Fiche "Valorisation des résultats des campagnes aéroportées " Campagne d'évaluation 2018

Nom de la campagne : Analyse Multidisciplinaire de la Mousson Africaine (AMMA)

Projet / Programme de rattachement: API AMMA, FP6 Domaine scientifique : Physique de l'atmosphère

Avion: Falcon 20 & ATR 42

Dates de la campagne : **Falcon 20**: 1-15 juin (SOP1a), 1-15 juillet (SOP 2a1), 10–21 août (SOP 2a2) ; 6-15 septembre (SOP 2a3), 16-30 septembre 2006 (SOP 3a) ; **ATR 42** : 1-15 juin (SOP1a), 1-15 juillet (SOP 2a1), 25

juillet-21 août 2006 (SOP 2a2)

Nombre de jours scientifiques : Falcon 20 : 67 ; ATR 42 : 57 Nombre d'heures de vols : Falcon 20 : ~150h ; ATR 42 : ~139 h Aéroport(s) : Niamey, Niger (SOP 1 & 2), Dakar, Sénégal (SOP 3)

PI (Principal Investigator), Nom, prénom et organisme: Jean-Luc Redelsperger, CNRS; Jan Polcher, CNRS &

Thierry Lebel, IRD

Nombre de chercheurs et d'enseignants-chercheurs :

Nombre d'ingénieurs et de techniciens :

Nombre d'étudiants :

Fiche remplie par: Cyrille Flamant

Date de rédaction ou d'actualisation de la fiche : 03/02/2016

Adresse: LATMOS, UMR CNRS 8190, 4 place Jussieu, 75252 Paris cedex 5

Email: cyrille.flamant@latmos.ipsl.fr

Tel: 01 44 27 48 72

Résumé (20 lignes maximum):

L'objectif du projet AMMA consistait à améliorer notre compréhension des mécanismes de la mousson d'Afrique de l'ouest et ses composantes : la dynamique atmosphérique, le cycle de l'eau continental, la chimie atmosphérique et les conditions de surface sur l'océan et le continent. Au cours des Périodes d'Observations Spéciales de l'été 2006. les deux avions de l'UMS SAFIRE, Falcon 20 et de l'ATR 42 ont été mis en œuvre depuis Niamey (Niger) et Dakar (Sénégal) au cours de 46 vols (~150 h) et 41 vols (~139 h), respectivement. L'instrumentation embarquée a été varié (lidar, radar, charges utiles « dynamique », « aérosols », « chimie » et « nuages ») et adapté en fonction des objectifs scientifiques de chacune des SOP: (i) dynamique atmosphérique en interaction avec le cycle des poussières et interactions aérosols-nuages pour les SOP 1a et 2a1 ; (ii) impact de la convection profonde sur la redistribution des espèces chimiques et des aérosols, ainsi que interactions aérosols-nuages pour la SOP 2a2 ; (iii) impact des propriétés microphysiques, dynamiques et radiatives des enclumes des systèmes convectifs sur la mousson pour la SOP 2a3 et enfin (iv) devenir des systèmes convectifs africains au-dessus de l'océan pour la SOP 3. Les observations acquises par les deux avions ont mis en évidence le rôle de la zone de convergence entre la mousson et l'harmattan sur les soulèvements des poussières désertiques en zone Sahélienne. Elles ont également permis de documenter le fonctionnement de la couche atmosphérique, dont le développement vertical est favorisé par le cisaillement entre le flux d'harmattan et le flux de mousson, et influence la pénétration du flux de mousson sur le continent à l'échelle saisonnière. Elles ont mis en évidence l'augmentation significative des concentrations des composants organiques volatils (COV) dans la haute troposphère en présence de convection profonde (jusqu'à un facteur 3), mais également le faible impact des concentrations en formaldéhyde injectées directement en altitude sur la production d'O₃ et de HO_x dans la haute troposphère. Enfin, les mesures AMMA ont permis de démontrer le rôle joué par les circulations synoptiques issues de la dépression thermique saharienne sur le cycle de vie des systèmes convectifs sur l'océan.

Résultats majeurs obtenus

(maximum 5 pages)

1 – Contexte scientifique et programmatique de la campagne

L'Afrique sub-saharienne dans son ensemble est la région dans le monde qui a connu la plus forte diminution relative des précipitations au cours des cinquante dernières années (Redelsperger et al., 2006). La bande sahélienne et soudano –sahélienne est une zone de faible cumuls annuels de précipitations et de fort gradient méridien de pluviosité qui a été particulièrement touchée par cette diminution. Au cours du XXe siècle, les

fluctuations de précipitations sahéliennes ont connu une forte variabilité sur une échelle multi-décennale combinant l'occurrence d'une période d'une vingtaine d'année excédentaires (1950-1970) suivi d'une trentaine d'année déficitaire (1970-2000). Plus au sud, la région guinéenne a connu une baisse similaire des cumuls annuels de précipitations, se traduisant toutefois par une diminution relativement plus faible, la pluie y étant plus abondante qu'au Sahel.

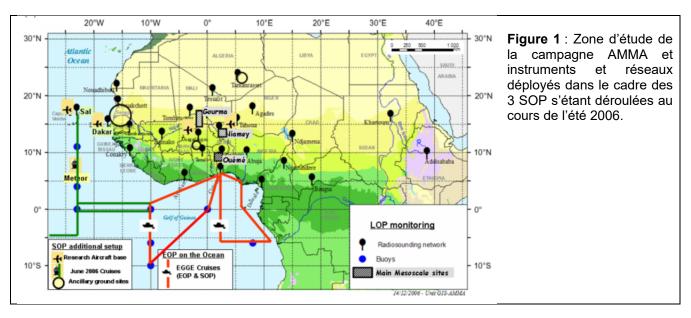
De nombreuses études ont été menées depuis les années 70s pour comprendre cette évolution. Néanmoins plusieurs inconnues demeurent concernant notamment le couplage de la dynamique atmosphérique de la mousson avec les conditions de surface océanique et continentale. Cependant, à la fin du XXe siècle, la mousson d'Afrique de l'Ouest (MAO) restait l'un des systèmes de mousson les moins bien documentés (Lafore et al., 2012). L'essentiel de nos connaissances reposait sur l'expérience internationale GATE (GARP Atlantic Tropical Experiment) de 1974, complétée par quelques campagnes spécifiques comme COPT81 (Sommeria et Testud, 1984) ou HAPEX-Sahel (Goutorbe et al., 1994) et par l'expérience des prévisionnistes. Il y a peu encore, la vision qui prévalait était celle d'une dynamique linéaire, la pénétration -puis le retrait- du flux de mousson étant étroitement associé à la migration du nadir solaire (i.e. du maximum de chauffage en surface au-dessus du continent). Les études de Sultan et Janicot (2003) ont remis en cause cette vision linéaire, sans toutefois que l'on comprenne les mécanismes en jeu, i.e. comment la dynamique de la MAO et des pluies associées était influencée par le réchauffement de l'océan, la dégradation des couverts forestiers, ou encore les émissions naturelles et anthropiques d'aérosols et de composés chimiques.

Cette méconnaissance est en partie liée à un manque d'observations appropriées, aux échelles adéquates pour saisir la complexité des mécanismes clés. Les réseaux existant opérationnels au début des années 2000 étaient trop hétérogènes et déficients pour pouvoir documenter le spectre d'échelles temporelles et spatiales requises.

2 - Rappel des objectifs

Le principal objectif du projet AMMA (Analyse Multidisciplinaire de la Mousson Africaine) consistait à améliorer notre compréhension de la mousson d'Afrique de l'ouest et de son impact sur l'environnement physique, chimique et biologique à l'échelle régionale et mondiale (Redelsperger et al., 2006; Lebel et al., 2010). Le projet s'est focalisé sur les mécanismes de la MAO et ses composantes : la dynamique atmosphérique, le cycle de l'eau continental, la chimie atmosphérique et les conditions de surface sur l'océan et le continent. Pour aborder le problème des échelles multiples caractérisant la mousson africaine, le programme AMMA est structuré autour des 4 échelles spatiales qui interagissent. Des observations in situ, des produits satellitaires et des modèles spécifiques ont été consacrés à l'étude de chacune de ces échelles. AMMA a voulu souligner l'importance d'améliorer la compréhension de la manière dont ces échelles interagissent et se combinent pour caractériser la Mousson Africaine et sa variabilité. Ceci inclut comment ces interactions modifient les sources et le transport de la vapeur d'eau, des aérosols et des gaz traces (par exemple les gaz à effet de serre, les précurseurs d'ozone et d'aérosol) dans la région d'Afrique de l'ouest et globalement.

Le caractère multi-échelle du système étudié a conduit à définir une stratégie reposant sur l'imbrication de domaines et de périodes d'observations, et sur l'utilisation de différentes plateformes instrumentées complémentaires (3 bateaux, 50 sites au sol, des ballons de couche limite, stratosphériques, des driftsondes et 6 avions, dont 2 opérés par SAFIRE).



La figure 1 représente la zone d'étude de la campagne AMMA qui englobe l'ensemble des pays situés entre la côte guinéenne et le désert du Sahara, et entre l'océan Atlantique et la frontière ouest du Tchad.

Deux des avions de SAFIRE, l'ATR 42 et le Falcon 20, ont été impliqué au cours de trois SOP (Special Observing Periods, périodes d'observation spéciales, Lebel et al. (2010)) focalisées sur l'observation dense de certains processus clefs de la MAO lors de la saison humide de l'été 2006 :

- i. la SOP-1 focalisée sur les processus intervenant lors de la mise en place de la mousson (15 Mai-30 Juin),
- ii. la SOP-2 focalisée sur les processus intervenant lors du pic de la mousson (1 Juillet 14 Août) et
- iii. la SOP-3 sur les processus intervenant lors du retrait de la mousson (15 Août-15 Septembre).

L'objectif général des SOP 1 et 2 était d'améliorer les connaissances des interactions entre les processus impliqués dans le système MAO: dynamique, microphysique et chimie (incluant les aérosols) de l'atmosphère, surfaces continentales et océan. Suivant les besoins, les SOP ont pu être découpé en sous-SOP avec des objectifs et/ou une instrumentation aéroportée différents. Au cours de la phase mature de la mousson (SOP 2), les différentes rétroactions sur le système MAO ont été étudiées: composition chimique de la troposphère et son impact sur les systèmes convectifs, mais aussi les propriétés microphysiques, dynamiques et radiatives des enclumes des systèmes convectifs, et leur impact sur la mousson. L'ATR 42 et le Falcon 20 ont contribué aux SOP 1 et 2. Ils ont été mis en œuvre depuis l'aéroport militaire de Niamey, Niger. L'ATR 42 a réalisé 10 vols et le Falcon 20 a réalisé 12 vols pendant la SOP 1. Le Falcon 20 a réalisé 22 vols et l'ATR 42 a réalisé 24 vols au cours de la SOP 2.

L'objectif de la SOP 3 était de mieux comprendre le devenir des systèmes convectifs africains au-dessus de l'océan, et notamment le rôle des interactions entre l'océan, les ondes d'est et la couche d'air saharien sur l'évolution de ces systèmes en tempêtes tropicales, puis en cyclones tropicaux. Seul le Falcon 20 a été impliqué dans la SOP 3. Il a été mis en œuvre depuis l'aéroport de Dakar, Sénégal. Le Falcon 20 a réalisé 12 vols entre le 18 et le 29 septembre 2006.

3 - Données acquises et analyses effectuées

Les instruments dont étaient équipés les 2 avions de SAFIRE en fonction des SOP sont résumés dans les tables ci-dessous (Table 1 pour l'ATR 42 et Table 2 pour le Falcon 20). Le détail des charges utiles « aérosols », « nuage » et « chimie » est donné dans les publications de références fournies dans les tables. L'« instrumentation de base » SAFIRE n'est pas mentionnée dans les tables, à part les dropsondes sur le Falcon 20, cette capabilité ayant été utilisée extensivement au cours des SOP 1 à 3 (290 dropsondes larguées en tout).

Table 1 : Instrumentation ATR42

SOP	Nb de vols / hdv	Principaux instruments		Responsables scientifiques	Publications de référence
SOP 1 (01/06-15/06/06)	12 / 39h20	Charge utile « aérosols »	AVIRAD HYGRO	P. Formenti (LISA) L. Gomes (CNRM)	Formenti et al. (2011), Reeves et al. (2010), Crumeyrolle et al. (2011), Lemaitre et al. (2010) Matsuki et al. (2010b), Reeves
		Charge utile «	nuage »	A. Schwarzenboeck (LaMP)	et al. (2010)
		Turbulence		F. Said (LA)	Canut et al. (2010, 2012), Said et al. (2010
SOP 2a1 (01/07-15/07/06)	10 / 39h20	Charge utile « aérosols »	AVIRAD	P. Formenti (LISA)	Formenti et al. (2011), Reeves et al. (2010),), Crumeyrolle et al. (2011), Lemaitre et al. (2010)
		Charge utile «	HYGRO nuage »	L. Gomes (CNRM) A. Schwarzenboeck (LaMP)	Crumeyrolle et al. (2008, 2011), Matsuki et al. (2010b), Reeves et al. (2010)
		Turbulence		F. Said (LA)	Canut et al. (2010), Said et al. (2010), Couvreux et al. (2012)
SOP 2a2 (25/07-21/08/06)	19 / 60h10	Charge utile « chimie »	COV et COVO ROOH et H ₂ O ₂ NOx, PAN HCHO	C. Jambert (LISA) P. Perros (LISA) P. Perros (LISA) C. Jambert (LISA)	Bechara et al. (2009, 2010), Borbon et al. (2012) Reeves et al. (2010)
		Charge utile « nuage »		A. Schwarzenboeck (LaMP)	Matsuki et al. (2010a,b), Reeves et al. (2010)
		Charge utile « aérosol » HYGRO		L. Gomes (CNRM)	
		Turbulence		F. Said (LA)	Canut et al. (2010), Said et al. (2010)

Table 2: Instrumentation Falcon 20

SOP	Nb de vols / hdv	Principaux instruments		Responsables scientifiques	Publications de référence
SOP 1 (01/06-15/06/06)	12 / 37h25	Lidar vapeur d'eau LEANDRE 2 Dropsondes (101)		C. Flamant (LATMOS) M. Pontaud (SAFIRE)	Flamant et al. (2007, 2009a,b), Lemaitre et al. (2010)
SOP 2a1 (01/07-15/07/06)	4 / 13h20	Lidar vapeur d'eau LEANDRE 2 Dropsondes (47)		C. Flamant (LATMOS) M. Pontaud (SAFIRE)	Bou Karam et al. (2008, 2009)
SOP 2a2 (10/08-21/08/06)	10 / 33h55	Charge utile « chimie » Dropsondes (NOx, PAN COV et COVO ROOH et H ₂ O ₂ 96)	P. Perros (LISA) C. Jambert (LISA) P. Perros (LISA) M. Pontaud (SAFIRE)	Reeves et al. (2010) Bechara et al. (2008, 2010), Borbon et al. (2012) Ancellet et al. (2009, 2011)
SOP 2a3 (06/09-15/09/06)	8 / 19h40	Radar-lidar R Dropsondes (Lidar LNG	A. Protat (LATMOS) J. Pelon (LATMOS) M. Pontaud (SAFIRE)	Bouniol et al. (2010), Penide et al. (2010)
SOP 3a1 (16/09-30/09/06)	12 / 45h50	Radar-lidar R	Lidar LNG	A. Protat (LATMOS) J. Pelon (LATMOS)	Bouniol et al. (2008, 2010), Protat et al. (2009), Jenkins et al. (2010)
		Dropsondes (96)	M. Pontaud (SAFIRE)	Arnaud and Roux (2010)

4 – Principaux résultats obtenus (avec quelques illustrations)

A- Soulèvements et transport des aérosols désertiques

Le lidar LEANDRE 2 a effectué 16 missions à bord du Falcon 20 de SAFIRE au cours des SOP 1a et 2a1. La mise en œuvre de LEANDRE 2 (parfois en synergie avec les mesures faites par l'ATR 42) a permis contribuer à l'améliorer les connaissances concernant le soulèvement et le transport des aérosols désertiques en région saharienne et sub-saharienne, et notamment :

• le rôle du front inter-tropical (FIT, zone de convergence entre la mousson et l'harmattan) sur le cycle de soulèvement des poussières désertiques (Bou Karam et al., 2008; Flamant et al., 2009a; Bou Karam et al., 2009a). En effet, durant la nuit et jusqu'aux premières heures du matin, le flux de mousson prend la forme d'un courant de densité qui avance dans les masses d'air provenant du nord. La turbulence créée au niveau de la « tête » du courant de densité, ainsi que les forts vents localisés près de la surface, juste derrière le front sont propices aux soulèvements de poussières désertiques. Les aérosols soulevés près du « nez » de la mousson sont ensuite transportés en altitude vers l'arrière par la circulation fermée au niveau de la « tête » du courant de densité, mais toujours dans le flux de mousson. Dans certains cas, la turbulence générée par le cisaillement entre les deux masses d'air (mousson et harmattan) permet, localement, aux aérosols « piégés » dans la couche de mousson de se mélanger au travers de l'interface mousson-harmattan et d'atteindre des altitudes plus élevées, et ainsi d'être transportés pendant la nuit au-dessus du flux de mousson, vers le sud, par l'harmattan (Bou Karam et al., 2008 –cf. Figure 2),

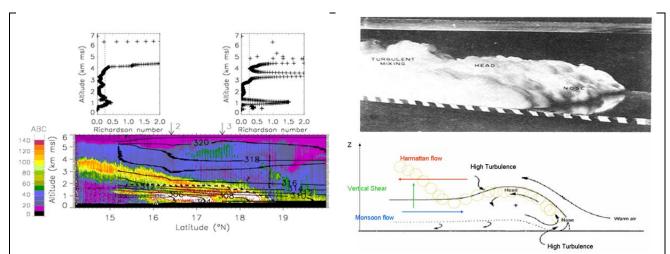


Figure 2 : Panneau de droite : Réflectivité atmosphérique à 730 nm obtenue avec LEANDRE 2 le long de la trace du Falcon 20 au cours de la mission du 7 juillet 2006 (couleur) et température potentielle (contours) obtenue à partir des quatre dropsondes larguées au cours du trajet. Au-dessus sont présentés les profils de

nombre de Richardson calculés à partir des mesures de vent et de températures effectuées par les dropsondes dont la position est indiquée par les flèches. Les soulèvements associés à la turbulence au niveau de la « tête » du courant de densité sont visibles au sud de 18.5°N. *Panneau de gauche*: une photo d'un courant de densité observé en laboratoire (en haut) et le schéma synthétique d'un courant de densité sur lequel ont été rajoutées les principales caractéristiques relatives à l'émission et au transport des aérosols observées pour cette étude. © *Bou Karam et al.* (2008)

- l'influence des systèmes convectifs et notamment de leurs « poches froides » (cold-pools, ou courants de densité émanant de ceux-ci) sur la distribution verticale des aérosols et de la vapeur d'eau dans la CLA et la troposphère libre (Flamant et al., 2007),
- la mise en évidence de l'existence de circulation cyclonique dans la région du front inter-tropical et leur rôle dans les soulèvements de poussières dans cette région (Bou Karam et al., 2009b),
- les mécanismes de soulèvement, de transport et de dépôt des aérosols depuis les sources Tchadienne et Soudanienne, et notamment les processus responsables de l'injection des poussières dans la région du jet d'est africain, et le transport vers l'ouest par ce même jet (Flamant et al., 2009b; Crumeyrolle et al., 2011).

B- Convection

La convection est la source principale de nuages à longue durée de vie sous les tropiques. Leur contribution au bilan énergétique via leur impact radiatif est importante mais mal connue. Les mesures radar, lidar et in situ d'AMMA ont permis de caractériser les propriétés macroscopiques et microphysiques des enclumes engendrées par la convection (Bouniol et al., 2010) sur l'Afrique de l'Ouest. L'étude a donné des réponses préliminaires concernent les différentes sortes d'hydrométéores présents dans les enclumes, des propriétés microphysiques et radiatives typiques de ces enclumes, des distributions dimensionnelles des hydrométéores avec les plus grosses particules échantillonnées dans les parties stratiformes, des relations masse-diamètre m(D) les plus probables au niveau de vol pour un nuage donné par comparaison de la réflectivité radar et celle calculée à partir des PSD (en utilisant la théorie de Mie). Une gamme complète de coefficients a et b ont été testés, le couple pour lequel le meilleur accord s'est produit a été considéré comme la loi de densité m(D) la plus probable. Pourtant, l'utilisation de la théorie de Mie avec en plus des limitations associées aux jeux de données in situ (problème de givrage de la 2D-P) et du radar RASTA (sensibilité limitée du radar) engendrent des incertitudes significatives sur ces résultats. Une étude de simulation numérique (Penide et al., 2010) a été réalisée avec comme objectif de documenter le cycle de vie d'un MCS en profitant des observations sur le Falcon 20. L'étude a démontré des lacunes importantes du schéma microphysique du modèle BRAMS utilisé. En plus, AMMA était utile pour réaliser 4 vols avec les premières intercomparaisons en vue de futures corrections d'étalonnage (diffusion multiple, problème d'atténuation non résolu) de CLOUDSAT depuis des mesures co-localisées entre le radar RASTA et CLOUDSAT (Bouniol et al., 2008; Protat et al., 2009).

La campagne AMMA a également abordé l'étude de la cyclogenèse tropicale dans la zone du Cap-Vert, en aval de la MAO. Celle-ci résulte d'interactions complexes entre la convection, une onde d'est et l'écoulement synoptique au-dessus de l'Atlantique tropical est (Arnault et Roux, 2010). Ces travaux soulignent le rôle joué par les circulations synoptiques issues de la dépression thermique saharienne (DTS): la circulation anticyclonique dans la moyenne troposphère issue de la DTS peut inhiber la cyclogenèse alors que la circulation cyclonique en basse couche issue de la DTS lui est favorable.

C- Dynamique : Interaction Mousson / Couche limite / Couche d'air saharien

AMMA a permis de documenter le fonctionnement de la couche atmosphérique en région Sahélienne, dont le développement vertical est favorisé par le cisaillement entre le flux d'harmattan et le flux de mousson (Saîd et al., 2010 ; Canut et al., 2010). La dynamique de la couche limite joue un rôle important dans la phase d'installation de la mousson, en mélangeant le flux de mousson avec l'air sec qui le surplombe. Ces processus impriment un cycle diurne très important de l'ITD, avec une entrée d'humidité la nuit via un jet nocturne de mousson, et le mélange par convection sèche dans la journée.

La remonté du FIT vers le nord au cours de la phase d'installation de la mousson au Sahel provoque un changement radical de l'organisation de la couche atmosphérique (Saïd et al., 2010). Au sud de cette discontinuité, la couche de mousson, chargée en humidité avec un vent dominant de direction sud-ouest/nord-est, se met en place sur une épaisseur qui varie de 1 à 2 km au-dessus du sol (Saïd et al., 2010 ; Formenti et al., 2011 ; Canut, 2010). La couche d'harmattan de surface au nord du FIT passe au-dessus de la couche de mousson au sud du FIT (Flamant et al., 2009b), ce qui conduit à une zone de cisaillement prononcée entre ces deux couches atmosphériques de direction de vent contraire.

Cette zone de cisaillement est le lieu d'échanges qui se font à très fine échelle, avec un entraînement d'air sec provenant de la couche d'air saharien à l'intérieur de la couche de mousson, en particulier lorsque la couche limite

qui se développe au sein du flux de mousson atteint cette zone de cisaillement (Canut et al, 2010). La position relative entre le sommet de la couche limite et l'inversion située à la base de la couche d'air saharien est ainsi primordiale pour les échanges entre ces deux couches. Les intrusions d'air sec associées à ce processus peuvent contribuer jusqu'à 60% aux moments turbulents (dans la partie haute de la couche limite) et peuvent même avoir une influence jusqu'à la surface.

Le processus d'entraînement est en général très délicat à estimer par les observations. Les observations aéroportées d'AMMA étaient d'une très grande qualité, avec des profils de flux de « cas d'écoles », et une très bonne statistique, qui ont permis d'accéder à cette grandeur. Les estimations montrent que le rapport entre le flux de flottabilité au sommet et le flux à la surface, souvent utilisé constant dans les paramétrisations du processus d'entraînement, est très variable en fonction des cas. Tous les deux diminuent au cours de la saison, au fur et à mesure que la couche limite se refroidit et s'humidifie, et que la convection sèche s'amenuise (Fig. 3).

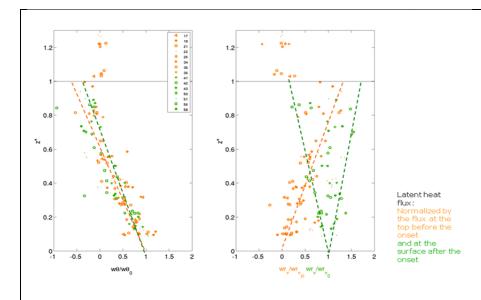


Figure 3 : Profils des flux de chaleur sensible (à gauche) et latent (à droite) normalisés, observés par avion au cours de 15 vols effectués dans la région de Niamey en SOP 1, 2a1 (pre-onset en orange) et 2 (mousson active, en vert). En ordonnée, la hauteur est normalisée par l'épaisseur de la couche limite. En abscisse, les flux sont normalises par le flux à la surface, ou au sommet dans le cas des profils de chaleur latente en période de pré-onset. Les flux au sommet permettent d'estimer l'entraînement qui se produit à l'inversion. Les lignes tiretées indiquent des exemples d'approximation linéaire pour des vols différents.

D- Composition chimique atmosphérique en conditions contrastées

Les vols combinés de l'ATR-42 (10 vols) et du Falcon-20 (8 vols) du mois d'août 2006 ont permis de décrire en trois dimensions la composition chimique de l'atmosphère de l'Afrique de l'Ouest, depuis la couche limite jusqu'à la haute troposphère (12 km) et sur un large domaine (2°-21° N/-10°W-7°E) sous différentes influences : environnement convectif, environnement de fond, zones urbaines (Niamey (13.5°N, 2.1°E), Cotonou (6.3°N, 2.4°E)), zone de végétation, Sahel. Les composés gazeux réactifs mesurés à bord des deux avions ont été CO, ozone, NOx, peroxyde d'hydrogène et les COV grâce à la duplication à bord des deux avions d'un nouveau préleveur de COV, AMOVOC (Bechara et al., 2008).

Les vols en basses couches de l'ATR-42 ont d'abord montré les gradients marqués Nord-Sud des concentrations en COV biogéniques et anthropiques très largement dépendants de la nature et de l'intensité des émissions de surface (Figure 4). L'impact de ces émissions sur le développement de panaches d'ozone a ensuite été étudié (Ancellet et al.,2011). Les panaches d'ozone ont été observés en aval des villes de Cotonou et Niamey pour des niveaux de concentrations en NOx jusqu'à 5 ppb. La production d'ozone est favorisée par la stagnation des masses d'air près des villes et l'advection des émissions depuis les zones de végétation.

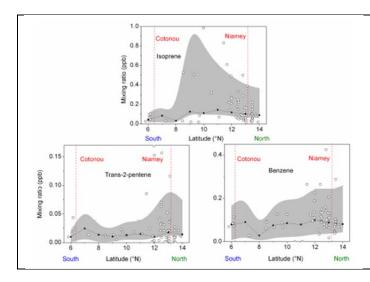


Figure 4: Distribution latitudinale en mode log-normal des concentrations en quelques COV représentatifs biogénique (isoprène) et anthropiques (trans-2-pentène et benzène) dans les basses couches (< 2km) sur le domaine AMMA. Les points blancs correspondent aux observations; les points noirs correspondent à la moyenne des observations par maille de 1° de latitude ; la surface grisée correspond à l'écart-type des observations qui tient compte du d'observations. Les concentrations en isoprène sont maximales au-dessus de la forêt; à l'inverse les concentrations en benzène et trans-2-pentène sont maximales au-dessus des villes.

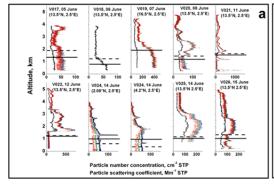
Les vols commerciaux MOZAIC sur le domaine AMMA avaient par le passé montré que la convection profonde permettait le transport vertical de masses d'air pauvres en ozone et contribuait ainsi à l'observation d'un minimum d'ozone à 12–14 km (Sauvage *et al.*, 2007; Saunois *et al.*, 2008). Ceci a été confirmé par les sondes ozone pendant AMMA (Cairo et al., 2010; Thouret et al., 2009) (Figure 2) mais également par les vols de l'ATR42 et du Falcon-20 (Ancellet et al., 2009). Ce constat a été d'ailleurs utilisé comme élément diagnostic pour distinguer les conditions convectives des conditions de fond (Bechara et al., 2010). A l'échelle du nuage, les systèmes de convection profondes ont des signatures contrastées avec des production d'ozone élevées pour les MCS de plus de 1.5 jours favorisant la formation de péroxydes et pour les MCS de se développant au sud de 10·N où plus de CO est disponible pour être transporté dans la haute troposphère (Ancellet et al., 2009). Les vols combinés de l'ATR-42 et du Falcon-20 ont enfin mis en évidence le triplement des concentrations en COV (Bechara et al., 2009) dans la haute troposphère en conditions convectives par rapport aux conditions non-convectives et, de nouveau, l'influence de la nature des émissions de surface sur le contenu de la haute troposphère convective (Bechara et al., 2010). Cependant l'impact des concentrations directement injectées en formaldéhyde sur la production post-convective d'O₃ et de HO_x reste faible.

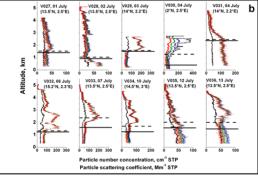
E – Propriétés des aérosols désertiques en ciel clair et en présence de nuages

Les vols de l'ATR-42 au cours de la SOP 1 (12 vols) et SOP 2a2 (10 vols) en Juin-Juillet 2016 ont permis d'étudier les propriétés physico-chimiques, optiques et hygroscopiques des aérosols désertiques émis localement en région Sahélienne par les systèmes convectifs de meso-échelle (MSC), distinguées de celles des aérosols désertiques qui transportés depuis le Sahara par le Jet d'Est Africain (AEJ).

Les vols illustrent la variabilité de la distribution spatiale et verticale des poussières en fonction des conditions météorologiques et du temps de résidence après l'émission (Formenti et al., 2011). Les poussières sont omniprésentes au nord de 12°N. Au sud de 12 °N, des panaches d'aérosols ont été observées au-dessus de la ville de Cotonou ainsi qu'à 2°N, correspondant à l'advection de panaches de combustion de biomasse dans l'hémisphère sud.

Différents types de situations ont été rencontrées: (1) des panaches de poussières dans la couche limite atmosphérique au-dessous de 1 à 1.5 km et correspondant à l'érosion locale; (2) des panaches de poussières dans la couche limite atmosphérique s'étendant jusqu'à 3 km et correspondant à la couche limite saharienne, au nord de l'ITD; (3) des panaches non stratifiées de poussières dans la troposphère libre entre 1.5 et à 5 km correspondant au transport dans la SAL; et (4) des panaches stratifiées dans la troposphère libre entre 1.5 et à 5 km correspondant au transport depuis la zone source de Bodélé ou au soulèvement turbulent au Sahel.





Ces observations fournissent un élément de réponse à l'une des principales questions scientifiques du volet de recherche sur les aérosols du programme AMMA, à savoir si la poussière émise par l'érosion éolienne provoquée par les MCS sur les sols sahéliens pourrait être injectée dans la SAL où l'AEJ pourrait le transport à longue distance vers l'océan Atlantique, ayant ainsi un impact sur le bilan radiatif à l'échelle globale. Nos données indiquent qu'un seul épisode (6-10 Juillet) de ce type se serait produit pendant la campagne d'observation, suggérant ainsi que l'export estivale des poussières sahéliennes serait un phénomène mineur par rapport à celui des poussières sahariennes, persistantes au cours de l'année. N'oubliant pas que ce type de situations pourrait avoir été sous-échantillonné en raison des difficultés à prédire et donc à voler avant et après les cellules convectives, ces résultats sont néanmoins en accord avec les travaux de Desboeufs et al. (2010) sur la caractérisation chimique des événements de pluie pendant la période de mousson.

Les observations ont également permis d'étudier les propriétés optiques, en lien avec la composition minéralogique, de ces aérosols (Formenti et al., 2011, 2014). L'albédo de simple diffusion, représentant les propriétés d'absorption du rayonnement, des poussières d'origine sahélienne est plus faible que celui de celles d'origine saharienne à 370 nm, et cela à cause de la teneur plus importante en oxydes de fer. Dans le visible, pour des longueurs d'onde supérieure à 500 nm, les valeurs se rapprochent, et approchent l'unité, indiquant que, dans ce domaine de longueur d'onde, les poussières sont essentiellement diffusantes. Néanmoins, elles peuvent provoquer un forçage positif au-dessus de surfaces brillantes telles que les nuages et les surfaces nonvegetalisées.

Ces études ont également permit d'étudier l'impact des systèmes convectifs sur les propriétés des poussières. Elles ont démontré que les systèmes convectifs modifient la composition de surfaces des poussières par le mélange par des composés solubles (nitrates, sulfates,...) qui ensuite renforcent leur capacité à former des noyaux de condensation nuageuse (Crumeyrolle et al., 2008)

Tableau récapitulatif

		Nombre
1	Publications d'articles originaux dans des revues avec comité de lecture référencées dans <u>JCR</u> (<i>Journal Citation Reports</i>) (ajouter des lignes si nécessaire)	
	Année n+1 : 2007	1
	Année n+2 : 2008	4
	Année n+3 : 2009	5
	Année n+4 : 2010	12
	Année n+5 : 2011	7
	Année n+6 : 2012	2
	Année n+7 : 2014	2
	Année n+ 10: 2017	1
	Total	33
2	Publications dans d'autres revues ou ouvrages scientifiques faisant référence dans le domaine	4
3	Publications sous forme de rapports techniques	
4	Articles dans des revues ou journaux « grand public »	
5	Communications dans des colloques internationaux	32
6	Documents vidéo-films	
7	DEA ou MASTER 2 ayant utilisé les données de la campagne	
8	Thèses ayant utilisé les données de la campagne	5
9	Transmission à une banque de données	Oui
10	Considérez-vous la publication des résultats terminée ? Si en cours, préciser et donner les échéances	Terminée

Références

R1 - Références des publications d'articles originaux dans des revues avec comité de lecture référencées dans <u>JCR</u> (vérifier dans la base « Journal Citation Reports » via « ISI Web of Knowledge » si les revues sont bien référencées) et <u>résumés des principales publications</u>. (Les classer par années croissantes).

International - Articles

2007

C. Flamant, J.-P. Chaboureau, D. J. Parker, C. M. Taylor, J.-P. Cammas, O. Bock, F. Timouck and J. Pelon, 2007: Airborne observations of the impact of a convective system on the planetary boundary layer thermodynamics and aerosol distribution in the inter-tropical discontinuity region of the West African Monsoon, *Quart. J. Roy. Meteorol. Soc.*, **133**, 1175-1189, doi: 10.1002/qj.97.

2008

- Bechara, J., Borbon, A., Jambert, C. & Perros, P. E. (2008) New off-line aircraft instrumentation for non-methane hydrocarbon measurements. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 392. 865–876.
- Bou Karam D., C. Flamant, P. Knippertz, O. Reitebuch, J. Pelon, M. Chong and A. Dabas, 2008: Dust emissions over the Sahel associated with the West African Monsoon inter-tropical discontinuity region: a representative case study. *Q. J. Rov. Meteorol. Soc.*, **134**, 621-634.
- Bouniol, D., A. Protat, A. Plana-Fattori, M. Giraud, J.-P. Vinson and N. Grand (2008) Comparison of airborne and spaceborne 95-GHz radar reflectivity and evaluation of multiple scattering effects in spaceborne Measurements, Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 25, 1983-1995.
- Crumeyrolle, S., Gomes, L., Tulet, P., Matsuki, A., Schwarzenboeck, A., Crahan, K. (2008) Increase of the aerosol hygroscopicity by cloud processing in a mesoscale convective system: a case study from the AMMA campaign, Atmospheric Chemistry and Physics, 8, 6907-6924.

2009

- Ancellet, G., Leclair de Bellevue, J., Mari, C. H., Nédélec, P., Kukui, A., Borbon, A. & Perros, P. E. (2009) Effects of regional-scale and convective transports on tropospheric ozone chemistry revealed by aircraft observations during the wet season of the AMMA campaign. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 9. 383–411.
- Bou Karam D., C. Flamant, P. Tulet, J. P. Chaboureau, A. Dabas and M. Todd, 2009: Estimate of Sahelian dust emissions in inter-tropical discontinuity region of the West African Monsoon, *J. Geophys. Res.,* **114,** D13106, doi:10.1029/2008JD011444.
- Flamant C., P. Knippertz, D. Parker, J.-P. Chaboureau, C. Lavaysse, A. Agusti-Panareda, and L. Kergoat, 2009a: The impact of a mesoscale convective system cold-pool on the northward propagation of the inter-tropical discontinuity over West Africa, *Q. J. Roy. Meteorol. Soc.*, **135**, 139-165.
- Flamant, C., Lavaysse, C., Todd, M. C., Chaboureau, J.-P. & Pelon, J. (2009b) Multi-platform observations of a springtime case of Bodélé and Sudan dust emission, transport and scavenging over West Africa. IN *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 135. 413–430.
- Protat A., Bouniol, D., Delanoe, J., May, P.T., Plana-Fattori, A., Hasson, A., O'Connor, E., Goersdorf, U., Heymsfield, A.J. (2009) Assessment of cloudsat reflectivity measurements and ice cloud properties using ground-based and airborne cloud radar observations, Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 26, 1717-1741.

2010

- Arnault, J. & Roux, F. (2010) Failed cyclogenetic evolution of a West African monsoon perturbation observed during AMMA SOP-3. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 67. 1863–1883.
- Bechara, J., Borbon, A., Jambert, C., Colomb, A. & Perros, P. E. (2010) Evidence of the impact of deep convection on reactive volatile organic compounds in the upper tropical troposphere during the AMMA experiment in West Africa. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 10. 10321–10334.
- Bouniol, D., Delanoë, J., Duroure, C., Protat, A., Giraud, V., Penide, G. (2010) Microphysical characterisation of West African MCS anvils. *Q. J. Roy. Meteorol. Soc.*, **136 (S1)**, 323-344.
- Canut, G., Lothon, M., Saïd, F. & Lohou, F. (2010) Observation of entrainment at the interface between monsoon flow and Saharan Air Layer. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 136. 34–46.
- Jenkins, G. S., Kucera, P., Joseph, E., Fuentes, J., Gaye, A. T., Gerlach, J., Roux, F., Viltard, N., Papazonni, M., Protat, A., Bouniol, D., Reynolds, A., Arnault, J., Badiane, D., Kebe, C. M. F., Camara, M., Sall, S. M., Ndiaye, S. A. & Deme, A. (2010) Coastal observations of weather features in Senegal during the African Monsoon Multidisciplinary Analysis Special Observing Period 3. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 115. D18108.
- Lebel T., D. J. Parker, C. Flamant, B. Bourles, B. Marticorena, E. Mougin, C. Peugeot, A. Diedhiou, J. Haywood, J.B. Ngamini, J. Polcher, J.-L. Redelsperger and C. D. Thorncroft, 2010: The AMMA field campaigns: Multiscale and multidisciplinary observations in the West African region, *Q. J. Roy. Meteorol. Soc.*, **136** (S1), 8-33.

- Lemaître, C., Flamant, C., Cuesta, J., Raut, J.-C., Chazette, P., Formenti, P. & Pelon, J. (2010) Dust aerosol radiative forcing over West Africa: a case study from the AMMA SOP. *Atmospheric Chemistry and Physics*, **10**, 8131-8150, doi:10.5194/acp-10-8131-2010.
- Matsuki, A., Schwarzenboeck, A., Venzac, H., Laj, P., Crumeyrolle, S. & Gomes, L. (2010) Cloud processing of mineral dust: direct comparison of cloud residual and clear sky particles during AMMA aircraft campaign in summer 2006. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 10. 1057–1069.
- Matsuki, A., Quennehen, B., Schwarzenboeck, A., Crumeyrolle, S., Venzac, H., Laj, P. & Gomes, L. (2010) Temporal and spatial variations of aerosol physical and chemical properties over West Africa: AMMA aircraft campaign in summer 2006. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 10. 8437–8451.
- Penide, G., Giraud, V., Bouniol, D., Dubuisson, P., Duroure, C., Protat, A. & Cautenet, S. (2010) Numerical simulation of the 7 to 9 September 2006 AMMA mesoscale convective system: Evaluation of the dynamics and cloud microphysics using synthetic observations. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 136. 304–322.
- Reeves, C. E., Formenti, P., Afif, C., Ancellet, G., Attié, J.-L., Bechara, J., Borbon, A., Cairo, F., Coe, H., Crumeyrolle, S., Fierli, F., Flamant, C., Gomes, L., Hamburger, T., Jambert, C., Law, K. S., Mari, C. H., Matsuki, A., Methven, J., Mills, G. P., Minikin, A., Murphy, J. G., Nielsen, J. K., Oram, D. E., Parker, D. J., Richter, A., Schlager, H., Schwarzenboeck, A. & Thouret, V. (2010) Chemical and aerosol characterisation of the troposphere over West Africa during the monsoon period as part of AMMA. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 10, 7575–7601.
- Saïd, F., Canut, G., Durand, P., Lohou, F. & Lothon, M. (2010) Seasonal evolution of the boundary-layer turbulence measured by aircraft during AMMA 2006 Special Observation Period. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 136. 47–65.

2011

- Ancellet G., Orlandi, E.; Real, E.; et al (2011) Tropospheric ozone production related to West African city emissions during the 2006 wet season AMMA campaign, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 11, 6349-6366
- Canut G., F. Couvreux, M. Lothon, D. Pino and F. Saïd (2011) Observations and large eddy simulation of entrainment in the sheared Sahelian boundary layer, Boundary Layer Meteorology, 142, 79-101.
- Crumeyrolle S., P. Tulet, L. Garcia-Carreras, C. Flamant, D.J. Parker, A. Matsuki, A. Schwarzenboeck, P. Formenti and L. Gomes, 2011: Transport of dust particles from the Bodele region to the monsoon layer. Case study of the 9-14 June 2006 period, *Atmos. Chem. Phys.* **11**, 479–494, doi:10.5194/acp-11-479-2011.
- Formenti, P., J. L. Rajot, K. Desboeufs, F. Saïd, N. Grand, S. Chevaillier, and C. Schmechtig (2011) Airborne observations of mineral dust over western Africa in the summer Monsoon season: spatial and vertical variability of physico-chemical and optical properties, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 11, 6387-6410
- Lafore, J.-P., C. Flamant, F. Guichard, D. J. Parker, D. Bouniol, A. Fink, V. Giraud, M. Gosset, N. Hall, H. Höller, S. C. Jones, A. Protat, R. Roca, F. Roux, F. Saïd and C. Thorncroft, 2011: Progress in understanding of weather systems in West Africa, *Atmos. Sci. Lett.*, **12**, 7-12.
- Lebel T., D. J. Parker, C. Flamant, H. Höller, J. Polcher, J.-L. Redelsperger, C. Thorncroft, O. Bock, B. Bourles, A. Diedhiou, A. Gaye, J.-P. Lafore, B. Marticorena, E. Mougin and C. Peugeot, 2011: The AMMA Field Campaigns: accomplishments and lessons learned, *Atmos. Sci. Lett*, **12**, 123-128.
- Marticorena B., Haywood J., Coe H., Formenti P., Liousse C., Mallet M., Pelon J. (2011) Tropospheric aerosols over West Africa: highlights from the AMMA international program, *Atmos. Sci. Lett*, **12**, 19-23.

2012

- Borbon, A., et al. (2012), Transport and chemistry of formaldehyde by mesoscale convective systems in West Africa during AMMA 2006, J. Geophys. Res., 117, D12301, doi:10.1029/2011JD017121.
- Couvreux, F., C. Rio, F. Guichard, M. Lothon, G. Canut, D. Bouniol and A. Gounou (2012) Initiation of daytime local convection in a semi-arid region analysed with high-resolution simulations and AMMA observations, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 138. 56–71.

2014

- Formenti, P., S. Caquineau, S. Chevaillier, A. Klaver, K. Desboeufs, J. L. Rajot, S. Belin and V. Briois, Dominance of goethite over hematite in iron oxides of mineral dust from Western Africa: quantitative partitioning by X-ray absorption spectroscopy, J. Geophys. Res., 119, 12740-1275, 2014
- Formenti, P., S. Caquineau, K. Desboeufs, A. Klaver, S. Chevaillier, E. Journet, J. L. Rajot, Mapping the physicochemical properties of mineral dust in western Africa: mineralogical composition, Atmos. Chem.Phys., 14, 10663-1068, 2014

2017

A. Deroubaix, C. Flamant, L. Menut,_G. Siour, S. Mailler, S. Turquety, R. Briant and S. Crumeyrolle, 2017: Interactions of Atmospheric Gases and Aerosols with the Monsoon Dynamics over the Sudano-Guinean region during AMMA, Atmos. Chem. Phys., accepted.

- R2 Références des publications parues dans d'autres revues ou des ouvrages scientifiques faisant référence dans la discipline. (Les classer par année). R2 Références des publications parues dans d'autres revues ou des ouvrages scientifiques faisant référence dans la discipline. (Les classer par année).
- Redelsperger J.-L., A. Diedhiou, C. Flamant, S. Janicot, J.-P. Lafore, T. Lebel, J. Polcher, B. Bourles, G. Caniaux, P. De Rosnay, M. Desbois, L. Eymard, B. Fontaine, I. Genau, K. Ginoux, M. Hoepffner, C. Kane, K. Law, C. Mari, B. Marticorena, E. Mougin, J. Pelon, C. Peugeot, A. Protat, F. Roux, B. Sultan and E. Van Den Akker, 2006: AMMA: une étude multidisciplinaire de la mousson ouest-africaine, *La Météorologie*, Serie n°8, **54**, 22-32.
- Lebel, T., Parker, D. J., Bourlès, B., Diedhiou, A., Gaye, A. T., Polcher, J., Redelsperger, J.-L., Thorncroft, C. D. AMMA field campaigns in 2005 AND 2006. In: *Gewex News*, Nr. 1, 2007, 4–6.
- Parker, D. J., Lebel, T. & Bourlès, B. Overview of the AMMA observing campaigns. In: *CLIVAR Newsletter Exchanges*, Nr. 12 n°2, 2007, 4–6.
- Lafore J.-P., N. Asencio, D. Bouniol, F. Couvreux, C. Flamant, F. Guichard, N. Hall, S. Janicot, C. Kocha, C. Lavaysse, S. Leroux, E. Poan, P. Peyrillé, R. Roca, R. Roehrig, F. Roux and F. Said, 2012: Évolution de notre compréhension du système de mousson ouest-africain, *La Météorologie*, 2012, **Spécial AMMA**, 11-16.
- R3 Références des rapports techniques. (Les classer par année).

Néant

- R4 Références des articles parus dans des revues ou des journaux « grand public ». (Les classer par année).
- R5 Références des communications dans des colloques internationaux. (Les classer par années croissantes).

2007

- Bou Karam D., C. Flamant, P. Tulet, J-P. Chaboureau, P. Knippertz, 2007: Dust emissions over the Sahel associated with the West African Monsoon density current behavior in the inter-tropical discontinuity region, American Geophysical Union, San Francisco, CA, 10-14 December 2007.
- Bou Karam C., C. Flamant, P. Tulet, J.-P. Chaboureau, A. Dabas, O. Reitebuch, M. Chong, 2007: Sahelian dust lifting in the inter-tropical discontinuity region: Lidar observations and mesoscale modelling, 2nd AMMA Conference, Karlshure, Germany, 26-30 November 2007.
- Bou Karam D., Flamant, C., Chaboureau, J.-P., Tulet, P., 2007: Saharan dust lofting by Haramattan and monsoon flows convergence: Numerical Modelling and Lidar observations, EGU General Assembly, Vienna, Austria, 15-20 April 2007.
- Flamant C., C. Lavaysse, M. Todd, J.-P. Chaboureau, S. Crumeyrolle, C. Galy-Lacaux, M. Gosset and J. Pelon, 2007: Multi-platform observations of Bodele and West Sudan dust emission, transport and scavenging over West Africa during the African Monsoon Multidisciplinary Analysis special observing period, 2nd AMMA Conference, Karlshure, Germany, 26-30 November 2007.
- Flamant C., Parker, D., Chaboureau, J.-P., Taylor, C., Pelon, J., Bock, O., Timouck, F., Cammas, J.-P., 2007: The impact of a gavity current to the north of the inter-tropical discontinuity region, EGU General Assembly, Vienna, Austria, 15-20 April 2007.
- Flamant C., J. Pelon, O. Reitebuch, A. M. Dabas, J. Cuesta, M. A. Miller, P. Drobinski, M. Chong, J.-P. Cammas, P. H. Flamant, and D. Edouart, 2007: Survey of key West African Monsoon features over Sahel and their evolution during the monsoon onset period in the framework of the African Monsoon Multidisciplinary Analysis project, Sollicitated paper, AMS Third Symposium on LIDAR Atmospheric Applications, San Antonio, TX 14-18 January 2007.
- Flamant C., D. Bou Karam, P. Tulet, and C. Mari, 2007: Saharan dust uptake over Sahel associated with the inter—tropical discontinuity dynamics: observations and numerical simulation, AMS Third Symposium on LIDAR Atmospheric Applications, San Antonio, TX 14-18 January 2007.
- Matsuki, A., A. Schwarzenboeck, and J.-F. Gayet: Variations in individual particle composition and its impact on the cloud nucleating properties of aerosols: Insights from TEM, SEM-EDX study. AEI (Atelier Expérimentation & Instrumentation), Ircelyon Villeurbanne,5 6 avril 2007.
- Matsuki, A., Schwarzenboeck A., Venzac H., Laj P., Laurent O., Momboisse G., Francis M., Crumeyrolle S., Gomes L., and Bourrianne T., 2007: Mixing states and hygroscopicity of aerosol particles in West Africa: Based on AMMA aircraft campaign in summer 2006. EAC Conference, Salzburg. J. Aerosol Sci., Vol.38, Suppl.T13A190, 2007.
- Matsuki A., Schwarzenboeck A., Venzac H., Laj P., Laurent O., Momboisse G., Crumeyrolle S., Gomes L., and Bourrianne T.: Mixing states and hygroscopicity of aerosol particles in West Africa: AMMA aircraft campaign in summer 2006. . In: Proceedings of the European Geosciences Union General Assembly 2007, Vienna,

- Austria (April 15-20), SRef–ID 1607-7962/gra/EGU200 7-A-04729, EGU (European Geosciences Union) General Assembly 2007, Vienna, Austria 15-20 Avril 2007.
- Matsuki A., Schwarzenboeck A., Venzac H., Laj P., Laurent O., Momboisse G., Crumeyrolle S., Gomes L., and Bourrianne T.: Aerosol vertical profiles measured before and after the arrival of the West African Monsoon: AMMA aircraft campaign in summer 2006. Proceedings of the 2nd International AMMA Conference, Karlsruhe, Germany (23-30 Nov.2007), pp. P6D.2, 26-30 Nov. 2007.
- Matsuki A., Schwarzenboeck A., Venzac H., Laj P., Laurent O., Momboisse G., Crumeyrolle S., Gomes L., and Bourrianne T.: Mixing states and hygroscopicity of aerosol particles in West Africa: Based on AMMA aircraft campaign in summer 2006. Proceed. of the 2nd International AMMA Conference, Karlsruhe, Germany (Nov.2007), pp. P6D.9., 26-30 Nov. 2007.

2008

- D. Bou Karam, <u>C. Flamant</u>, P. Knippertz, O. Reitebuch, M. Chong, A. Dabas, J. Pelon, 2008: A newly identified mechanism for dust emissions over the Sahel associated with the West African Monsoon inter-tropical discontinuity, 24th International Laser Radar Conference, Boulder, CO, 23-27 June 2008.
- D. Bou Karam, <u>C. Flamant</u>, P. Knippertz, P. Tulet, 2008: A newly identified mechanism for dust emissions over the Sahel associated with the West African Monsoon inter-tropical discontinuity region, EGU General Assembly, Vienna, Austria, 14-18 April 2008.
- C. Lemaître, C. Flamant, C, J. Pelon, J. Cuesta, 2008: Dust aerosol radiative effect and forcing over west Africa: A case study from the AMMA SOP, European Geoscience Union, Vienna, Austria, 14-18 April 2008.

2009

- Bechara, J., Borbon, A., Jambert, C. & Perros, P. E. 2009. Direct evidence of deep convective transport on VOC trace gases in the upper tropical troposphere during AMMA-SOP2a2. Work presented at Third International AMMA Conference, July 20—24, at Ouagadougou, Burkina Faso.
- Bou Karam D., <u>C. Flamant</u>, J. Pelon, P. Tulet, E. Williams, 2009: Dust emissions and transport in the Intertropical Discontinuity region of the West African monsoon, 3rd AMMA Conference, 20-24 July 2009, Ouagadougou, Burkina Faso.
- Bouniol, D., Delanoe, J., Duroure, C., Protat, A., Giraud, V. & Penide, G. 2009. Microphysical characterisation of West African MCS anvils. Work presented at Third International AMMA Conference, July 20—24, at Ouagadougou, Burkina Faso.
- Canut, G., Couvreux, F., Lothon, M., Lohou, F. & Saïd, F. 2009. The entrainment process between the Monsoon flow and the Saharan Air Layer in the West African Monsoon system. Work presented at Third International AMMA Conference, July 20—24, at Ouagadougou, Burkina Faso.
- Crumeyrolle S., Gomes L., Tulet P., Matsuki A., Schwarzenboeck A., Venzac H., Laj P., Laurent O., Momboisse G., and Bourrianne T. (2009): The impact of the mesoscale convective systems (MCS) on aerosol physical and chemical properties, focusing on hygroscopicity, during the AMMA campaign AMMA. Int. Conf. 2009, Ouagadougou, Burkina Faso.
- Flamant, C., Parker, D. J., Knippertz, P., Lavaysse, C. & Chaboureau, J.-P. 2009. The impact of African Easterly Waves on the Sahelian planetary boundary layer structure, thermodynamics and dust aerosol content. Work presented at Third International AMMA Conference, July 20—24, at Ouagadougou, Burkina Faso.
- Formenti, P., Marticorena, B., Chevaillier, S., Caquineau, S., Grand, N., Desboeufs, K. & Rajot, J.-L. 2009. Vertical and spatial distribution of mineral dust concentrations and properties over western Africa. Work presented at Third International AMMA Conference, July 20—24, at Ouagadougou, Burkina Faso.
- Lemaître C., <u>C. Flamant</u>, J. Cuesta, J. Pelon, P. Chazette, J.C. Raut, P. Formenti, 2009: Dust aerosol radiative effect and forcing over West Africa: a case study from the AMMA SOP, 3rd AMMA Conference, 20-24 July 2009, Ouagadougou, Burkina Faso.
- Matsuki, A., Schwarzenboeck, A., Crumeyrolle, S., Quennehen, B., Gomes, L., Venzac, H., Laj, P., Laurent, O., Momboisse, G. & Bourrianne, T. 2009. Mixing states and related hygroscopicity of aerosol particles over West Africa: AMMA aircraft campaign in summer 2006. Work presented at Third International AMMA Conference, July 20—24, at Ouagadougou, Burkina Faso.
- Penide, G., Giraud, V., Bouniol, D., Dubuisson, P., Duroure, C. & Protat, A. 2009. The 7 to 9 September 2006 AMMA anvil-cirrus cloud case study: Numerical Simulation of the Dynamics, Cloud Microphysics, and Synthetic observations. Work presented at Third International AMMA Conference, July 20—24, at Ouagadougou, Burkina Faso.
- Rio, C., Couvreux, F., Guichard, F., Gounou, A., Lothon, M., Campistron, B., Chong, M. & Bouniol, D. 2009. The 10th of July 2006 over Niamey: a golden case of daytime moist convection in a semi-arid environment. Work presented at Third International AMMA Conference, July 20—24, at Ouagadougou, Burkina Faso.

2010

Crumeyrolle S., P. Tulet, L. Garcia-Carreras, C. Flamant, D Parker, A. Matsuki, A. Schwarzenboeck, P. Formenti, L. Gomes. Transport of dust particles from the Bodele region on the monsoon: AMMA case study of the 9-14 june 2006 period. AMS Hurricanes Meeting, Tucson (Etats-Unis), Mai 2010

- Crumeyrolle, S., T. Pierre, L. Garcia-Carreras, L. Gomes, C. Flamant, D. J. Parker, A. Matsuki, A. Schwarzenboeck, and P. Formenti, 2010: Transport of dust particles from the Bodele region to the monsoon layer. Case study of the 9-14 June 2006. In Proceeding of the American Geophysical Union (AGU) 2010 Fall Meeting, San Francisco.
- Lemaître C., Flamant C., Cuesta J., Raut J.-C., Chazette P., Formenti P., Pelon J., 2010: Dust aerosol radiative forcing over West Africa: A case study from the AMMA SOP, EGU General Assembly 2010, Vienna, Autriche, 2-7 May 2010.
- Lemaître C., Flamant C., Cuesta J., Raut J.-C., Chazette P., Formenti P., Pelon J., 2010: Radiative forcing associated with a springtime case of Bodélé and Sudan dust transport over West Africa, 25th International Laser Radar Conference, St. Petersburg, Russie, 5-9 July 2010.

2011

Dupuy R., C. Duroure, E. Fontaine, C. Gourbeyre, W. Wobrock, A. Schwarzenboeck, D. Bouniol, A. Protat. In-situ statistical validation of airborne reflectivity measurements during AMMA2006 and Megha-Tropiques 2010 experiments: importance of hydrometeor growth processes and particle size distribution variability. EGU, Vienne, 2011.

2017

- Deroubaix A., C. Flamant, L. Menut, 2017: Transport and Vertical Distribution of Urban Pollutants over the Guinean Gulf, European Geoscience Union, Vienna, Austria, 23-28 April 2017.
- R6 Liste des documents vidéo-films. (Les classer par année).
- **R7 DEA ou MASTER 2 ayant utilisé les données de la campagne (**Nom et Prénom de l'étudiant, Laboratoire d'accueil. Sujet du DEA ou MASTER, Date de soutenance)
- **R8 Thèses ayant utilisé les données de la campagne (**Nom et Prénom de l'étudiant, Laboratoire d'accueil. Sujet de la thèse, Date de soutenance)
- Crumeyrolle, S. (2008) Impact des systèmes convectifs sur les propriétés hygroscopiques des aérosols: Analyse de deux cas d'étude durant la campagne AMMA. PhD Thesis. Toulouse, France, Metéo-France.
- Canut, G. (2010) Interaction Mousson/Harmattan, échanges de petite échelle. PhD Thesis. Toulouse, Université Paul Sabatier Toulouse III.
- Penide, G. (2010) Mise en place de simulateurs d'instruments de télédétection dans un modèle méso-échelle (BRAMS) : application à l'étude d'un système convectif observé durant la campagne AMMA. PhD Thesis. Université Blaise Pascal Clermont-Ferrand
- Klaver, A. (2012), Relation entre les propriétés physico-chimiques et optiques des aérosols désertiques au voisinage des zones source et leur modification due au transport", PhD thesis, Université Paris Diderot, 15 Novembre 2012
- Bechara, J. (2009) Impact de la mousson sur la chimie photo-oxydante en Afrique de l'Ouest, PhD thesis, Université Paris Créteil, 4 décembre 2009
- **R9 Liste des données transmis** (Préciser les destinataires, SEDOO, autres banques de données, équipes scientifiques ...)

L'ensemble des données des différents instruments a été traité et mis sur la base de données AMMA sur le site de SEDOO, à l'exception des données du lidar LNG. Les données du lidar LNG sont disponibles sur simple demande à Jacques Pelon (jacques.pelon@latmos.ipsl.fr).

• TT8 - TT9 - AMMA : SOP wet season

• AS.ATR42-AVIRAD - Airborne aerosol measurements inséré le 2011-06-21 10:55 (dernière mise à jour : 2011-06-21 11:38)

• AS.ATR42-Base - Airborne core data inséré le 2009-01-27 03:53 (dernière mise à jour : 2009-01-27 03:58)

• AS.ATR42-Base-V2 - Airborne core data version 2 inséré le 2009-01-27 03:53 (dernière modification : 05/11/2015)

• AS.ATR42-Chimie - Airborne chemistry measurements inséré le 2008-05-23 08:29 (dernière mise à jour : 2008-05-23 08:30)

• AS.ATR42-CVI - Airborne aerosol measurements inséré le 2008-05-23 08:29 (dernière mise à jour : 2008-05-23 08:30)

• AS.ATR42-Hyero - Airborne aerosol measurements inséré le 2008-05-23 08:29 (dernière modification : 23/07/2007)

• AS.ATR42-Hyero - Airborne hygroscopic particles measurements inséré le 2009-01-27 03:52 (dernière modification : 25/07/2007)

• AS.ATR42-Turbul - Airborne turbulence measurements inséré le 2009-01-27 03:52 (dernière mise à jour : 2009-01-27 03:53)

```
o AS.F-F20-Base - Airborne core data ☐ Inséré le 2008-05-23 08:30 (dernière mise à jour : 2008-05-23 08:42)

o AS.F-F20-Chimie - Airborne chemistry measurements ☐ Inséré le 2008-05-23 08:29 (dernière mise à jour : 2008-05-23 08:29)

o AS.F-F20-Dropsondes - AVAPS Dropsondes ☐ Inséré le 2007-02-05 06:00 (dernière mise à jour : 2007-02-06 09:44)

o AS.F-F20-LEANDRE2 - DIAL lidar H2O measurement. ☐ Inséré le 2008-12-16 02:29 (dernière mise à jour : 2008-12-16 02:42)

o AS.F-F20-LNG - Lidar component of RALI cloud measurement ☐

o AS.F-F20-Rali - Combined Radar-Lidar cloud measurement ☐

o AS.F-F20-Rasta - 95 GHz Radar component of RALI cloud measurement system. ☐

20 fichier(s) (49.8 Mo), dernière modification : 02/04/2008
```

R10 - Liste des résultats restant à publier - échéance