avions



Mesures aéroportées

L'avion britannique Be146, un exemple de plan de vol, les instruments à bord, les couches de poussières visibles par les hublots, © FAAM, © AMMA-IRD-T. Lebel, © AMM-LISA/CNRS)-P. Formenti,

Mesures au sol



**Esemble de mesures in situ et de télédétection (lidar, radiomètre)
station ARM (US), Mesure des flux et rayonnement , station ARM (US)
© AMMA**



**Laboratoire enterré pour la mesure et l'analyse in situ des particules
Banizoumbou, Niger. ©AMMA-IRD-Jean Louis Rajot**



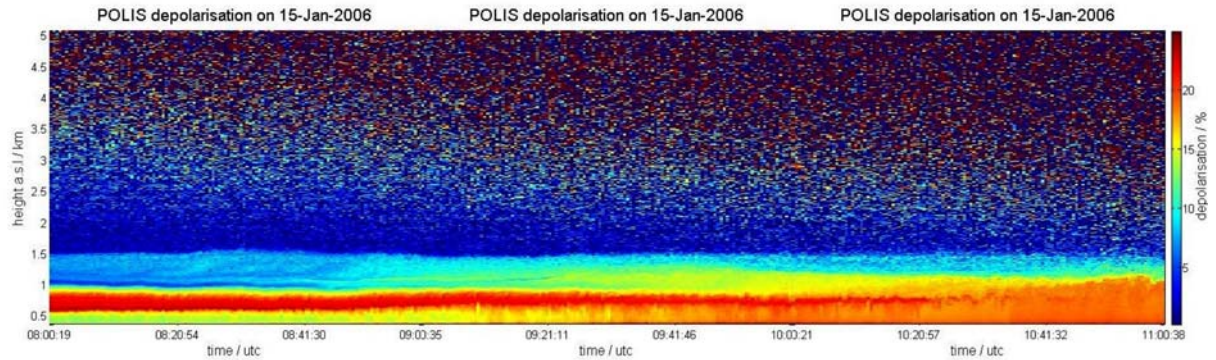
**Dépôts secs, humides
Profils microLIDAR
Météo. Banizoumbou, Niger
©AMMA-IRD-Jean Louis Rajot**

**ARM (Radiometric Measurement)
Mesures radiométriques à
Banizoumbou, Niger
©AMMA-IRD-Jean Louis Rajot**

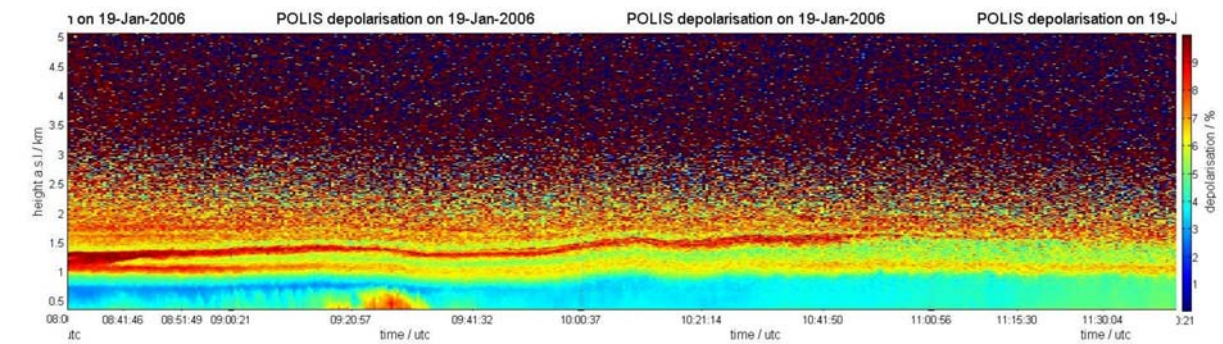
**Mesure des propriétés
optiques des poussières
avec le lidar POLIS
(Portable Lidar System)
de l'Université de Munich
Banizoumbou, Niger
©AMMA-IRD-Jean Louis
Rajot**

Résultats

Dépolarisation mesurée par Lidar à Banizoumbou 15 Jan 2006



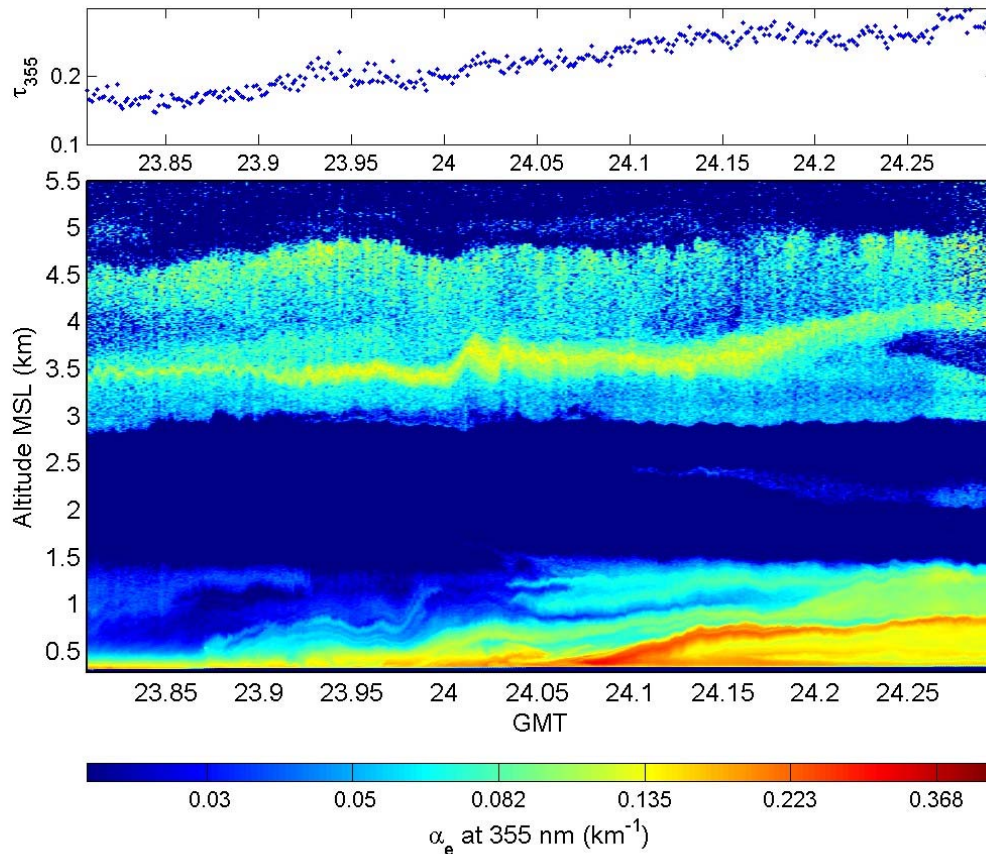
Dépolarisation mesurée par Lidar à Banizoumbou 19 Jan 2006



Mesures effectuées par lidar UV à Banizoumbou par B. Heese (Université de Munich), En abscisse le temps, en ordonnée l'altitude. Le signal est celui de la voie dépolarisée qui augmente en présence de particules non sphériques.

15 janvier : en début de matinée on observe verticalement une couche limite stable (au contact du sol) et au-dessus (entre 500 et 1000 m) une couche très diffusante de particules. Après le lever du soleil, la couche stable, puis la couche supérieure sont érodées lors du développement de la couche limite instable du fait de l'échauffement de la surface, ce qui conduit au mélange progressif des particules de la couche haute dès 9:30, puis au mélange sur toute la hauteur de la couche limite instable qui poursuit son développement pour atteindre 1 km à 11h TU.

19 janvier : le développement de la couche limite instable n'atteint pas les couches de particules situées à une altitude plus élevée (1000 à 1500 m) que le 15 janvier. Des hétérogénéités de structure sont observables vers 9:20 dans les plus basses couches, probablement liées à des soulèvements localisés de particules.



Observations effectuées avec le lidar LAUVA du LSCE à Niamey dans la nuit du 23 au 24 janvier 2006.

La courbe du haut montre l'évolution temporelle de l'épaisseur optique estimée sur la verticale, on observe l'augmentation liée à l'advection d'une couche plus dense de particules entre le sol et 1 km d'altitude. Cet épisode est lié à l'advection d'aérosols minéraux soulevés en amont du point d'observation. Une augmentation de la diffusion est observée à altitude élevée (3 à 5 km) liée à la présence de particules, qui selon les observations du BAe 146 sont plutôt des particules dues à la combustion de biomasse.