

AEI 2008

recueil des résumés

Les mesures chimiques et biologiques en océanographie : vers de nouveaux capteurs opérationnels ?

Session 1 : domaine côtier

Salinité et mesures d'indice : vers un nouveau capteur

M. Le Menn, D. Malardé, ZY. Wu, P. Grosso, J-L de Bougrenet de la Tocnaye

SHOM

Une publication récente de F. Millero a relancé le débat sur les écarts qui existent entre la salinité pratique telle qu'elle est mesurée aujourd'hui à l'aide de cellules de conductivité, et la salinité absolue, paramètre essentiel pour accéder aux propriétés thermodynamiques de l'océan. Ces écarts sont d'autant plus importants que la composition du milieu diffère de celle d'une eau standard. S'il est possible d'étalonner avec une grande exactitude les capteurs de conductivité, cette exactitude est donc toute relative et la faible corrélation qui existe entre salinité et conductivité et de la forte corrélation conductivité-température, entraîne d'autres difficultés qui réduisent encore cette exactitude. Il existe un autre moyen d'évaluer la salinité. Il repose sur la mesure de l'indice de réfraction de l'eau. Cette mesure est en relation directe avec la masse volumique du milieu et peut fournir une évaluation plus vraie de la salinité absolue quelque soit le milieu. Une coopération développée entre TELECOM-Bretagne et le SHOM a permis la mise au point d'un nouveau capteur de mesure de l'indice de réfraction adapté aux conditions de mesure en milieu océanique. Cette communication fait le point sur les écarts qui existent entre l'évaluation de la salinité pratique et la salinité absolue, puis elle dévoile le principe de fonctionnement de ce capteur et ses performances qui ont pu être évaluées dans une cuve d'étalonnage.

Rôle d'événements météorologiques violents sur la contamination chimique des eaux : utilisation d'un système autonome de mesure et d'échantillonnage (Station FRAME) – Premiers résultats

Gonzalez J-L, Guyomarch J, Podeur C., Rousseaux P., Legrand J., Leveque J-P, Viane J-M, Verney R., Vousdoukas M.

IFREMER

En milieu marin, la plupart des contaminants chimiques (métalliques et organiques) sont majoritairement associés aux particules. Une quantité importante de ces particules va sortir du cycle biogéochimique via la sédimentation en zone côtière. Ainsi, la colonne sédimentaire représente l'un des stocks de contaminants les plus importants du milieu aquatique. Il est donc très important d'évaluer si ce stockage est pérenne et de mettre en évidence les processus qui pourraient être responsables d'une remise "à disposition" des contaminants dans la colonne d'eau, sous des formes plus biodisponibles. Les événements météorologiques (coups de vent, tempêtes, crues...) peuvent modifier localement l'hydrodynamique, en terme de vitesse de circulation et de turbulence au-dessus du sédiment. Ce processus peut avoir beaucoup d'importance sur la dynamique des contaminants, l'érosion des sédiments impliquant la libération des eaux interstitielles pouvant augmenter de façon notable les concentrations des contaminants sous forme dissoute dans la colonne d'eau et la remise en suspension de particules enrichies en contaminants. La station benthique FRAME est un système autonome qui a été développé par l'IFREMER pour pouvoir évaluer la contamination chimique (métaux traces et contaminants organiques) des eaux, notamment lors des remises en suspension des sédiments associées à des événements météorologiques violents. Cette station permet l'acquisition en continu des paramètres physiques du milieu (conductivité, température, pression, turbidité, vitesse et direction du courant, hauteur des vagues, taux d'érosion et de dépôt), de détecter l'événement météorologique et d'échantillonner in situ (extraction et concentration), suite à l'événement, des contaminants métalliques et organiques. Le module d'échantillonnage des contaminants est basé sur l'utilisation d'échantillonneurs passifs (DGT: Diffusive Gradients in Thin films pour les métaux et SBSE: Stir Bar Sorptive Extraction pour les contaminants organiques hydrophobes) qui ont été "marinés" et automatisés. Ces systèmes sont déclenchés lorsque un "événement" (fort courant avec remise en suspension) est détecté par le module de mesure des paramètres physiques. L'ensemble de la station a été conçu pour être modulaire (ajout et retrait de différents capteurs) et pouvoir être mis en place et récupérée facilement à partir d'une embarcation côtière. Son autonomie lui permet d'acquérir des données pendant une durée de l'ordre de 2 mois. La station FRAME a été testée pour la première fois (durée d'immersion: 88 jours) à proximité de l'émissaire de la ville de Marseille. La communication sera consacrée à la présentation du système utilisé et aux résultats obtenus lors de ce premier essai.

Le projet d'observation microbiologique du Laboratoire Arago (MOLA)

R. Vuillemin, S. Blain, P. Lebaron, L. Zudaire, J.J. Naudin, A. Catania, C. Mariotti, M. Groc
Observatoire Océanologique de Banyuls

L'observation à long terme des paramètres physiques et chimiques de l'environnement marin est actuellement en plein essor. Le Laboratoire Arago participe à cet effort en Méditerranée Occidentale avec l'implantation d'un ensemble instrumenté (bouée + ligne de mouillage) permettant la mesure de paramètres physico chimiques à la sortie ouest du Golfe du Lion (site MOLA , 42°27 N, 3°32,6 E, profondeur 600m). A terme, cette plateforme est aussi destinée à l'observation autonome de la diversité biologique. Dans ce contexte, les puces ADN présentent un fort potentiel et des capteurs existent notamment pour le phytoplancton. Le projet MOLA servira de support pour l'implantation de ces puces dans des systèmes autonomes en milieu marin. L'observation microbiologique basée sur les techniques moléculaires de laboratoire est déjà en cours à MOLA. Elle permettra d'envisager le développement de nouvelles puces pour l'observation des populations bactériennes.

CHEMINI

*K. Bucas, R. Vuillemin, K. Bucas, R. Vuillemin, D. Le Roux, P. Dorval, M. Hamon, A. Laes, T. Rudelle,
J.P. Sudreau
IFREMER*

L'analyse des éléments chimiques de l'eau paraît incontournable pour établir un état des lieux, pouvoir voir l'évolution à long terme mais aussi comprendre les divers phénomènes physico-chimiques qui entrent en jeu dans le fonctionnement des océans. L'analyse chimique in situ offre de nombreux avantages : pas de prélèvement donc pas d'altération de l'échantillon, mesures automatisées, fréquence de mesure élevée, possibilité de surveillance en temps réel, étalonnage in situ ... L'analyse chimique in situ est rendu possible par l'utilisation de l'analyse en flux. Il s'agit d'une méthode de chimie analytique préparative automatisable : un transfert de fluides a lieu dans un manifold par l'intermédiaire de différents types d'actionneurs (pompes, vannes), la réaction chimique se faisant en ligne. L'analyse se déroule en fin de circuit à l'aide d'un détecteur spécifique. Dans le cadre de la DCE, le projet TROPHIMATIQUE de l'Ifremer permet de développer de nouvelles versions de CHEMINI surface. Le premier prototype est un analyseur fluorimétrique pour l'ammonium basé sur la méthode mise au point par Roger Kérouel et Alain Aminot. Il a été testé de nombreuses fois sur le terrain en milieu protégé (station MAREL Saphyre à Argenton). La prochaine étape est l'installation sur une bouée (MOLIT). De plus, de nouvelles chimies ont fait leur apparitions dans la gamme CHEMINI surface avec la réalisation d'un CHEMINI nitrate qui utilise la colorimétrie et la photodérivation. Deux autres paramètres sont actuellement en cours de développement : un CHEMINI phosphate basé sur une méthode fluorimétrique et un CHEMINI silicate qui lui fait appelle à la colorimétrie. Ces 4 versions sont destinées à terme à être intégrées sur la bouée Molit en Baie de Vilaine .

MEDIMEER : Les mésocosmes in situ, un outil pour l'étude du fonctionnement et de l'impact des changements globaux et locaux sur les réseaux trophiques marins . I. Une première étape opérationnelle

*Le Floc'h E., Mostajir B., Nouguier J., Mas S., Vidussi F., Fouilland E., Troussellier M.
Laboratoire Ecosystèmes Lagunaires, UMR5119 CNRS-Université Montpellier 2-Ifremer*

La plate-forme MEDIMEER (MEDiterranean platform for Marine Ecosystem Experimental Research), située au bord de l'Etang de Thau à Sète, dans un environnement méditerranéen côtier et lagunaire, est destinée aux études expérimentales en écologie marine et met à disposition de la communauté scientifique des infrastructures et des instruments pour des expérimentations en conditions contrôlées dans plusieurs mésocosmes in situ de grand volume (>2000 litres). Jusqu'à présent MEDIMEER a permis le déroulement de 4 projets nationaux dont le projet UVTEMP (PNEC 2005-2007) dont le but était de simuler les conditions d'augmentation de température et de rayonnement ultraviolet B prévues par les scénarios de changements globaux en 2050-2100. Ce projet a donné lieu à un développement méthodologique original permettant l'augmentation et la régulation automatique du rayonnement ultraviolet B et de la température dans des mésocosmes immergés dans la lagune de Thau.

MEDIMEER : Les mésocosmes à terre et la plate-forme mobile, d'autres outils pour l'étude du fonctionnement et de l'impact des changements globaux et locaux sur les réseaux trophiques marins

*Le Floc'h E., Mostajir B., Nouguier J., Mas S., Vidussi F., Fouilland E., Troussellier M.
Laboratoire Ecosystèmes Lagunaires, UMR5119 CNRS-Université Montpellier 2-Ifremer*

Une deuxième étape en projet La deuxième étape du projet vise à étendre les facilités expérimentales et instrumentales de MEDIMEER par deux autres types de mésocosmes : 1) la conception et l'installation de mésocosmes à terre sur un terrain de 3000 m² à proximité de la Station Méditerranéenne de l'Environnement Littoral à Sète (Université Montpellier 2) au bord de l'Etang de Thau avec l'accès direct à la Méditerranée par le canal de Sète, et 2) la conception, le développement et la réalisation d'une plate-forme mobile équipée de neuf mésocosmes immergés et instrumentalisés (LAGrangian Mesocosm Platform : LAMP). Les 12 mésocosmes à terre, chacun de 10 m³ et de 2 m de profondeur, permettront la reconstruction d'un habitat (e.g. pélagique, benthique, gradient mer-estuaire allant jusqu'à la rivière) ou d'un phénomène naturel (e.g. stratification ou mélange vertical) ou anthropique (e.g. pollution). LAMP avec ses neuf mésocosmes immergés, chacun de 30 m³ et de 10 m de profondeur, pourra être déployée en lac, en lagune, en mer côtière et au large. Ces 2 infrastructures permettront de simuler différents scénarios environnementaux tels que des crises environnementales (par exemple l'eutrophisation, le développement des espèces toxiques, la contamination par des polluants) ou bien ceux liés aux changements climatiques (acidification, augmentation de la température et des gaz à effet de serre, etc.). Ces installations disposeront d'un suivi en continu à haute fréquence, par capteurs automatisés ou semi-automatisés, des paramètres physiques, chimiques et biologiques de la masse d'eau naturelle contenue dans les mésocosmes, par exemple la lumière incidente, la température, les nutriments et la biomasse phytoplanctonique.

Session 2 : domaine hauturier

Nouvelles méthodes électrochimiques pour l'analyse in situ de paramètres bioactifs en milieu océanique

Marielle Lacombe^a, Maurice Comtat^b, Danièle Thouron^a, Nadine Le Bris^c, Véronique Garçon^a

a) Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales, UMR 5566, 18 Avenue Edouard Belin, 31401 Toulouse Cedex 9, France. b) Laboratoire de Génie Chimique, UMR 5503, Université Paul Sabatier, 118 route de Narbonne, 31062 Toulouse Cedex, France. c) Ifremer, Département Etude des Ecosystèmes Profonds, BP70, 29280 Plouzané, France.

L'océan est une composante principale du système Terre. Les écosystèmes océaniques jouent un rôle clé dans le changement global du climat en réponse à l'augmentation du CO₂ atmosphérique et sont eux-mêmes affectés par ces modifications. Les mesures effectuées régulièrement à ce jour pour étudier leur fonctionnement et prédire leur évolution sont insuffisantes. La mise en place d'observatoires biogéochimiques autonomes pour l'étude de la colonne d'eau dans l'océan ouvert et des écosystèmes chimiosynthétiques profonds s'impose donc comme une étape primordiale dans l'acquisition de données océaniques. Le développement de méthodes et instruments de mesure autonomes in situ est l'un des principaux défis à relever dans ce contexte. Nous nous intéressons ici à l'acide silicique et aux ions sulfure, composés clés de la chaîne alimentaire marine. Nous proposons une méthode de mesure voltammétrique des ions sulfure sur électrode d'argent ainsi qu'une mesure originale sans calibration basée sur la différence de solubilité entre le chlorure d'argent et le sulfure d'argent (Lacombe et al., 2007a). Une méthode d'analyse de l'acide silicique semi autonome en réactifs a premièrement été développée grâce à l'oxydation anodique du molybdène. La complexation des produits d'oxydation avec le silicate permet une détection du complexe par voltammétrie cyclique. Cette méthode a été testée et comparée à la méthode classique colorimétrique pendant la campagne Drake ANT XXIII/3 en 2006 le long du Passage de Drake. La limite de détection est de 1 µM et la précision inférieure à 3% (Lacombe et al., 2007b). Finalement une méthode de mesure complètement autonome en réactifs a été développée en séparant l'anode de la cathode de façon à utiliser les protons libérés lors de l'oxydation du molybdène pour l'acidification du milieu (Lacombe et al., 2008). Ces développements analytiques ont mené à la validation d'un potentiostat immergeable autonome, premier pas vers un capteur pour la mesure de ces paramètres in situ.

Lacombe M., Brulport J.P., Garçon V., Comtat M., Le Bris N., 2007a. Sulfide in situ measurements in deep-sea environments: actual and future tools. *Geophysical Research Abstracts*. 9, A-11310.

Lacombe M., Garçon V., Comtat M., Oriol L., Sudre J., Thouron D., LeBris N., Provost C., 2007b. Silicate determination in sea water: toward a reagentless electrochemical method. *Marine Chemistry*. 106, 489-497.

Lacombe M., Garçon V., Thouron D., Le Bris N., Comtat M., 2008. A new electrochemical reagentless method for silicate measurement in seawater. *Talanta*, submitted.

Détection in situ d'hydrocarbures en milieu marin par méthode SERS (Surface-Enhanced Raman Spectroscopy)

Olivier Péron, Emmanuel Rinnert, Michel Lehaitre, Chantal Compère

Ifremer Centre de Brest

Détection in situ d'hydrocarbures en milieu marin par méthode SERS (Surface-Enhanced Raman Scattering) Selon la stratégie de développement technologique au service des thématiques de l'Institut Carnot Ifremer EDROME, le développement d'une technique d'analyse pour le dosage de composés organiques dissous en milieu marin est mené. L'enjeu est de fournir une méthode innovante capable de détecter et quantifier in situ des molécules organiques en faibles concentrations. Les molécules visées, notamment des hydrocarbures, sont à la fois d'un intérêt pour l'exploration et l'exploitation durable des ressources océaniques et énergétiques mais également d'un intérêt sociétal, les hydrocarbures étant des polluants aquatiques notables (Directive Cadre sur l'Eau). La faible solubilité de ces molécules hydrocarbonées en milieu aqueux appelle au développement de nouveaux systèmes de détection très sensibles et sélectifs. Ces capteurs opérationnels peuvent s'appuyer sur des techniques non-destructives telle que la spectroscopie Raman et plus particulièrement sur l'effet SERS (Surface-Enhanced Raman Scattering). L'effet SERS a été découvert par Fleischmann et al. en 1974 [1] en observant le signal Raman anormalement intense de la pyridine. En spectroscopie Raman, on parle de diffusion Raman: les photons incidents sont déviés de leur trajectoire initiale lorsqu'ils passent dans le champ moléculaire. Les vibrations des molécules excitées cèdent (anti-Stockes) ou absorbent (Stockes) alors de l'énergie. Cependant le signal Raman est peu intense et ne permet pas la détection d'éléments faiblement concentrés dans un milieu. Afin de détecter des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAPs) (substances d'intérêts en tant que ressources énergétiques et que polluants prioritaires) en faible concentration, il est nécessaire de développer des substrats présentant un effet SERS. La présence de métal nanostructuré (couches minces, nanoparticules, ...) est à l'origine d'un effet d'exaltation électromagnétique du signal. Une autre amplification du signal peut provenir d'une concentration préférentielle des composés à analyser grâce à une fonctionnalisation chimique du substrat. Le couplage des effets électromagnétique et chimique permet une exaltation du signal d'un facteur de l'ordre de 10^{13} - 10^{15} [2-5]. Des résultats de détection de naphthalène obtenus en laboratoire seront présentés. Les capteurs ainsi développés permettront une détection in situ et sans prélèvements des analytes, en s'affranchissant des techniques longues et coûteuses de concentration et d'extraction. L'utilisation d'un spectromètre Raman marinisé reposant sur la technologie axiale de Jobin Yvon, connecté par fibre optique à une optode (contraction de électrode optique) SERS, a déjà montré ces performances de détection d'HAPs [6]. Le spectromètre Raman marinisé est couplé à une bathysonde CTD permettant à la fois l'immersion du spectromètre et la transmission de données tout en mesurant les Conductivité, Température et Pression (CTD) du milieu étudié. L'optode peut être reliée à un module de fluidique permettant le calibrage du capteur et la mise en contact de l'analyte avec le substrat SERS. Le système ainsi que quelques résultats acquis en mer seront présentés.

[1] Fleischmann M, Hendra P, McQuillan A. Chem. Phys. Lett. 1974 (26) 123.

[2] Nie S, Emory S.R. Science 1997 (275) 1102.

[3] Kneipp K et al. Phys. Rev. Lett 1997 (78) 1667.

[4] Kneipp K et al. Appl. Spectrosc. 1998 (52) 175.

[5] Kneipp K et al. Chem. Phys. 1999 (247) 155.

[6] Schmidt H et al. Marine Pollution Bulletin 2004 (49) 229.

Capteurs potentiométriques autonomes pour le suivi in situ de la concentration en H₂S et du pH aux interfaces redox en milieu marin

N. Le Bris, Jean-Pierre Brulport, M. Laurent, M. Comtat

IFREMER

Le monitoring in situ de paramètres physicochimiques est un enjeu pour de nombreuses études en environnement marin. C'est le cas pour les interfaces entre eau de mer et milieux réduits sur les fonds océaniques (sources hydrothermales, de méthane et d'hydrocarbures, accumulation de matière organique). H₂S est un paramètre biogéochimique clé de ces environnements où son oxydation est une source d'énergie principale pour la production primaire. L'instabilité chimique et les forts gradients qui caractérisent ces interfaces imposent de réaliser sa mesure directement in situ. Comprendre la dynamique des phénomènes biogéochimiques nécessite également de pouvoir suivre dans le temps les concentrations, dans le milieu naturel ou dans le cadre d'expérimentations in situ. Jusqu'à présent les outils adaptés faisaient défaut pour réaliser ces mesures de façon autonome en profondeur. Dans ce but, nous avons adapté à la mesure des sulfures un capteur potentiométrique autonome précédemment développé pour des mesures de pH en milieu profond (Le Bris et al. Deep-Sea Research 2001). L'électrode potentiométrique Ag/Ag₂S est utilisable dans de nombreux environnements inaccessibles par les microélectrodes ampérométriques ou analyseurs chimiques. En plus de sa sensibilité réduite aux variations de température et de pression et son temps de réponse court, la variation logarithmique du potentiel de l'électrode avec la concentration en S²⁻ est bien adaptée aux milieux étudiés.

La base électronique et mécanique a été développée en partenariat avec la société NKE qui le commercialise, les électrodes ont été conçues et réalisées au laboratoire. La faible consommation en énergie des mesures a permis de réaliser des capteurs de dimension réduites et de grande autonomie. Ces capteurs ont été utilisés à partir de divers submersibles dans des conditions de concentration, de pH et de température très diverses (hydrothermaux, sources de méthane, bois coulés) et des profondeurs de 2 à 3000 mètres. Ils ont été déployés sur des durées de quelques jours à plusieurs semaines dans différents environnements marins sulfurés. Si la stabilité de l'électrode dans le temps reste un problème pour les faibles concentrations, ces mesures autonomes donnent accès à la variabilité de l'enrichissement en sulfure à des échelles de temps jusqu'à présent totalement inaccessible et démontrent l'importance de ce suivi temporel.

La possibilité d'une utilisation sur le plus long terme (mois, année) reste à valider in situ et nécessitera un effort spécifique pour optimiser le choix des matériaux. D'autres techniques telles que la voltammétrie apparaissent dans ce cas comme une alternative intéressante.

Les premières données des flotteurs profileurs PROVBI0 : une nouvelle ère pour l'observation en biogéochimie marine ?

Fabrizio D'Ortenzio, Hervé Claustre, Antoine Poteau, François Bourrin
CNRS - Laboratoire d'Océanographie de Villefranche

Deux flotteurs profileurs du type PROVBI0 (version A et version B) ont été déployés début avril 2008 en Mer Ligure. Les premières données obtenues montrent une bonne cohérence des différents paramètres biogéochimiques entre eux et avec les paramètres physiques mesurés en même temps. L'imagerie satellitaire, en particulier de la couleur de l'océan, a été aussi utilisée pour fournir un cadre plus large aux observations des PROVBI0s, ce qui s'avère crucial pour l'interprétation océanographique des données. On montrera aussi les résultats d'un premier contrôle de qualité automatique qui a été élaboré à partir de ce premier set de données. Finalement, on discutera de la stratégie d'échantillonnage actuellement utilisée et de celle prévue pour les prochains déploiements dans différentes régions océaniques.

Développement de plateformes autonomes bio-optiques en océanographie: les flotteurs profileurs ProvBio

*François Bourrin, Hervé Claustre, Fabrizio D'Ortenzio, Antoine Poteau, Serge Le Reste
Laboratoire d'Océanographie de Villefranche*

La composante biogéochimique de l'océan, généralement étudiée à partir de navires océanographiques, reste chroniquement sous-échantillonnée. Le succès du programme ARGO avec sa flottille de flotteurs profileurs physiques (CTD) a permis d'accroître significativement le nombre de mesures physiques in-situ et par là, la description et la compréhension de certains processus physiques. Le développement de flotteurs profileurs incluant en plus d'un capteur CTD, des capteurs bio-optiques laisse entrevoir d'accroître très significativement le nombre de mesure biologiques et biogéochimiques. Des flotteurs profileurs PROVOR-CTS3 développés conjointement par la société KANNAD et IFREMER et destinés au programme ARGO, ont servi de base au développement des flotteurs PROVBIO qui est rendue possible grâce à la disponibilité récente de capteurs optiques miniaturisés, à faible consommation et à flottabilité neutre.. Deux versions ont été développées : des PROVBIO type A qui incluent un transmissomètre (WetLabsC-Rover) et un radiomètre (S-Atlantic OCR-504) à 3 longueurs d'onde ; des PROVBIO type B qui incluent, en sus du transmissomètre et du radiomètre, un capteur (WetLabs, ECO3) mesurant la fluorescence de la chlorophylle a, du CDOM ainsi que le coefficient de rétrodiffusion des particules. Une communication iridium remplace désormais la communication ARGOS des PROVOR-CTS3. Elle permet d'une part de transmettre rapidement un plus gros flux de données lié à l'ajout de nouveaux capteurs. Elle permet d'autre part d'envoyer des paramètres de mission permettant d'adapter la stratégie d'échantillonnage « à distance » en fonction d'événements d'intérêt (e.g. bloom phytoplanctonique, coup de vent...). L'iridium présente également l'avantage de pouvoir envoyer un message « fin de vie » ordonnant au flotteur de rester en surface afin d'être récupéré (envue de redéploiements futurs ultérieurs).

Sites et plateformes instrumentés pour le suivi de la composition atmosphérique : quels besoins actuels et futurs ?

Session 1

L'OPAR (Observatoire de Physique de l'Atmosphère de la Réunion), un site privilégié pour l'étude de l'atmosphère tropicale : parc instrumental, résultats scientifiques et projets

Baray J.L., Delmas R., Courcoux Y., Metzger J.M., Ferré H., Gabarrot F., Keckhut P., Porteneuve J.

LACy, Université de la Réunion

L'OPAR (Observatoire de Physique de l'Atmosphère de la Réunion) est un site de mesures atmosphériques créé officiellement en Février 2003, bien que les mesures aient débuté en 1992-1993. Du fait de sa situation géographique et météorologique, le site offre des possibilités d'observation à l'intérieur et en bordure du réservoir stratosphérique tropical. Ceci rend possible des études sur les processus dynamiques qui gouvernent la circulation dans l'UTLS, ainsi que des études de variabilité et de tendances à moyen et long terme. L'île de la Réunion est située par ailleurs dans l'océan Indien tropical, et est, dans la troposphère et suivant la saison, directement sous l'influence du continent Africain, du courant-jet subtropical et de la convection tropicale. Ce site est donc bien placé pour suivre les transports à grande échelle des polluants issus de ce continent en grande mutation et, sur le plan de la dynamique troposphérique, pour étudier les échanges stratosphère-troposphère et la dynamique de la convection tropicale. Actuellement, tous les instruments sont basés à l'université à Saint Denis, au niveau de la mer. Pour accroître et inscrire dans la durée les observations, un observatoire atmosphérique doit être construit sur le Piton Maïdo à 2200m d'altitude dans l'ouest de l'île. L'objectif de cette construction en altitude est principalement d'obtenir de meilleures données de télédétection optique. Elle permettra aussi d'effectuer un échantillonnage in situ dans la troposphère libre, notamment lors des périodes nocturnes de subsidence. Je propose, dans le cadre de cet exposé, de présenter : un aperçu des différents instruments (LiDAR, radiosondages, radiomètres et spectromètres) qui composent le parc instrumental de l'OPAR, quelques exemples de résultats scientifiques basés sur ces mesures et obtenus ces dernières années. le point sur le projet de construction de la station d'altitude.

Le site instrumenté CO-PDD

Paolo Laj
LaMP/OPGC

La station de mesure atmosphérique du CO-PDD (Cézeaux - Opme - Puy de Dôme) est un élément important du dispositif national d'observation de l'atmosphère tant sur le plan du contrôle de la qualité de l'air (pollution longue distance) que sur le plan de la recherche sur le climat (nuages et particules, gaz à effet de serre) et sur l'étude de la dynamique atmosphérique ou des précipitations. Ce site a, au cours de quatre dernières années, suivi un essor considérable grâce aux soutiens de l'OPGC, de l'ADEME, de la commission Européenne, de la région Auvergne et de l'INSU et de part son insertion dans les Services d'Observation (SO) et les Observatoires de Recherche en Environnement (ORE). Cette dynamique a créé les conditions pour accélérer la mise en place d'un site instrumenté unique en France à disposition des tous les utilisateurs, devenu depuis 2007, site d'observation labellisé par l'INSU. Dans le cadre d'un plan de rénovation du site du puy de Dôme, la station a bénéficié, en 2007, d'un investissement important tant de la part des collectivités publiques que des organismes de recherche et de l'Union Européenne pour la jouvence de l'instrumentation et l'acquisition de nouveaux capteurs. L'objectif de cette présentation est d'informer sur les développements actuels et futurs à la station, de montrer les résultats scientifiques les plus marquant obtenus récemment grâce aux mesures sur le site et d'indiquer aux éventuels utilisateurs les potentialités offertes tant pour l'utilisation du site que pour l'accès aux bases de données.

Observations et études des aérosols atmosphériques par télédétection optique active Lidar

Alain Miffre, Maya Abou-Chacra, Aurélien Maréchal, Patrick Rairoux

LASIM (UMR 5579 CNRS), Université Lyon I

La diversité des propriétés physiques et chimiques de l'aérosol atmosphérique rend son étude et son observation complexes. On peut s'en rendre compte en considérant sa granulométrie qui s'étend de quelques nanomètres à quelques centaines de micromètres (la limite inférieure de détection n'est d'ailleurs pas encore établie), sa morphologie (forme sphérique mais aussi forme d'agrégation fractale), ou encore l'état thermodynamique qui est multiphasique. Ces propriétés statiques sont assez bien connues et décrites. Par contre, connaître la dynamique de l'aérosol sur le plan de sa concentration, de son évolution granulométrique et de sa composition chimique est encore un enjeu scientifique « de taille ». Le dernier rapport IPCC montre que l'incertitude sur la connaissance de cette dynamique se répercute directement sur l'impact que peut avoir l'aérosol aussi bien sur le plan climatique que sanitaire. La méthode d'observation présentée dans cette contribution se fonde sur les propriétés optiques de diffusion des aérosols. La technique Lidar, le radar optique, rend compte, par la mesure à distance de la diffusion des aérosols par un faisceau laser, de l'extinction optique et de la rétrodiffusion de l'ensemble des particules composant l'aérosol situé à une altitude déterminée. Cette mesure assez simple, au moins dans son principe, donc robuste, réalisée à plusieurs longueurs d'onde permet de sonder l'aérosol à plusieurs échelles physiques. La dépendance spectrale des propriétés optiques de diffusion permet via un modèle ad-hoc de retrouver la distribution modale de la granulométrie de l'aérosol. Une estimation de la composition chimique dominante est également possible mais l'incertitude est forte. Un aspect intéressant, concerne la possibilité de mesurer l'amplitude de rotation du plan de polarisation optique, cette mesure permettant de sonder et de discriminer les parties solide et liquide de l'aérosol. De plus, la sensibilité extrême de la mesure optique (comptage photonique) rend possible la détection de faibles intensités de diffusion par les aérosols. Cette caractéristique permet d'observer la dynamique des masses d'air en exploitant l'aérosol comme traceur même en très faible concentration. La durée de vie de l'aérosol atmosphérique est toutefois facteur limitant sur la période d'observation. Enfin signalons que le couplage de l'observation optique à distance avec les données météorologiques ouvre de nouvelles perspectives quant à l'étude de l'évolution chimique et physique de l'aérosol. Une station Lidar permanente est en phase de réalisation à l'Université de Lyon I au Laboratoire de Spectrométrie Ionique et Moléculaire, LASIM. (UMR 5579 du CNRS). Le but géophysique de cette station est l'observation régulière (journalière) des propriétés optiques de l'atmosphère et ceci à plusieurs longueurs d'ondes (355 nm, 532 nm et 1064 nm). Le premier objectif poursuivi est de caractériser l'évolution des modes des particules fines et ultrafines de l'atmosphère urbaine. La validation de cette démarche sera réalisée par une mesure in-situ couplée par l'instrumentation AMS et DMA de l'INSU. Un deuxième objectif est de participer à l'étude des processus de transport et de transformation à longues échelles des aérosols et ceci en participant au réseau européen EARLINET. A plus longue échéance, la participation à la validation des données satellites Calipso est envisagée.

Polarimètre grand-champ visible-moyen infrarouge pour la détection des aérosols atmosphériques

Auriol, F., J.-Y. Balois, J.-F. Léon, P. François, C. Verwaerde, F. Waquet
CNRS-LOA

L'estimation des quantités d'aérosols dans l'atmosphère et la caractérisation de leurs propriétés physico-chimiques et optiques est nécessaire pour les études relatives au changement climatique ou au suivi de la qualité de l'air. Le Laboratoire d'Optique Atmosphérique a conçu et réalisé un nouveau polarimètre aéroporté qui permet la mesure des luminances directionnelles totales et polarisées dans une gamme spectrale allant de 0.443 à 2.2 μm . Cet instrument est basé sur le même concept que celui à l'origine des capteurs de la série POLDER du CNES, mais possède une gamme spectrale étendue dans le moyen infrarouge. Cette extension a pour but une meilleure restitution de la microphysique de l'aérosol et une amélioration de la restitution de l'épaisseur optique en aérosol au dessus des surfaces terrestres. Les vols de test ont été réalisés en Février 2008 à bord du Falcon-20 de l'UMS SAFIRE. Les premiers vols scientifiques auront lieu en mai 2008 sur l'étude du transport d'aérosols en Europe. Nous présenterons l'instrument ainsi que quelques illustrations des premiers résultats obtenus.

Détermination de la colonne de CO₂ depuis le sol avec SOIR Terre

Jean-Loup Bertaux, Stéphane Ferron, Lilian Joly, Georges Durry
Service d'Aéronomie du CNRS

Nous présentons des résultats préliminaires de la mesure de la colonne de CO₂ obtenues à Reims, en analysant le spectre du soleil dans la bande à 1.60 microns. Ces observations s'inscrivent dans le contexte de la validation du satellite OCO, qui sera lancé en 2009, et doit depuis l'espace déterminer la distribution de CO₂ à l'échelle mondiale, en observant le spectre de la lumière diffusée par le sol (ou l'océan) dans les mêmes longueurs d'ondes. L'instrument (SOIR- Terre) est un spectromètre à réseau, à haute résolution, de faible encombrement (dérivé du spatial), donc facile à transporter. Les spectres sont analysés par comparaison avec un modèle calculé avec LBLRTM. La dispersion au cours d'une journée est de quelques ppmv, reflétant sans doute des variations de pollution locale. Une étude de sensibilité au profil de température atmosphérique montre une petite influence quantifiable de celui-ci sur le résultat de la colonne.

La station Gérard Mégie : surveillance de l'atmosphère de 0 à 100km et validation satellitaire

*Philippe Keckhut, Gérard Thuillier, Alain Hauchecorne, Guy Tournois, Jean-Marie Perrin
CNRS, UVSQ*

La Station Gérard Mégie (SGM), pour l'observation de l'atmosphère aux latitudes moyennes de l'hémisphère nord, est installée sur le domaine de l'Observatoire de Haute Provence (OHP). Plusieurs programmes y sont menés : surveillance de l'évolution de la composition chimique de la stratosphère (plus particulièrement de l'ozone) sous l'impact anthropique et forçage naturelle (activité solaire et dynamique) dans le cadre du réseau international NDACC, composition de la troposphère correspondant en partie à l'extension possible du réseau PAES et l'étude du cycle de l'eau et des cirrus, étude des marées atmosphériques et de la dynamique dans la moyenne atmosphère, R&D lidar, validation de missions spatiales relevant des thèmes précédents (TOMS, GOME, ENVISAT, SSU-AMSU, Calipso et, dans le futur, ADM Aeolus). Pour mener ces programmes, le cœur de l'instrumentation de la SGM se compose de 5 lidars dont certains disposent de plusieurs voies de mesure. Ils permettent d'accéder aux profils de paramètres physiques et chimiques (en particulier dans le cadre du programme NDACC) ainsi qu'aux paramètres dynamiques de la stratosphère par la mesure de la vitesse des vents. Ce dispositif est complété au moyen de radiosondages et de 4 spectromètres pour l'étude de la composition chimique de l'atmosphère. Un radar et un interféromètre sont respectivement dédiés à l'étude de la vitesse des vents dans la troposphère et la thermosphère. Dans le cadre des recherches sur les relations soleil - terre, 2 pyranomètres mesurent de façon permanente l'éclairement solaire au niveau du sol tandis qu'une caméra grand champ surveille l'évolution de la couverture nuageuse. Afin d'approfondir notre compréhension sur le rôle des aérosols dans le transfert du rayonnement solaire, nous avons en projet d'installer 2 nouveaux spectromètres dédiés respectivement à l'étude de la lumière directe et diffuse transmise par ces particules solides et liquides. Ainsi équipée, la SGM est une plateforme d'observation unique, qui est ouverte à l'installation d'équipements de nouvelles équipes françaises et internationales. Actuellement, dans le cadre du NDACC une équipe Belges (IASB) et américaine (NOAA) ont installé leur instruments.

Les mesures Aérosols au CO-PDD et le programme EUSAAR FP6

*Paolo Laj , Karine Sellegri
CNRS-OPGC*

Les mesures aérosols au CO-PDD sont effectuées dans le cadre du programme d'infrastructure EUSAAR (EUropean Supersites for Atmospheric Aerosol Research - I3-FP6), financé sur la période 2006-2011 et coordonné par le CNRS. Le principal objectif du projet est de permettre l'harmonisation en Europe de mesures concernant les propriétés des particules d'aérosols. Ces mesures sont réalisées par un réseau de 20 stations européennes de très haute qualité, appelées «Super Sites». Cette harmonisation contribuera à établir un service opérationnel fiable qui pourra notamment servir d'aide aux décisions politiques concernant la qualité de l'air et le changement climatique. Le programme EUSAAR est organisé au sein d'activité de réseau (networking) et de recherche (Joint Research Activities). L'objectif des activités de réseau est de pallier à ce l'absence de coordination en Europe des mesures effectuées sur les stations en assurant notamment l'utilisation la plus efficace des ressources disponibles par 1) l'harmonisation et la validation de la mesure en continue des propriétés optiques, physiques et chimiques de particules, 2) la mise en commun des mesures validées dans une base de données commune accessible à tous les utilisateurs et 3) la diffusion de l'information et la formation d'opérateurs capables sur site de procéder à la maintenances et aux tâches requises par un contrôle qualité adéquat. Dans ce cadre, des journées techniques sont organisées pour tous les opérateurs (ingénieurs, techniciens, étudiants, jeunes chercheurs) dans le but de former des personnels compétents pour les mesures aérosols. Des audits (des mesures et des personnels) sont régulièrement effectués dans les stations en collaboration avec EMEP et GAW. Il faut noter que ce réseau est ouvert à de nouveaux supersites et qu'AEROTROP devra favoriser l'intégration de sites français. Le puy de Dôme est un des supersites du réseau puisqu'un grand nombre de paramètres aérosols, validés en qualité, y est mesuré. Toutes les mesures effectuées dans le cadre d'EUSAAR à la station ont passé le contrôle Qualité. Nous présenterons ici les principaux résultats obtenus à la station PDD et l'intérêt de standardisation des mesures aérosols.

Acquisition d'un lidar atmosphérique pour la visualisation et la caractérisation de la charge en aérosol, sur l'ensemble de la troposphère

P. Freville, P. Laj, K. Sellegri

Observatoire de Physique du Globe de Clermont-Ferrand

Ce poster est destiné à présenter le lidar nouvellement acquis par l'Observatoire de Physique du Globe de Clermont-Ferrand. Il s'agit d'un lidar Rayleigh-Mie émettant à 355 nm, avec une voie de dépolarisation. Il a été conçu sur mesure par la société Gordien-Strato. L'intérêt de ce lidar est avant tout sa puissance qui nous autorise des mesures en haute troposphère sur les cirrus, mais également sa capacité à évoluer vers l'acquisition de signaux Raman, azote et vapeur d'eau. Par ailleurs, la construction mécanique, ainsi que la fourniture des sources logicielles en font un outil de base sur lequel du développement technologique ou logiciel est toujours possible. Le premier trimestre 2008 a été consacré à l'installation sur site de la partie optique. Bien que toujours transportable, nous avons souhaité installer ce lidar en poste fixe afin de faciliter l'acquisition des mesures courantes. L'acquisition de premières mesures démarre maintenant, en ce second trimestre.

Développement d'une plateforme mobile pour la mesure des propriétés physico-chimiques des aérosols

*P. Formenti, J. L. Rajot, N. Grand, S. Lafon, K. Desboeufs, S. Chevaillier, S. Perrier, M. Maillé, et S. Alfaro
LISA*

Dans l'état actuel de la recherche sur les aérosols, l'un des facteurs limitant est notre capacité de prélever les particules de taille super-micronique. Pour les aérosols d'origine naturelle (sels marins, poussières minérales), celles-ci représentent en effet la presque totalité de la masse en suspension et contribuent de manière importante, voire dominante, aux interactions avec les rayonnements solaire et tellurique, ainsi qu'au dépôt. Dans le cadre du programme AMMA, le LISA a mis en œuvre des plateformes compactes et autonomes pour étudier les propriétés physico-chimiques des aérosols désertiques qui conditionnent leurs interactions avec les rayonnements solaire et tellurique et avec la phase aqueuse, atmosphérique et océanique. Cette stratégie expérimentale, couplant des mesures au niveau du sol et des mesures aéroportées a permis de documenter, de façon ponctuelle, la variabilité verticale des concentrations et des propriétés des aérosols. Pour ce faire, des veines de prélèvement multi-piquages desservant un ensemble d'instruments ont permis de documenter les propriétés des aérosols (composition élémentaire, chimique, minéralogique résolues par classe de taille, distribution en taille en masse et en nombre, propriétés optiques dans le visible). Au sol, ces instruments étaient installés à l'intérieur de containers modifiés et résistant aux conditions climatiques extrêmes (hautes températures, forts vents, pluies intenses...) que l'on peut rencontrer en Afrique sahélienne. En avion, nous avons mis en œuvre un bâti instrumenté (système aéroporté AVIRAD) embarqué sur l'ATR-42. Les veines de prélèvement au sol et aéroporté ont été optimisées pour permettre la collecte des aérosols sur un spectre granulométrique le plus large possible, et dans des conditions expérimentales homogènes (même diamètre de coupure des différents capteurs, même humidité relative, etc.). Le système aéroporté AVIRAD est aujourd'hui disponible pour utilisation à bord de l'ATR-42. Les études de validation en soufflerie de sa fonction de transfert en particules est actuellement en cours. Par contre, les containers utilisés au Niger dans le cadre d'AMMA continuent de servir là bas pour des mesures ponctuelles de suivi des propriétés. L'étude de leur fonction de transfert par modélisation est également engagée. En préparation de nouvelles campagnes de mesure (ChArMex dans le cadre du Chantier Méditerranée), nous souhaitons donc développer, dans les quatre ans à venir, une nouvelle plateforme de mesure au sol qui soit compacte, autonome, complète et mobile (shelter, container ou camion équipé) et qui permette de documenter de façon exhaustive le spectre granulométrique des aérosols. Une attention particulière sera portée sur l'optimisation des conditions de collecte pour qu'elles soient le mieux adaptées possibles aux différents types d'analyses, afin de pouvoir étudier de manière pertinente les éventuels mélanges entre espèces particulières que l'on s'attend à rencontrer en Méditerranée. Cette nouvelle plateforme est pensée comme un outil communautaire en complément des mesures physiques et optiques des aérosols qui sont effectuées par d'autres plateformes déjà existantes dans la communauté (TReSS, camion LSCE, etc...), ainsi que les mesures de chimie gazeuse (Mileage, ...). Pour cela, elle comportera des espaces destinées à accueillir de l'instrumentation d'autres laboratoires. Les procédures de mise en œuvre des mesures en ligne et des prélèvements, ainsi que de la récolte et transmission des données, seront automatisées et standardisées le plus possible afin qu'elle puisse être mise à disposition de la communauté. Ce poster sera l'occasion d'entamer une réflexion collective sur l'intérêt et la mise en œuvre de cette plateforme.

Session 2

Développement d'une chambre de simulation atmosphérique à irradiation naturelle

G. Eyglunent, V. Daële, J. Sabatier et A. Mellouki

ICARE (Institut de Combustion, Aérothermique, Réactivité et Environnement) - CNRS, IC, Avenue de la Recherche Scientifique, 45071 Orléans Cedex 2, FRANCE

Depuis plusieurs années, l'équipe Réactivité Atmosphérique de l'Institut de Combustion, Aérothermique, Réactivité et Environnement développe des Chambres de Simulation Atmosphériques équipées d'instruments analytiques variés visant à reproduire les phénomènes chimiques atmosphériques dans des conditions contrôlées. Nous nous sommes déjà dotée de trois chambres de 0.20, 0.27 et 7.2 m³ qui permettent de réaliser de nombreuses études cinétiques et mécanistiques, que ce soit en phase gazeuse ou particulaire. Ces études en laboratoire des processus chimiques contribuent à l'avancée des connaissances en décrivant le rôle complexe exercé par les polluants dans différents milieux atmosphériques. Cela nécessite également le développement d'outils permettant de mener ces recherches dans des conditions proches de celles de l'atmosphère afin de pouvoir y extrapoler les résultats obtenus, tout en assurant la maîtrise des paramètres opératoires. Dans cet optique, nous avons dans un premier temps construit une Chambre de Simulation Atmosphérique à irradiation naturelle de 3.5 m³. Elle est actuellement dédiée à l'étude de l'impact de différents matériaux sur les polluants atmosphérique. Récemment, le laboratoire a lancé le projet HELIOS (cHambre de simuLation atmosphérique à Irradiation naturelle d'ORléanS), de plus grand volume, qui permettra, dans des conditions d'irradiation naturelle, de travailler dans des conditions de concentration proche des conditions atmosphériques. Il s'agira donc d'une chambre de simulation permettant par sa conception de conduire, sous conditions réalistes, des expériences de simulation du milieu atmosphérique. Ce photoréacteur, dont le volume avoisiner 32000 L, sera conçu pour travailler à très basse concentration de composés gazeux tout en utilisant le soleil comme source d'irradiation lumineuse. Cette installation sera équipée des systèmes d'analyse permettant de caractériser précisément la composition de l'air dans l'enceinte réactionnelle. Portée par l'Institut de Combustion, Aérothermique, Réactivité et Environnement (ICARE), le Laboratoire du Physique et Chimie de l'Environnement (LPCE) du CNRS et l'Université d'Orléans à travers l'Observatoire des Sciences de l'Univers du Centre (OSUC), cette installation sera largement ouverte aux communautés nationale et internationale de chimie-physique de l'atmosphère. HELIOS sera dotée des infrastructures permettant l'accueil de l'instrumentation des différentes équipes de recherches ou d'industriels. L'objectif de ce projet est la réalisation d'une plate-forme expérimentale nationale autour de HELIOS qui sera ainsi la seule installation en France de cette envergure et la troisième en Europe après EUPHORE (Valence-Espagne) et SAPHIR (Jülich-Allemagne) dont elle sera complémentaire. Cette présentation détaillera succinctement les installations du laboratoire puis s'intéressera plus particulièrement à la description du projet HELIOS et de la plateforme associée.

L'instrument national CESAM : Description et performance d'une chambre de simulation atmosphérique dédiée à l'étude des processus multiphasiques.

S. Perrier, J. Wang, E. Perraudin, B. Picquet-Varrault, Y. Katrib, J.F. Doussin

LISA

La recherche en chimie de l'atmosphère implique de développer une approche multiphasique, afin d'évaluer de manière fiable l'impact des mécanismes réactionnels et des phénomènes d'échanges sur l'accumulation de photo oxydants, la qualité de l'air et le climat. Pour expliquer les concentrations des espèces d'intérêt atmosphérique issues des expériences de terrain, il est nécessaire de prendre en compte des processus faisant intervenir les différentes phases atmosphériques. Cependant, la connaissance des échanges entre phases et des phénomènes qui se produisent en phase condensée (gouttelettes et aérosols solides) ou à leurs interfaces, est extrêmement lacunaire. Documenter les phénomènes multiphasiques atmosphériques s'impose ainsi comme une nécessité. En effet, cette approche implique de réaliser des expériences de laboratoire par lesquelles peuvent être étudiés, en même temps, non seulement les transformations chimiques au sein de chacun des milieux impliqués, mais aussi les échanges entre phases et l'impact de ces interactions sur les propriétés physico-chimiques des différentes phases. Cela nécessite le développement d'outils permettant de mener ces recherches dans des conditions proches de celles de l'atmosphère afin de pouvoir y extrapoler les résultats obtenus, tout en assurant la maîtrise des paramètres opératoires, seule garantie de la reproductibilité des résultats. Une nouvelle chambre de simulation – CESAM – est maintenant opérationnelle au LISA. Celle-ci a été développée pour l'étude des processus multiphasiques sous conditions atmosphériques simulées. Le système d'irradiation (3 lampes au Xénon de 4 kW installées au dessus de trois fenêtres de quartz) produit un flux d'irradiation très proche du flux solaire. De façon à minimiser les effets de parois, la forme du réacteur a été optimisée et son matériau (inox) a été choisi pour minimiser les effets électrostatiques qui affectent généralement le temps de vie des particules dans les chambres de simulation. CESAM est un réacteur construit en double paroi ce qui permettra de faire circuler un fluide réfrigérant de manière à provoquer des changements de température pendant une expérience ou au contraire d'assurer la stabilité thermique de la chambre. Enfin CESAM est une chambre de simulation « évacuable » c'est-à-dire qu'un système de pompes (pompe sèche 110 m³/h + pompe turbomoléculaire) permet d'atteindre très rapidement des vides de l'ordre de 10⁻⁴ mbar, ce qui permet de limiter l'effet mémoire des parois. Cette dernière caractéristique de l'enceinte CESAM offre également la possibilité d'effectuer des détentes rapides pendant une expérience et ainsi, à partir d'un mélange gazeux présentant une humidité relative proche de 100%, de générer des nuages de types orographiques. On peut ainsi provoquer des cycles d'évapo-condensation et maintenir pour chaque cycle un brouillard aqueux pendant quelques dizaines de minutes. Ceci est assez proche des conditions atmosphériques réelles puisque, dans l'atmosphère, la détente adiabatique est l'un des phénomènes qui conduit à la génération de nuages. L'instrument national de l'INSU, CESAM est une plateforme ouverte, inscrite dans les structures européennes (Programme Eurochamp). La description de ce nouvel outil sera présentée ainsi que ses tests de qualifications et les premières études de processus.

Réseau WMO/GAW/Chimie des précipitations en France

Abdelkrim Mezdour, Sylvie Dufour

METEO-FRANCE

A la fin des années 60, l'accumulation croissante de polluants en tous genres dans l'atmosphère a soulevé le problème d'une pollution atmosphérique à l'échelle mondiale, susceptible d'influencer le climat de la planète. L'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) a alors lancé, en 1971, un projet visant à coordonner l'activité d'un réseau mondial de stations créées par les états membres pour la surveillance continue et à long terme, de certaines espèces chimiques susceptibles d'influencer le climat. En 1989, la Veille de l'Atmosphère Globale (VAG./GAW-Global Atmosphere Watch) a été établie de manière à intégrer des activités de recherche et de surveillance de l'OMM dans le domaine de l'environnement atmosphérique incluant le réseau BAPMoN (Background Air Pollution Monitoring Network) et le Système d'Observation Globale de l'ozone (GO3OS), créés respectivement dans les années 60 et 50. L'objectif principal de la GAW est de fournir des données et d'autres informations, sur la composition chimique et les caractéristiques physiques relatives de l'atmosphère et de ses tendances, informations requises pour améliorer la compréhension du comportement de l'atmosphère et de ses interactions avec les océans et la biosphère. Le programme de mesure inclut les gaz à effet de serre, l'ozone, les UV, les aérosols, les gaz réactifs et la chimie des précipitations. Des critères adoptés à l'échelon international ont défini deux types de stations: les stations globales et les stations régionales. Les stations globales ont un programme de mesure plus élargi que les stations régionales. Dans ce cadre, Météo France a mis en place, en 1977 un réseau de 6 stations régionales de prélèvement des précipitations (Abbeville, Carpentras, Gourdon, Château Chinon, Phalsbourg et Rostrenen); seules les trois premières sont encore opérationnelles. La composition chimique en ions minéraux majeurs (sulfate, nitrate, chlore, sodium, calcium, magnésium, potassium), le pH et la conductivité de ces échantillons de précipitation hebdomadaires sont mesurés. Après contrôle des mesures, les données sont transmises à l'OMM, au Centre Mondial de Données pour la Chimie de Précipitations (World Data Precipitation Chemistry), gérée par l'Atmospheric Sciences Research Center, en Albany /New-York USA, et archivées à Météo-France. Des informations complémentaires sur le programme GAW/Chimie des Précipitations et la base de données sont disponibles à l'adresse suivante <http://mica.asrc.cesm.albany.edu/qasac/>

L'observatoire atmosphérique mobile français pour l'étude des processus photochimiques troposphériques et du climat

Juan CUESTA, Patrick CHAZETTE, Pierre FLAMANT, Bernard BONSAING, Dimitri EDOUART, Laetitia ESTEVAN, Fabien GIBERT, Valérie GROS, Fabien MARNAS, Jean-Christophe RAUT, Joseph SANAK, Cyrille FLAMANT

LMD / IPSL

Le nouvel observatoire mobile atmosphérique « ATMOS » (ATmospheric Mobile ObServatory) a été développé par l'équipe « LiMAG » (Lidar, Météorologie et Applications Géophysiques) de l'Institut Pierre Simon Laplace (IPSL, France), pour contribuer aux campagnes internationales de recherche atmosphérique (contributions à AMMA en 2006 et COPS en 2007) et la validation des observations satellite (CALIPSO en 2006 et 2007, ADM-Aeolus en 2009 et Earth-Care en 2010). La plateforme mobile ATMOS a été conçue pour l'étude de la photochimie atmosphérique, la qualité de l'air et le climat (aérosols, nuages, gaz minoritaires, dynamique atmosphérique et bilan énergétique). Pour une caractérisation complète de la colonne atmosphérique, la charge utile mobile d'ATMOS comprend la plateforme de télédétection « MOBILIS » (Moyens mOBILES de tÉLédetection de l'IpSl) et la station in-situ de physico-chimie « SAMMO » (Station Aérosols et chiMie MOBILE). MOBILIS est un système autonome, de haute performance, constitué par un ensemble d'instruments de télédétection active et passive (i.e. Lidars et radiomètres), dont la charge utile peut être adaptée pour : i) l'observation à long terme dans un conteneur maritime ou un shelter, ii) la réalisation de transects horizontaux à partir du sol, en utilisant une voiture de taille moyenne, et iii) le déploiement aéroporté dans un ULM. SAMMO est équipé d'un ensemble de capteurs in-situ, embarqués dans un camion, pour l'observation de la pollution atmosphérique (particules et gaz minoritaires). En 2009, l'instrumentation d'ATMOS sera complétée par un nouveau Lidar mobile multi-longueurs d'onde Raman-Elastique (6 voies de l'ultraviolet à infrarouge) pour la restitution des profils verticaux des propriétés optiques et de la granulométrie des aérosols. Cette instrumentation innovante sera une contribution indispensable pour la validation de nouvelles missions spatiales Lidar à haute résolution spatiale : ADM-Aeolus en 2009 et Earth-Care en 2010. Dans les prochaines années, la plateforme ATMOS sera impliquée dans le projet SIMEA pour l'étude de la pollution atmosphérique autour de la ville de Rouen, en couplage avec des modèles de méso-échelle de prévision de la qualité de l'air et l'assimilation des données de télédétection. De même, une version aéroportée d'ATMOS sera déployée dans le cadre du projet LIVE2F (Lidar pour la Vulnérabilités des Ecosystèmes aux Feux de Forêts), en lien avec le chantier Méditerranéen (prévu en 2010-2011), pour l'étude de la propagation des feux, de la hauteur d'injection des panaches de fumées et des processus chimiques associés.

ICOS : une infrastructure européenne de recherche pour le suivi des gaz à effet de serre

P. Ciais, M. Ramonet, L. Rivier

Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement

ICOS (Integrated Carbon Observation System) est un observatoire des flux de gaz à effet de serre (GES). L'augmentation de ces gaz étant la cause du changement climatique, l'intérêt stratégique d'ICOS est de permettre, à terme, une surveillance de leurs sources et puits. Cette surveillance donnera des éléments de vérification indépendants des statistiques énergétiques sur les émissions fossiles. Le réseau ICOS reposera sur un réseau de stations de mesure des concentrations atmosphériques des GES, et un réseau de suivi à long terme des écosystèmes. Les réseaux seront coordonnés par des installations centralisées telles qu'un centre de données, un centre de calibration et d'analyse, et des centres thématiques sur l'atmosphère et les écosystèmes. Dans le cadre de la phase préparatoire de ICOS nous sélectionnerons l'instrumentation qui sera déployée dans tous les observatoires ICOS. Chaque station primaire du réseau ICOS-Atmosphère devra mesurer en continu les concentrations atmosphériques de CO₂, CH₄ et CO, ainsi que les paramètres météorologiques 'de base' (pression température, humidité, vitesse et direction du vent), la hauteur de couche limite et les flux de CO₂ par la méthode des flux turbulents. En plus de ces mesures in-situ, les stations ICOS seront équipées d'un système de prélèvement automatique d'échantillons d'air destinés à être analysés par le centre d'analyse pour la détermination des concentrations de CO₂, CH₄, N₂O, SF₆, CO, O₂/N₂, et des rapports isotopiques ¹³C, ¹⁴C, ¹⁸O du CO₂.

EUFAR: Le réseau européen des avions de recherche pour l'environnement

Jean-Louis Brenguier

Météo-France

EUFAR est le réseau européen des avions instrumentés pour la recherche en sciences de la Terre. Ce projet est soutenu par la Commission Européenne en tant qu'Initiative d'Infrastructure Intégrée (I3). Il regroupe les opérateurs d'avions et les experts en instrumentation et mesures aéroportées. Il subventionne l'accès aux avions de la flotte pour tous les scientifiques européens. Enfin, il conduit une étude de faisabilité pour la construction d'un nouvel avion instrumenté européen à grande charge utile et long rayon d'action pour la recherche dans la troposphère.

L'infrastructure IAGOS, un outil pour la surveillance et la prévision de la chimie atmosphérique

F. Karcher, CNRM (Météo-France et CNRS), Y. Lemaître et M. Stoll (DSO, Météo-France), J.-P. Cammas et P. Nédélec (Laboratoire d'Aérodologie, CNRS et Université de Toulouse-3 Paul Sabatier)

Le projet IAGOS prépare une infrastructure européenne pour la collecte opérationnelle d'observations environnementales (concentrations de diverses espèces chimiques et d'aérosols) à partir d'avions de transport commerciaux. La surveillance in situ de la région de vol des avions (haute troposphère et basse stratosphère) est destinée à la détection de changements dans la composition chimique et la nébulosité (traînées de condensation) qui peuvent avoir un impact sur le climat. Elle doit également permettre une meilleure évaluation du transport à longue distance de la pollution et fournir une contribution à la prévision de la qualité de l'air à l'échelle continentale. IAGOS est devenu une composante de l'IGACO (Intégration Globale des observations de chimie atmosphérique) qui est un des programmes d'observation contrôlés par l'Organisation Météorologique Mondiale. On présentera la contribution des partenaires pour la préparation de l'infrastructure. Le laboratoire d'Aérodologie rassemble les besoins des usagers, prépare la logistique pour un fonctionnement continu incluant les relations avec les compagnies aériennes et est responsable des instruments de mesure de CO et d'ozone. Le CNRM et la DSO sont responsables de la fourniture en temps réel des observations chimiques aux services météorologiques et aux futurs services de prévision de la qualité de l'air de l'initiative européenne GMES (Global Monitoring for Environment and Security).

La plate-forme de mesures aéroportées pour la mesure des propriétés microphysiques et optiques des nuages et des aérosols

J-F Gayet, A. Schwarzenboeck, C. Gourbeyre, J-F Fournol, G. Febvre

LaMP UMR 6016 CNRS / Université Blaise Pascal

Les nuages, avec près de 60% de couverture permanente autour de la terre, se placent au cœur de questions fondamentales quant à leurs impacts réels à l'échelle climatique sur (i) le bilan radiatif global, (ii) les principaux cycles bio-géochimiques et (iii) la détermination du signe et de l'amplitude de leurs rétroactions corrélatives aux pollutions anthropiques. L'effet indirect des aérosols et l'impact réel des nuages sur le bilan radiatif et sur les principaux cycles bio-géochimiques constituent les incertitudes majeures en ce qui concerne la prévision du climat global. Ces incertitudes sont principalement dues à une compréhension très incomplète du jeu complexe de multiples interactions entre facteurs dynamiques, environnementaux (composition chimique des masses d'air, propriétés physico-chimiques des aérosols, ...), microphysiques et radiatifs. Ces interactions sont loin d'être linéaires et limitent la quantification des impacts anthropiques. C'est le cas plus particulièrement pour les nuages multiphasiques (eau liquide et phase glacée coexistante), dont les processus complexes ne sont pas résolus. Ces lacunes se heurtent à des difficultés d'observation pour la caractérisation fine des propriétés physico-chimiques des aérosols et des propriétés microphysiques et optiques des hydrométéores nuageux. Ces difficultés expliquent pour une part, les lacunes actuelles de la modélisation des nuages, en particulier les nuages d'altitude, tant au niveau des processus de formation et d'évolution des nuages qu'au niveau des effets radiatifs. Par ailleurs, l'amélioration des moyens de mesure des caractéristiques dimensionnelles et morphologiques des cristaux de glace occupe une position centrale dans le cadre des stratégies de validation expérimentale des nouvelles observations satellitaires (CALIPSO, CloudSat, ...). Les paramètres décrivant les formes non-sphériques et complexes de cristaux de glace et leur orientation, l'hétérogénéité spatiale de caractéristiques microphysiques et optiques, les caractéristiques morphologiques des nuages, etc., ne sont pas pris en compte dans les procédures actuelles de restitution. Les indicatrices de diffusion calculées pour des formes géométriques simples (colonnes ou plaquettes hexagonales) et utilisées dans les algorithmes de restitution actuels des données satellitaires ne sont pas validées par l'observation in-situ. L'enjeu scientifique des études futures (qui se pose au niveau de la communauté internationale) doit viser en terme général, à acquérir une meilleure connaissance des propriétés physiques et chimiques des particules nuageuses et de leurs diverses interactions en vue de déduire des représentations réalistes des nuages dans les modèles numériques. L'approche expérimentale qui consiste à mettre en œuvre des observations détaillées pour la caractérisation fine des propriétés des nuages et des aérosols constitue un moyen indispensable dans les enjeux ci-dessus. C'est dans ce contexte que s'inscrit le projet de plateforme de mesures aéroportées (PMA), instrument national en cours de labellisation auprès de l'INSU. La plate-forme intègre les instruments suivant : (i) un Néphélomètre Polaire pour la caractérisation des propriétés optiques des particules nuageuses, (ii) un imageur de particules nuageuses (CPI) pour la caractérisation microphysique et morphologique des cristaux de glace et (iii) une veine de prélèvement (CVI) des espèces volatiles et non volatiles (aérosols résiduels) dans les particules nuageuses (gouttelettes, cristaux de glace) équipé en aval d'un système d'analyse physico-chimique. Des exemples de mesures ainsi que des résultats obtenus au cours des récentes campagnes d'observation (AMMA, ASTAR, CIRCLE2, POLARCAT) illustreront les potentialités de la plate-forme. Les projets d'intégration de nouvelles techniques de mesure et d'analyse seront également présentés.

Nouvelles plateformes au sol et aéroportées pour la mesure des composés gazeux traces

Agnès Borbon, Aurélie Colomb, Noël Grand, Hélène Mac Leod, Valérie Gros, Bernard Bonsang, Stéphane Letourneur

LISA

La compréhension des mécanismes qui contrôlent la capacité oxydante de l'atmosphère est essentielle pour en prédire l'évolution. Le rôle joué par les processus chimiques en phase gazeuse homogène est central. Leur étude passe par la mise en œuvre de plateformes d'observations in situ depuis la surface mais aussi aéroportée des espèces chimiques de grand intérêt : l'ozone, le monoxyde carbone, les composés azotés (NO_y) et les composés organiques volatils (COV). Dans ce cadre, un certain nombre d'instruments ont fait récemment l'objet d'un développement, d'une jouvence ou encore d'une acquisition dans la communauté. Ces instruments vont permettre d'équiper dans les prochaines années aussi bien des plateformes de mesure au sol (camion laboratoire MILEAGE) qu'aéroportés (ATR-42 et/ou Falcon 20). Parmi ces instruments, on compte : - le préleveur automatique AMOVOC (Airborne Measurements of Volatile Organic Compounds), développé au LISA et déployé avec succès sur les deux avions de recherche français pendant la Période d'Observation Intensive de l'été 2006 d'AMMA. A l'heure actuelle, cet outil permet le prélèvement simultané des COV primaires et du formaldéhyde. - le spectromètre de masse en ligne PTR-MS (proton Reaction Transfer Mass Spectrometer). Il s'agit d'un nouvel instrument commercial dédié à la mesure des COV majeurs et commun à 4 laboratoires en Ile de France (LCSE, LISA, SA et LPMAA). Une première utilisation est le programme européen MEGAPOLI à l'horizon 2009. - l'instrument MONA (Mesure des oxydes d'azote), actuellement configuré sur l'avion de recherche Falcon-20. Cet instrument est axé autour de 3 analyseurs permettant l'analyse de NO, NO₂ et NO_y. Une jouvence de MONA en vue de la campagne MEGAPOLI va permettre à cet instrument d'être embarqué dans l'ATR-42. Il pourra également être utilisé à bord de MILEAGE. Une description de ces instruments est ici proposée en soulignant leur complémentarité et les optimisations envisagées. Les résultats d'expériences telles qu' AMMA ou Chimie Rapide seront présentés pour en illustrer les performances. Enfin, une réflexion sur les besoins futurs sera proposée.

Ballons Traceurs Troposphériques - vers de nouvelles observations -

Nicolas VERDIER

CNES

Le ballon est un véhicule de choix pour l'étude et la compréhension des mécanismes atmosphériques et océaniques qui façonnent le climat de notre planète. Le CNES propose ainsi une gamme de petits aérostats Lagrangiens permettant l'exploration des basses couches de l'atmosphère et en particulier de la couche limite planétaire. Compte tenu de récents progrès technologiques, l'instrumentation générique embarquée habituellement sur ces aérostats (pression, température, humidité, vents) peut être étoffée par de nouveaux capteurs pour assurer des missions d'observation in situ, inédites, ceci partout dans le monde.

L'apport de ballons dérivant en basses couches dans les problèmes de chimie-transport : projet méditerranéen ChArMEx

P. Durand ⁽¹⁾, M. Mallet ⁽¹⁾, V. Thouret ⁽¹⁾, F. Dulac ⁽²⁾, L. Fouchet ⁽³⁾, G. Letrenne ⁽³⁾, A. Vargas ⁽³⁾, N. Verdier ⁽³⁾

(1) Laboratoire d'Aérodynamique - Université de Toulouse, CNRS ; (2) Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, CEA, CNRS, Gif-Sur-Yvette ; (3) Centre National d'Etudes Spatiales – DCT

L'étude des espèces troposphériques réactives en Méditerranée occidentale va s'effectuer dans les années qui viennent dans le cadre du programme ChArMEx (Chemistry Aerosol Mediterranean Experiment). Au cours des campagnes de terrain prévues lors des étés 2001 et 2002, il est prévu de documenter aussi finement que possible les trajectoires ainsi que la transformation physico-chimique sur la Méditerranée des panaches continentaux, qu'ils soient issus des zones polluées de la côte septentrionale du bassin, ou des régions émettrices de poussières désertiques au nord du continent africain. Dans cette stratégie trouvent toute leur place les ballons dérivants de basses couches que le CNES est à même de déployer, à la fois pour réaliser des suivis quasi-lagrangiens des masses d'air, et pour en mesurer les propriétés météorologiques et la composition de l'air. Ainsi, le développement instrumental actuellement conduit vise-t-il à documenter les caractéristiques des aérosols, la concentration d'ozone, et les flux radiatifs. La stratégie expérimentale prévoit d'utiliser les possibilités complémentaires des différents porteurs (BPCL, BABA et aéroclippers) pour recueillir les données les plus pertinentes au cours des épisodes qui seront étudiés lors des périodes d'observation intensive.