



agence d'évaluation de la recherche  
et de l'enseignement supérieur

Section des Unités de recherche

Évaluation de l'AERES sur l'unité :  
Laboratoire de l'Atmosphère et des Cyclones  
LACy

des établissements et organismes :

Université de la Réunion

Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS

Météo-France



Février 2014



agence d'évaluation de la recherche  
et de l'enseignement supérieur

Section des Unités de recherche

*Pour l'AERES, en vertu du décret du 3  
novembre 2006<sup>1</sup>,*

- M. Didier HOUSSIN, président
- M. Pierre GLAUDES, directeur de la section  
des unités de recherche

*Au nom du comité d'experts,*

- M<sup>me</sup> Nadine CHAUMERLIAC, présidente  
du comité

---

<sup>1</sup> Le président de l'AERES « signe [...], les rapports d'évaluation, [...] contresignés pour chaque section par le directeur concerné » (Article 9, alinea 3 du décret n°2006-1334 du 3 novembre 2006, modifié).



## Rapport d'évaluation

Ce rapport est le résultat de l'évaluation du comité d'experts dont la composition est précisée ci-dessous.

Les appréciations qu'il contient sont l'expression de la délibération indépendante et collégiale de ce comité.

Nom de l'unité : Laboratoire de l'Atmosphère et des Cyclones

Acronyme de l'unité : LACy

Label demandé : UMR

N° actuel : UMR 8105

Nom du directeur  
(2013-2014) : M. Pierre TULET

Nom du porteur de projet  
(2015-2019) : M. Pierre TULET

## Membres du comité d'experts

Président : M<sup>me</sup> Nadine CHAUMERLIAC, LAMP, Clermont-Ferrand (représentante du CoNRS)

Experts : M. Paolo LAJ, LGGE, Grenoble

M<sup>me</sup> Pascale DELECLUSE, Météo-France, Paris

M. Marc MALLET, LA, Toulouse (représentant du CNU)

Délégués scientifiques représentants de l'AERES :

M. François CARLOTTI

M. Jean-Luc BOUCHEZ

Représentant(s) des établissements et organismes tutelles de l'unité :

M. Emmanuel CLOPPET, Météo-France

M. Jean Marie FLAUD, CNRS INSU

M. Matthieu LECORRE (directeur de l'École Doctorale n°542 STS)

M. Mohamed ROCHDI, Université de la Réunion



## 1 • Introduction

### Historique et localisation géographique de l'unité

Le Laboratoire de l'Atmosphère et des Cyclones (LACy) est né le 1er janvier 2006 de la fusion du Laboratoire de Physique de l'Atmosphère (LPA, UMR Université de la Réunion-CNRS, créée en 1993) et de la Cellule de Recherche sur les Cyclones (CRC) de Météo-France. Il est situé à Saint-Denis de La Réunion, hébergé à l'Université de La Réunion (campus Moufia) et à la DIRRE de Météo-France. Soutenu dès 1993 par des investissements lourds et des collaborations régionales, nationales et internationales, le LPA n'a cessé de croître dans ses structures et de progresser dans ses thématiques. En parallèle, un développement instrumental important a privilégié la mise en place de grands instruments, permettant un suivi de la dynamique atmosphérique. En 1993, l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) a investi la Direction Inter-Régionale de Météo-France à La Réunion de la responsabilité internationale de « Centre Météorologique Régional Spécialisé » pour les cyclones du bassin sud-ouest de l'Océan Indien. Le rôle de Météo-France est ainsi de surveiller et prévoir le risque cyclonique dans ce bassin. Une équipe de recherche (nommée CRC) a été créée en 1998, assurant l'évolution des outils de prévision par l'analyse de données ou par la modélisation. La convergence d'un certain nombre de thèmes de recherche du LPA et de la CRC a amené à la création du LACy (UMR 8105) en 2006.

Le LPA, puis le LACy ont été les porteurs scientifiques et techniques de la création de l'Observatoire du Maïdo mis en service mi-2012. Cet observatoire rattaché à l'OSU-Réunion est une structure communautaire, pleinement implantée dans les principaux réseaux internationaux d'observation comme le NDACC- Network for the Detection of Atmospheric Composition Change -, le GAW - Global Atmosphere Watch -, le PHOTON - National Observatory For Aerosol -. La majorité des instruments d'observation historiques du LACy/UMS3365, ainsi que de nouveaux instruments (lidar Raman vapeur d'eau, vapeur d'eau par GPS, mesures *in situ* de gaz et d'aérosols, etc...) ont été implémentés au sein de cet observatoire. Ce dispositif vient compléter les deux autres sites d'observation de l'OPAR - Observatoire de Physique de l'Atmosphère de la Réunion (aéroport de Gillot et Campus du Moufia, Université de La Réunion) hébergeant d'autres systèmes de mesure. Le rôle du LACy est central dans l'exploitation scientifique de ces mesures et dans le développement des partenariats scientifiques s'y rattachant. C'est dans cette optique que le LACy oriente une partie de sa stratégie sur le développement de la modélisation numérique et des outils satellites.

### Équipe de direction

M. Pierre TULET, directeur du LACy

M. Hassan BENCHERIF, directeur adjoint, responsable d'équipe

M. Olivier BOUSQUET, responsable d'équipe

M. Jean-Pierre CAMMAS, directeur OSU-R, responsable d'équipe

### Nomenclature AERES

ST3



## Effectifs de l'unité

Effectifs de l'unité	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	7	9
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	5	6
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	4	6
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)	1	
<b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)	1	1
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>18</b>	<b>22</b>

Effectifs de l'unité	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	4	
Thèses soutenues	14	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité *	5	
Nombre d'HDR soutenues	3	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	5	7



## 2 • Appréciation sur l'unité

Le LACy est un laboratoire ultra-marin situé dans l'Océan Indien tropical, ce qui lui donne des spécificités exceptionnelles, que le laboratoire s'est bien appropriées tant dans son bilan que dans sa prospective. Le laboratoire développe des travaux autour de la prévision des cyclones, en lien fort avec des recherches sur l'électricité atmosphérique. Il étudie aussi le suivi de la variabilité atmosphérique, grâce à la station d'observation de l'OPAR, site de mesure unique dans les réseaux internationaux, et de la dynamique de la stratosphère et des échanges stratosphère-troposphère dans les zones tropicales. En outre, le LACy a su développer un fort partenariat, tant local que régional, à travers la fédération OMNCG (Observatoire des Milieux Naturels et des Changements Climatiques) de l'Université de la Réunion et le GDRI ARSAIO (Groupe de Recherche International « Atmospheric Research in Southern Africa and the Indian Ocean »).

### Avis global sur l'unité

Le bilan de l'unité est globalement très positif avec une production scientifique qui s'est accrue de manière significative par rapport à l'évaluation précédente, une participation active dans les SOEREs « Systèmes d'Observation et d'Expérimentation au long terme pour la Recherche en Environnement » (ORAURE : Observations en Réseaux des Aérosols à Usage de Recherches Environnementales, ROSEA : Réseau d'Observatoires pour la Surveillance de l'Eau Atmosphérique), une ouverture à de nouveaux partenaires de la Métropole et à de nouvelles disciplines via la Fédération OMNCG (Observatoire des Milieux Naturels et des Changements Globaux) mise en place au niveau de l'université. Il faut noter l'investissement humain remarquable que le laboratoire a fourni dans la mise en place de la station du Maïdo et féliciter les équipes du succès de cette opération. La prospective est riche et ambitieuse, avec des choix scientifiques pertinents pour le laboratoire de la Réunion (dynamique de la stratosphère et échanges troposphère/stratosphère, variabilité de l'atmosphère tropicale, amélioration de la prévision des cyclones).

### Points forts et possibilités liées au contexte

Le LACy occupe une position géographique et scientifique privilégiée pour les études atmosphériques en zone tropicale. Ceci confère au laboratoire une forte attractivité, aussi bien pour des partenaires régionaux, comme l'Afrique du Sud et les pays de COI (Commission de l'Océan Indien), que pour plusieurs laboratoires de métropole (LATMOS, LA, CNRM, ...) et/ou locaux (fédération OMNCG). L'unité bénéficie d'un fort soutien de ses trois tutelles qui a été marqué par une politique de fléchage de postes et par un fort investissement financier et humain notamment pour le développement de la station de l'OPAR au Maïdo.

Le LACy est un acteur majeur du projet FEDER «Analyse intégrée des aléas associés aux cyclones tropicaux» qui pourra fournir de nouveaux moyens conséquents au laboratoire. Le laboratoire est bien positionné sur les aspects enseignement et formation, avec la participation à plusieurs Masters, à une Ecole d'été avec l'Afrique du Sud, et des actions de formation pour la prévision des cyclones.

L'équipe de direction dans un contexte de forte mobilité de personnel avec de multiples départs et arrivées a su impulser une dynamique de recherche forte, une adhésion aux projets d'équipe et une bonne ambiance. Le transfert des personnels techniques vers l'UMS n'a pas affecté cette dynamique, et les liens LACy/OSU-R pour assurer le fonctionnement de l'OPAR sont clairs et établis.

### Points faibles et risques liés au contexte

La situation ultra-marine du laboratoire entraîne un certain isolement mais aussi des surcoûts financiers; les personnels techniques et scientifiques sont tentés de rejoindre la Métropole pour améliorer leurs perspectives de carrière.

Le déficit de contrats doctoraux disponibles au Ministère et dans les collectivités territoriales est préjudiciable au flux de jeunes chercheurs, d'autant plus que l'éloignement ne favorise pas des pistes alternatives (de partenariat ou de cotutelle).

L'émergence de certains nouveaux projets dépend des moyens humains et financiers liés aux aléas programmatiques de l'ANR. Les risques liés à cette stratégie programmatique devraient être plus clairement évalués.



## Recommandations

Le comité d'experts recommande de veiller aux points suivants :

- poursuivre l'effort de structuration et de consolidation du LACy et stabiliser le laboratoire au niveau de son effectif et de ses ambitions scientifiques ;
- poursuivre activement l'exploitation scientifique des données de l'OPAR et de Météo-France en favorisant l'accueil de partenaires et d'équipes extérieures. Renforcer l'ouverture des collaborations, notamment vers l'international, en étant attentif à mettre en place un véritable partenariat scientifique qui devrait apporter de nouveaux moyens (en particulier en terme de CDD en support aux observations) ;
- le LACy est en position de jouer un rôle pilote dans l'exploitation du modèle AROME (Applications de la Recherche à l'Opérationnel à Mésoéchelle) et de son couplage avec le modèle d'océan NEMO (Nucleus for European Modelling of the Ocean) pour l'étude des cyclones, en lien avec les équipes de la métropole ;
- la validation de produits satellitaires est encouragée car plusieurs instruments de la plateforme du Maïdo s'y prêtent (le lidar-vent notamment intéresse directement la validation de la mission ADM-Aeolus). Cet aspect doit être réalisé en partenariat avec les laboratoires de la Métropole, Investigateurs Principaux (PIs) de ces missions ;
- bien évaluer les besoins en personnel sur les nouveaux projets (halogénés marins, émissions volcaniques) qui dépendent fortement des contraintes programmatiques ;
- consolider, voir étendre, les liens avec les pays de la zone, qui peuvent permettre une source d'étudiants et des échanges de chercheurs. Cet aspect s'inscrit également dans le champ d'intérêt des collectivités territoriales ;
- veiller à la bonne intégration des nouveaux chercheurs recrutés et assurer le soutien de leur positionnement sur les axes transverses et sur les activités de modélisation, tout en évitant la dispersion ;
- mettre en place une politique de prélèvement sur les contrats.



### 3 • Appréciations détaillées

#### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

La production scientifique du laboratoire est en forte augmentation par rapport à la précédente évaluation (2009), avec une progression globale passant de 0,98 à 1,75 ACL par an et par ETP, ce qui est tout à fait satisfaisant rapporté au nombre de chercheurs de l'UMR. Une part importante des travaux du LACy est valorisée dans des revues à impact international, telles que *Journal of Geophysical Research*, *Geophysical Research Letters*, *Journal of the Atmospheric Sciences*, *Monthly Weather Review*, *Atmospheric Chemistry and Physics*, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, *Ocean Dynamics*, *Annals of Geophysics*, *Atmospheric Research*, *Geoscientific Model Development*, *Weather and Forecasting*, ... avec des co-signatures en lien étroit avec l'étude des régions tropicales, dans les 3 équipes de recherche. Le LACy a su s'inscrire dans une trajectoire de recherche ambitieuse bien définie autour de ses spécificités régionales. Le développement de l'OPAR et l'exploitation scientifique des données devraient bénéficier aux chercheurs/enseignants-chercheurs des 3 équipes. D'autre part 14 thèses et 3 HDR ont été soutenues entre 2009 et 2013.

#### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

Compte tenu de l'expertise scientifique qu'il a su développer, axée sur les spécificités de l'atmosphère tropicale (prévision des cyclones, dynamique de l'atmosphère tropicale), le laboratoire est très bien identifié au plan national et a une force d'attraction sur ses thématiques prioritaires. L'intégration de l'OPAR dans les initiatives nationales et internationales pour l'observation (NDACC : Network for the Detection of Atmospheric Composition Change, SHADOZ : Southern Hemisphere Additional OZonesondes, SAOZ : Système d'Analyse par Observation Zénithale, AERONET : AErosol RObotic NETwork, ACTRIS/GAW : Aerosols, Clouds, and Trace gases Research InfraStructure Network / Global Atmosphere Watch, WWLNL : World Wide Lightning Location Network) confère au site un statut privilégié dont le LACy tire profit à travers l'établissement de nouvelles collaborations avec les laboratoires de la Métropole. L'intégration du LACy dans la fédération OMNCG a favorisé l'émergence de nouvelles opportunités avec les laboratoires de l'Université de la Réunion travaillant sur les risques naturels.

#### Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

Le LACy travaille étroitement avec la cellule de Météo-France en charge de la prévision opérationnelle des cyclones sur la zone de l'Océan Indien et a établi des liens remarquables entre recherches académique et opérationnelle. Cette activité lui donne une grande visibilité dans l'environnement local, compte tenu des enjeux de vulnérabilité liés aux impacts cycloniques.

#### Appréciation sur l'organisation et la vie de l'unité

Le LACy se compose de trois équipes et bénéficie d'une forte impulsion dans sa dynamique de recherche de la part de l'équipe de direction. Cette dynamique s'est traduite par l'identification d'axes transversaux bien adaptés au contexte du laboratoire à La Réunion, et par le remplacement et le recrutement pertinents de personnels dans l'abondement de ces axes. Des journées scientifiques sont régulièrement organisées et les personnels sont impliqués dans les choix stratégiques lors d'assemblées générales. L'équipe technique, très limitée au LACy puisque la plupart des ITAs ont été rattachés à l'UMS, semble en bonne interaction avec la direction et est satisfaite de la mutualisation des moyens de calcul et des formations à l'Université de la Réunion. Toutefois, un système de gestion unique et une vision claire de la contribution de Météo-France au laboratoire faciliteraient la tâche de la gestionnaire. Un assistant de prévention est en cours de nomination.

#### Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

Le laboratoire est bien impliqué dans la formation par la recherche, avec des responsabilités au sein de l'Ecole Doctorale "Sciences, Technologies et Santé" (ED542-STs), la responsabilité d'une formation biannuelle sur la prévision des cyclones, une participation à la tâche de service MesoNH (Non-Hydrostatic Mesoscale Atmospheric Model). Il pâtit cependant du faible nombre d'allocations doctorales disponibles à l'Université de la Réunion.



### Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

La prospective du laboratoire est riche et pertinente. Elle est équilibrée entre la continuation des travaux sur la prévision des cyclones et l'étude de la dynamique de l'atmosphère tropicale, d'une part, et les nouvelles opportunités liées à l'exploitation scientifique des données de l'OPAR d'autre part. Des axes transverses ont été définis : ils devraient permettre de mettre en synergie les compétences des différentes équipes en terme de modélisation et d'exploitation des données d'observations. Le projet à cinq ans dépend fortement de l'équipe de direction en place, la seule capable d'assurer le maintien de la dynamique et la pérennisation des investissements.



## 4 • Analyse équipe par équipe

### Equipe 1

Stratosphère

Nom du responsable : M. Hassan BENCHERIF

Effectifs

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	2	4
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés		0,5
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
<b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)		
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>2</b>	<b>4,5</b>

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	2	
Thèses soutenues	5	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	2	
Nombre d'HDR soutenues		
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	1	2

### • Appréciations détaillées

L'équipe stratosphère du LACy s'intéresse à l'étude des échanges méridiens à travers les barrières dynamiques, et à la variabilité de la stratosphère tropicale à l'aide d'outils statistiques et de calculs de trajectoires en s'appuyant sur différents types de données et d'observations de réseaux internationaux.



### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

La production scientifique s'est maintenue (17 publications ACL de 2009 à 2013 dans des revues telles que Atmospheric Chemistry and Physics, Journal of Geophysical Research, Annals of Geophysics,...) avec une bonne valorisation des observations SAOZ, SHADOZ et des mesures lidar NDACC malgré la faiblesse numérique du potentiel (un seul enseignant-chercheur pendant 3 ans). Cette production se fait grâce aux collaborations avec les laboratoires de la Métropole (notamment le LATMOS) et dans le cadre du GDRI ARSAIO, notamment avec l'Afrique du Sud.

### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

L'équipe a bien tiré parti de son appartenance au réseau NDACC. Grâce au GDRI (Groupe de Recherche International) ARSAIO qu'elle coordonne, elle a su être attractive dans l'Océan Indien et accueillir plusieurs scientifiques étrangers (un par an en moyenne). Elle a organisé plusieurs conférences et Ecoles thématiques : symposium NDACC (2011), Doctoriales 2012 des Ecoles Doctorales de l'Université de La Réunion et du Master International Télédétection et Risques Naturels en Afrique du Sud (2011, 2012 et 2013).

### Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

Le responsable de l'équipe est expert scientifique et pédagogique pour le projet ACCLIMATE (Adaptation au changement climatique) de la COI (Commission de l'Océan Indien) et pour des organismes sud-africains.

### Appréciation sur l'organisation et la vie de l'équipe

L'équipe dispose d'un effectif permanent réduit et repose essentiellement sur des enseignants-chercheurs.

### Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

L'équipe est très impliquée dans deux Masters auxquels le LACy est adossé. Le responsable de l'équipe est directeur adjoint de l'ED542 STS de l'Université de La Réunion. Elle a accueilli 11 stages de Master, 7 doctorants et deux post-doctorants.

### Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

L'équipe va se renforcer avec le recrutement d'un chercheur CNRS (dédié à 50%) et d'un Maître de conférences pour poursuivre l'étude des échanges troposphère-stratosphère. Le projet doit se consolider autour de ces nouveaux recrutements et développer une vraie transversalité avec l'équipe troposphère, en s'appuyant notamment sur de la modélisation. Les appuis du GDRI-2 sont acquis.

### Conclusion

Cette équipe porte le thème phare du LACy depuis sa création. Elle a su maintenir une activité scientifique tout à fait satisfaisante malgré de faibles ressources ; avec les personnels qui lui sont ajoutés, elle dispose maintenant d'une opportunité unique de développer une thématique transversale forte sur les échanges troposphère-stratosphère. Les liens bien établis avec l'Afrique du Sud, fondés sur le GDRI ARSAIO, qui vient d'être renouvelé, sont des éléments moteurs à cette recherche sur l'UTLS et devraient être élargis aux autres pays de l'Océan Indien.

#### ■ *Points forts et possibilités liées au contexte :*

L'équipe participe activement aux réseaux NDACC, SAOZ et SHADOZ en collaboration avec le LATMOS, le CNRM et bientôt le LPC2E. Elle anime le GDRI ARSAIO et entretient des liens privilégiés avec l'Afrique du Sud. L'augmentation des ressources humaines et la dynamique impulsée par les axes transversaux doivent lui permettre de renforcer son activité scientifique et de compléter les analyses d'observation par une utilisation des outils de modélisation.



- *Points faibles et risques liés au contexte :*

Le développement des outils de modélisation élaborés, comme le modèle MesoNH, pour aborder la dynamique des échanges troposphère-stratosphère et la circulation de Brewer-Dobson, est intéressant mais ambitieux et risqué.

- *Recommandations :*

Consolider les liens avec les pays de la zone Océan Indien sur la base des collaborations établies dans le cadre du GDRI ARSAIO et de collaborations bilatérales (comme le projet SAFIR/Protea). Elargir ces liens avec de nouveaux partenaires asiatiques et indiens, et encourager la mise en place de bourses de mobilité avec ces pays.

Poursuivre l'exploitation des données des réseaux internationaux, notamment NDACC et développer l'utilisation de données spatiales tout en s'appuyant sur les outils de modélisation, en collaboration étroite avec l'équipe troposphère. Il est recommandé d'utiliser le modèle MesoNH, à adapter pour traiter les échanges physico-chimiques dans l'ULS tropicale, notamment ceux de la vapeur d'eau.

Bien centrer le projet de recherche sur les barrières dynamiques et les tendances de la stratosphère, en lien avec l'UTLS.



## Equipe 2

Troposphère

Nom du responsable : M. Jean-Pierre CAMMAS

### Effectifs

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	3	3
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	2	2,5
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)		0,5
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)	1	
<b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)		1
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>6</b>	<b>7</b>

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	2	
Thèses soutenues	4	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	1	
Nombre d'HDR soutenues	2	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	2	2

### • Appréciations détaillées

L'équipe Troposphère travaille sur la variabilité de la composition atmosphérique de la troposphère tropicale sur l'Océan Indien Ouest. Elle est très impliquée dans la mise en place des observations de l'OPAR (routine / campagnes intensives) et leur exploitation. Elle utilise des modèles numériques (eulériens et lagrangiens) pour identifier et étudier les processus de transport et de transformation physico-chimique qui gouvernent cette composition.



### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

L'équipe a maintenu un bon niveau de publications (35 publications ACL de 2009 à 2013 dans des revues telles que Journal of Geophysical Research, Geophysical Research Letters, Atmospheric Chemistry and Physics, Annals of Geophysics, Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, ...) malgré de nombreux mouvements de personnel. Ces publications sont la plupart liées à des activités d'observations et de campagnes, notamment par l'exploitation des données NDACC/SHADOZ. Des travaux sur la modélisation des panaches volcaniques lors de l'écoulement de la lave, sur l'impact sur le transport convectif et sur l'altitude d'injection et de suivi de la composition chimique du panache ont été réalisés. On peut citer par exemple les simulations à hautes résolutions (1km) réalisées pour la première fois pour l'île de la Réunion, du panache de l'éruption du Piton de la Fournaise d'avril 2007. En termes d'études dynamiques, les échanges troposphère-stratosphère ont été également étudiés, ainsi que les études liées au courant-jet polaire de l'hémisphère sud. Une de ces études a permis pour la première fois dans cette région de documenter un type particulier de dépression tropicale, les dépressions de moussons, et de montrer qu'elles sont de nature à perturber la tropopause et favoriser les échanges stratosphère-troposphère. En parallèle, des travaux importants ont été effectués, liés à la variabilité de l'ozone troposphérique, aux processus associés, à la climatologie ainsi que sur les tendances.

### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

L'attractivité de l'équipe réside dans sa capacité à exploiter les données d'observation pluri-annuelles fournies par les services d'observation de l'OPAR, et notamment les informations SAOZ et Lidar sur la colonne atmosphérique. Elle dispose d'un savoir-faire reconnu pour utiliser les outils de modélisation à haute résolution adaptés à ces travaux. L'équipe bénéficie des nouveaux développements à la station Maïdo, de son intégration dans les services d'observation (NDACC, PHOTONS, RAMSES), dans les SOERE (ORAURE et ROSEA) ; elle bénéficie également des opportunités offertes par l'accès transnational dans le cadre du projet européen ACTRIS. La mise en service de l'observatoire Maïdo permettra de renforcer la visibilité de l'équipe dans l'organisation de campagnes internationales de mesure, comme celle prévue au printemps 2014, pour la validation de mesures NDACC.

### Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

La participation au réseau tomographique GPS, pour la validation du lidar ainsi que pour la reconstitution tridimensionnelle du champ de vapeur d'eau, ouvre des opportunités de collaborations interdisciplinaires, avec d'autres laboratoires du site et leurs appuis métropolitains (dans le cadre notamment du SOERE sur les bassins versants ERORUN : Observatoire de l'EROSion à la RéUNion).

La proximité du volcan de la Réunion a permis le développement d'une thématique originale et importante en cas d'éruption. Il s'agit du projet ANR FOURNEX (Fournaise Experiment) en collaboration avec l'IPGP, le LA et l'Université de Corse qui vise à une meilleure maîtrise du risque volcanique.

Le site du Maïdo est ouvert aux visiteurs du Parc National et donne ainsi une bonne visibilité de l'activité instrumentale et d'observations du laboratoire, de manière semblable à ce qui a été réalisé sur de nombreux observatoires d'altitude en France et en Europe.

### Appréciation sur l'organisation et la vie de l'équipe

Malgré des charges de direction importantes, tant au LACy qu'à l'OSUR, et une forte mobilité de ses personnels, l'équipe a réussi à consolider sa dynamique interne tout en ouvrant de nouveaux chantiers porteurs. Plusieurs axes complémentaires sur les échanges de composés dans l'UTLS (Upper Troposphere and Lower Stratosphere), sur l'étude des aérosols et sur les processus éruptifs sont présentés avec un effort important d'animation et de coordination.

### Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

L'équipe a encadré 8 stages de Master, 5 thèses et 1 post-doctorant. Elle a obtenu un brevet pour le logiciel OMER7 (Outils nuMERiques pour l'étude des Sciences de l'Environnement Terrestre) et a réalisé un film de valorisation sur l'OPAR. Plusieurs membres de l'équipe participent aux enseignements et aux Masters de l'Université de la Réunion.



## Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

La stratégie de l'équipe se décline en axes clairs et pertinents pour les études sur l'Océan Indien : la chimie troposphérique, les échanges UTLS, les interactions aérosols/nuage. Ces axes figurent dans les priorités de la prospective nationale de l'INSU/CNRS. Tous ces thèmes valorisent bien les activités et les observations du Maïdo. Dans ce contexte, les perspectives liées à la paramétrisation des émissions d'aérosols marins, via l'utilisation du couplage entre le modèle MesoNH (non prise en compte de l'état de surface) et le modèle océanique NEMO, sont très intéressantes. L'extension du projet vers l'étude des sources marines et des halogénés est également intéressante mais conditionnée à des apports programmatiques (ANR).

## Conclusion

### ▪ *Points forts et possibilités liées au contexte :*

Il faut féliciter l'équipe pour la mise en place des observations au Maïdo et l'exploitation des données dans le cadre de réseaux nationaux (SOERES), internationaux (ACTRIS, GAW).

L'équipe a su remplacer les départs des scientifiques et renforcer le potentiel humain (un CR CNRS affecté à 50% dans l'équipe et un recrutement CNAP en 2013).

Elle s'est ouverte à de nouveaux partenaires de la Métropole (LSCE, LaMP, LISA, CNRM, LA,..) et étrangers (NOAA), et à l'interaction avec de nouvelles disciplines (dans le cadre de la fédération OMNCG).

### ▪ *Points faibles et risques liés au contexte :*

Les risques sont essentiellement liés aux nouveaux projets (halogénés marins et émissions volcaniques) qui dépendent fortement des moyens potentiellement disponibles car liés aux aspects programmatiques de deux ANR.

Les projets de l'équipe sont fortement liés à la capacité de fonctionnement des instruments de l'observatoire et donc au potentiel technique qui le soutient. La bonne coordination entre le LACy et l'OSU-R, effective aujourd'hui, est une condition indispensable pour assurer le futur.

### ▪ *Recommandations :*

Le comité d'experts recommande de veiller aux points suivants :

- poursuivre activement l'exploitation des données du Maïdo en partenariat avec les laboratoires de la Métropole, en précisant clairement les conditions de collaboration et de publication des résultats obtenus à partir de ces données ;
- assurer une formalisation pertinente du partenariat scientifique national et international en relation avec l'exploitation des données de l'OPAR ;
- stabiliser les moyens humains en veillant à bien intégrer les jeunes chercheurs dans la dynamique de transversalité sur les échanges troposphère/stratosphère ;
- veiller à bien intégrer les surcoûts liés à la situation ultra-marine du laboratoire dans les demandes de financement ;
- établir des priorités sur les thèmes de recherche développés en fonction des réponses aux appels d'offre de l'ANR ;
- mutualiser les outils de modélisation avec les deux autres équipes autour, notamment, du code communautaire MesoNH.



### Equipe 3

Cyclones tropicaux

Nom du responsable : M. Olivier BOUSQUET

#### Effectifs

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	2	2
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	3	3
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	3	3,5
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
<b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)	1	
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>9</b>	<b>8,5</b>

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants		
Thèses soutenues	5	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	2	
Nombre d'HDR soutenues	1	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	2	3

#### • Appréciations détaillées

L'équipe Cyclones étudie les cyclones et les précipitations intenses du bassin de l'Océan Indien. Pour mener à bien ses travaux, elle s'appuie sur l'utilisation de modèles opérationnels (notamment ALADIN : Aire Limitée Adaptation dynamique Développement InterNational, et bientôt AROME) et de modèles de recherche (MesoNH) ainsi que sur les observations météorologiques (radars, pluviomètres, disdromètres) disponibles dans le bassin.



### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

On observe une forte croissance de la dynamique de production sur le dernier quadriennal (un facteur 5) avec des résultats innovants et originaux de niveau international et, de fait, publiés dans des revues scientifiques de haut niveau (25 publications ACL de 2009 à 2013, dans des revues telles que Journal of Geophysical Research, Journal of the Atmospheric Sciences, Ocean Dynamics, Monthly Weather Review, Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, ...). Le lien entre les études opérationnelles sur les cyclones et les développements sur l'électricité atmosphérique est particulièrement intéressant, de même que les travaux sur le processus d'intensification des cyclones, ou encore l'étude des conditions initiales des modèles pour la prévision des cyclones. Des études de modélisation à haute résolution ont également été conduites, mettant en évidence le rôle du relief de La Réunion sur l'intensité des précipitations.

### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

L'équipe collabore naturellement avec le CNRM-GAME mais aussi avec le LA, le LMD, le LOCEAN, le NCAR, le Centre for Australian Weather and Climate Research (CAWCR, Melbourne, Australie). Elle a organisé le congrès CYCLONES en 2010 et a des coopérations avec l'Australie sur la prévision d'intensité, les structures cycloniques et la modélisation des températures de brillance. Les activités sur l'électricité atmosphérique s'appuient sur les données du réseau de détection des éclairs à échelle globale WWLLN (World Wide Lightning Location Network).

### Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

La force de l'équipe est d'avoir pu mettre en place un lien fort entre les recherches sur l'électricité atmosphérique et les précipitations avec la prévision opérationnelle des cyclones. Les enjeux de risques sont bien considérés avec la participation à plusieurs projets LEFE (Les Enveloppes Fluides de l'Environnement), FEDER (Fonds Européens de Développement Régional) ou encore un projet financé par la fondation MAIF (PRECYP : PREvision et analyse des CYclones pour la Prévention des risques à La Réunion) sur l'observation et la modélisation des cyclones tropicaux et de leurs impacts. Le transfert des travaux de recherche vers l'opérationnel est effectif et s'inscrit dans la réponse à une forte demande sociétale (intégration des paramétrisations microphysiques développées dans MesoNH dans le modèle opérationnel AROME pour mieux représenter les précipitations sur l'orographie, les processus d'intensification des cyclones et leur initialisation).

### Appréciation sur l'organisation et la vie de l'équipe

Les membres de l'équipe ont de fortes interactions notamment autour de l'outil de modélisation (à la fois pour le développement des connaissances et le transfert des nouveaux codes vers les chaînes opérationnelles). Le renouvellement du potentiel humain a permis à l'équipe de poursuivre son activité, avec un renforcement très important des efforts de productions scientifiques et de communications.

### Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

1 HDR, 5 thèses et 7 stages de Master 2 ou équivalent (ITM) ont été soutenus lors de la période 2009-2013. L'équipe participe activement au dialogue avec les structures opérationnelles et à la formation sur la prévision cyclonique dans les pays de la zone de l'Océan Indien.

### Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

L'équipe « Cyclones » va poursuivre sa double approche de recherche « appliquée et amont », tout en maintenant son soutien à la prévision cyclonique via le développement de codes numériques à vocation opérationnelle. Le projet est très bien structuré en termes de progression des connaissances, des partenariats et du calendrier : déploiement du modèle AROME Océan Indien, assimilation de données pour mieux représenter l'état initial et améliorer les prévisions d'intensification des cyclones, prise en compte de l'interaction avec l'océan (couplage AROME/NEMO), développements microphysique et d'électricité atmosphérique.

L'équipe « Cyclones » participera au développement de ce nouveau modèle, en proposant et en testant des évolutions, et en menant des recherches amonts. Elle participera aussi à l'axe transversal aérosols/nuage de la prospective du laboratoire et, ici plus spécifiquement, à l'étude de la sensibilité du cycle de vie des nuages orographiques à la présence d'aérosols.



## Conclusion

L'équipe a bien tenu compte des recommandations de la dernière évaluation et on constate aujourd'hui le transfert vers l'opérationnel fondé sur des tests en mode recherche, sur la microphysique et sur le couplage océan/atmosphère. Elle s'inscrit dans l'exploitation aussi bien des données de l'OPAR (Electricité Atmosphérique et interaction aérosol/nuage) que de celles de Météo-France.

### ▪ *Points forts et possibilités liées au contexte :*

Le lien entre la recherche et l'opérationnel est bien établi dans l'équipe. L'équipe a participé à des actions internationales (réseau WWLLN) et à des actions de formation sur la prévision des cyclones. Elle a une bonne dynamique de réponses aux appels d'offre (ANR, LEFE, Fondation MAIF, POCT Feder - Programme opérationnel européen de coopération territoriale sur les risques).

### ▪ *Points faibles et risques liés au contexte :*

Une prospective ambitieuse et le défi du couplage océan/atmosphère. Un manque de personnel compétent pour traiter les questions d'assimilation ou la réalisation d'opérations comme la mise en place d'un radar nuage.

### ▪ *Recommandations :*

Le comité d'experts recommande de veiller aux points suivants :

- poursuivre la stratégie développée pour lier les développements en recherche sur l'électricité atmosphérique et la microphysique, et sur les activités opérationnelles autour d'AROME-Océan Indien ;
- se rapprocher des laboratoires de la Métropole (notamment le LOCEAN) pour traiter le couplage océan/atmosphère ;
- établir des priorités parmi les projets, en considérant les besoins en moyens humains pour réaliser certaines opérations comme la mise en œuvre d'un radar nuage ;
- s'assurer du maintien des personnels permanents.



## 5 • Déroulement de la visite

### Dates de la visite :

Début : 11 février 2014 à 9h30 (heure locale)

Fin : 12 février 2014 à 21h (heure locale)

Lieu de la visite : salle OSU-R

Institution : Université de la Réunion

Adresse : 15 avenue René Cassin, BP 7151, 97715 Saint Denis Messag. Cedex 9

Adresse : Route du Maïdo

Locaux spécifiques visités : LaCY, Observatoire du Maïdo  
(seulement pour les membres du comité d'experts présents sur place)

### Déroulement ou programme de visite

Le comité d'experts s'est réuni dans les locaux du LACy sur deux jours, les 11 et 12 Février 2014, pour examiner les activités et la prospective du laboratoire. La visite s'est déroulée sous forme de visio-conférence avec deux experts sur site et les deux autres dans les locaux de l'AERES à Paris. Une partie du comité d'experts (les experts sur site seulement) a pu visiter la station du Maïdo et les installations instrumentales du LACy à l'Université de la Réunion. A sa propre initiative, cette partie du comité d'experts a également eu accès à la Cellule de Recherche sur les Cyclones, la veille de l'évaluation.

Pour effectuer son analyse le comité d'experts a disposé des documents du dossier d'évaluation, établis sous la responsabilité du directeur d'unité, pour la vague E de la campagne 2013-2014. Des exposés du directeur du laboratoire et des responsables des équipes ont permis au comité d'experts d'appréhender et de détailler l'ensemble des activités du LACy, et d'éclairer les membres du comité d'experts sur les actions de recherche que le laboratoire souhaite poursuivre dans le futur. Le comité d'experts a apprécié la qualité de ces présentations, tant sur leur forme que sur les choix des thématiques qui ont été exposées. Le comité d'experts a également rencontré les représentants des tutelles et les représentants des personnels, ITA, étudiants en thèse, et chercheurs.

Le comité d'experts tient à remercier l'ensemble des personnels scientifiques, techniques et administratifs pour l'excellente organisation matérielle de ces journées d'évaluation, leur disponibilité et leur souplesse dans le déroulement du programme.

### Points particuliers à mentionner

Cette situation inédite avec une partie du comité d'experts délocalisé était parfois difficile à gérer du fait du décalage horaire de trois heures entre La Réunion et Paris, et a imposé des horaires de travail très contraints de part et d'autre. Cette situation n'a pas permis aux experts situés à Paris de visiter l'Observatoire du Maïdo récemment installé (2012) et donc de mesurer l'ampleur des programmes d'observations qui y sont installés. Ces éléments étaient un point fondamental de l'évaluation et le comité d'experts a regretté ces limitations.



## Agenda

Mardi 11 février 2014 : Université de la Réunion 15 Av. R. Cassin, 97715 Saint Denis Messag. Salle, salle OSU-R

- 9h30 :** Accueil du comité d'experts sur site à La Réunion
- 10h00-11h00 :** Visite des locaux sur le campus (comité d'experts sur place)
- 11h00-20h00 :** Connexion de la visio conf (8h00 - 17h00 heure de Paris)
- 11h00 :** Accueil du comité d'experts sur site à Paris (8h00 heure de Paris)
- 11h15-11h45 :** Réunion à huis clos du comité d'experts (8h15 heure de Paris)  
Présence : membres du comité d'experts et délégué scientifique de l'AERES
- 11h45-11h55 :** Introduction de la visite par le délégué scientifique de l'AERES (8h45)  
Présence : comité d'experts, représentants des tutelles, délégué scientifique de l'AERES, tout ou partie de l'unité.
- 11h55-13h05 :** Présentation du Bilan et du Projet par le directeur du laboratoire et discussion (M. Pierre TULET).  
Présence : comité d'experts, représentants des tutelles, délégué scientifique de l'AERES et/ou tout ou partie de l'unité.
- 13h05-13h45 :** Pause (plateaux repas) (10h05 heure de Paris pause-café).
- 13h45-14h25 :** Présentation du Bilan et du Projet de la thématique «Stratosphère» (présentateur M. Hassan BENCHERIF) (10h45 heure de Paris). Présence : comité d'experts, représentants des tutelles, délégué scientifique de l'AERES et/ou tout ou partie de l'unité.
- 14h25-15h05 :** Présentation du Bilan et du Projet de la thématique Troposphère» (présentateur M. Jean-Pierre CAMMAS)  
Présence : comité d'experts, représentants des tutelles, délégué scientifique de l'AERES et/ou tout ou partie de l'unité.
- 15h05-15h45 :** Présentation du Bilan et du Projet de la thématique «Cyclones tropicaux» (présentateur M. Olivier BOUSQUET) (12h05-12-45 heure de Paris). Présence : comité d'experts, représentants des tutelles, délégué scientifique de l'AERES et/ou tout ou partie de l'unité.
- 15h45-16h20 :** Pause-café (12h45-13h20 heure de Paris ; plateaux repas à Paris).
- 16h20-17h10 :** Développement des infrastructures de l'OPAR (présentateur M. Valentin DUFLOT) (LACy + UMS 3365) (13h30 heure de Paris). Présence : comité d'experts, représentants des tutelles, délégué scientifique de l'AERES et/ou tout ou partie de l'unité.
- 17h10-17h40 :** Réunion à huis clos avec les personnels ITA/BIATOSS, Présence : comité d'experts, délégué scientifique de l'AERES, sans la direction de l'unité et sans les responsables d'équipe.
- 17h40-18h10 :** Réunion à huis clos avec les personnels post-doctorants et CDD.  
Présence : membres du comité d'experts, délégué scientifique de l'AERES, sans la direction de l'unité et sans les responsables d'équipe
- 18h10-18h40 :** Réunion à huis clos avec les personnels doctorants, Présence : comité d'experts, délégué scientifique de l'AERES, sans la direction de l'unité et sans les responsables d'équipe.
- 18h40-19h30 :** Réunion à huis clos du comité d'experts (15h50 - 16h30 heure de Paris).  
Présence : comité d'experts et délégué scientifique de l'AERES.
- Fin de la première journée 16h30 heure de Paris / Fin de la visio-conférence 17h00 heure de Paris.

-----



Mercredi 12 Février 2013 : Université de la Réunion, 15 Av. R. Cassin, 97715 Saint Denis Messag. Salle OSU-R.

- Matin :** Visite de l'Observatoire du Maïdo (et des sites Moufiat + Gillot).
- 11h30-12h15 :** Déjeuner à l'observatoire du Maïdo.
- 14h00-20h30 :** Connexion de la visio conférence (11h00 - 17h30 heure de Paris).
- 14h00-14h30 :** Réunion à huis clos du comité d'experts (11h00 heure de Paris). Présence : comité d'experts et délégué scientifique de l'AERES.
- 14h30-15h00 :** Réunion à huis clos avec les personnels E-C et chercheurs (11h30 heure de Paris).  
Présence : membres du comité d'experts, délégué scientifique de l'AERES, sans la direction de l'unité et sans les responsables d'équipe.
- 15h00-15h30 :** Réunion à huis clos avec les représentants des Écoles Doctorales (12h00-12h30 heure de Paris).  
Présence : comité d'experts et délégué scientifique de l'AERES.
- 15h30-16h10 :** Pause-café (12h30-13h10 heure de Paris : plateaux repas à Paris).
- 16h10-17h10 :** Réunion à huis clos avec la direction du laboratoire et l'équipe porteuse du projet (13h10- 14h10 heure de Paris). Présence : directeur et équipe porteuse, comité d'experts et du délégué scientifique de l'AERES.
- 17h10-18h10 :** Réunion à huis clos avec les représentants des tutelles (14h10- 15h10 heure de Paris).  
Présence : comité d'experts et délégué scientifique de l'AERES.
- 18h10-20h00 :** Réunion à huis clos du comité d'experts. Discussion et mise en place de la rédaction du rapport. (15h10- 17h00 heure de Paris). Présence : comité d'experts, avec le délégué scientifique de l'AERES (mais il ne participe pas à la discussion).
- 21h00 :** Fin de la visite (18h00 heure de Paris) / Fin de la visio-conférence 18h30 heure de Paris.



## 6 ● Observations générales des tutelles



Saint-Denis, le 14 Avril 2014

## Liste des observations

Référence : S2PUR150008720 - LABORATOIRE DE L'ATMOSPHÈRE ET DES CYCLONES - 9740478B

Je soussigné, P. Tulet, directeur du LACy, atteste avoir pris connaissance du rapport d'évaluation. Après consultation des tutelles, nous n'avons pas de remarques particulières à formuler vis à vis de ce rapport.

Le 14 Avril 2014,

  
**Pierre TULET**  
Directeur de l'UMR8105 LACy

M. Rochdi, Président de l'Université de La Réunion

  
La Vice-Présidente  
en charge de la Recherche  
  
Pr. Corinne DUBOIN



Laboratoire de L'Atmosphère et des Cyclones – UMR8105 LACy - Université de la Réunion  
15 avenue René Cassin – BP 7151 - 97715 Saint-Denis Messageries Cedex 09  
Tel : 0262 93 82 65 / +262 262 93 82 65  
Fax : 0262 93 82 54 / + 262 262 993 82 54