

RAPPORT D'ÉVALUATION DE L'UNITÉ

LMD - Laboratoire de météorologie dynamique

SOUS TUTELLE DES ÉTABLISSEMENTS ET ORGANISMES :

École nationale des ponts et chaussées - ENPC

École normale supérieure - université Paris Sciences et Lettres – ENS-PSL

Sorbonne Université - SU

École polytechnique - X

Centre national de la recherche scientifique - CNRS

CAMPAGNE D'ÉVALUATION 2023-2024
VAGUE D

Rapport publié le 26/02/2024



Au nom du comité d'experts :

Christian George, Président du comité

Pour le Hcéres :

Stéphane Le Bouler, président par intérim

En application des articles R. 114-15 et R. 114-10 du code de la recherche, les rapports d'évaluation établis par les comités d'experts sont signés par les présidents de ces comités et contresignés par le président du Hcéres.

Pour faciliter la lecture du document, les noms employés dans ce rapport pour désigner des fonctions, des métiers ou des responsabilités (expert, chercheur, enseignant-chercheur, professeur, maître de conférences, ingénieur, technicien, directeur, doctorant, etc.) le sont au sens générique et ont une valeur neutre.

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. Les données chiffrées de ce rapport sont les données certifiées exactes extraites des fichiers déposés par la tutelle au nom de l'unité.

MEMBRES DU COMITÉ D'EXPERTS

Président :

M. Christian George, Centre national de la recherche scientifique – CNRS, Lyon

Mme Frédérique Auriol, CNRS, Lille (représentante du personnel d'appui à la recherche)

M. Julien Boé, CNRS, Toulouse

M. Pascal Bordé, université de Bordeaux

Experts :

Mme Suzanne Crumeyrolle, Université de Lille (représentant du CNU)

Mme Nadia Fourrié, CNRS, Toulouse

Mme Karine Sellegri, Centre national de la recherche scientifique – CNRS, Clermont-Ferrand (représentante du CoNRS)

M. Thomas Stocker Physics Institute, University of Bern, Suisse

REPRÉSENTANT DU HCÉRES

M. Pascal Morin

REPRÉSENTANTS DES ÉTABLISSEMENTS ET ORGANISMES TUTELLES DE L'UNITÉ DE RECHERCHE

M. Philippe Agard, Sorbonne Université

Mme Élisabeth Angel-Perez, Sorbonne Université

Mme Anne Christophe, École Normale Supérieure, université Paris Sciences et Lettres

M. Jean-François Doussin, CNRS Insu

M. Jérôme Lesueur, École des Ponts

M. Kees van der Beeck, École Polytechnique

CARACTÉRISATION DE L'UNITÉ

- Nom : Laboratoire de Météorologie Dynamique
- Acronyme : LMD
- Label et numéro : UMR 8539
- Nombre d'équipes : 6
- Composition de l'équipe de direction : M. Philippe Drobinski (directeur) ; M. Fabio D'Andrea (directeur adjoint site de l'ENS) ; M. François Forget (directeur adjoint site de Sorbonne Université) ; M. Riwal Plougonven (directeur adjoint site de l'École polytechnique) ; Mme Gaëlle Bruant (directrice administrative)

PANELS SCIENTIFIQUES DE L'UNITÉ

ST Sciences et technologies
ST3 Sciences de la terre et de l'univers

ST5 : Sciences pour l'ingénieur

THÉMATIQUES DE L'UNITÉ

Le Laboratoire de Météorologie Dynamique (LMD) étudie le climat et l'environnement de la Terre et des atmosphères planétaires, coordonnant des approches expérimentales d'observation et de mesure ainsi que des approches théoriques et de modélisation numérique.

La recherche menée au sein du LMD fait appel à la modélisation numérique et à l'observation de l'atmosphère, de l'océan et des surfaces continentales à diverses échelles, du local au global. Les activités de modélisation incluent l'analyse numérique et le développement de paramétrisations physiques. Les activités d'observation incluent le développement instrumental, les techniques de traitement de signal et le déploiement de systèmes de mesure au sol (contribution au site expérimental de recherche par télédétection atmosphérique - SIRTA - de l'Institut Pierre-Simon Laplace - IPSL), embarqués sur ballon ou sur satellite.

Afin de mener à bien ses travaux, le laboratoire est organisé en six équipes scientifiques largement structurées autour des outils du laboratoire, et ayant les thématiques suivantes :

- l'équipe ABC (t) (Atmosphère-Biosphère-Climatologie [télédétection]) étudie les variables climatiques par analyse du rayonnement atmosphérique et de surface, à l'aide de mesures de télédétection active et passive, depuis le sol et l'espace ;
- l'équipe DPAO (Dynamique et Physique de l'Atmosphère et de l'Océan) étudie les mécanismes fondamentaux de la dynamique et de la physique des fluides géophysiques (atmosphère et océan), de l'échelle turbulente à l'échelle planétaire ;
- l'équipe EMC3 (Étude et Modélisation du climat et du changement climatique) développe le modèle de circulation générale LMDz et étudie les mécanismes physiques qui contrôlent la dynamique du climat et du changement climatique ;
- l'équipe InTro (Interfaces et troposphère) étudie au niveau régional les processus physico-chimiques de fine échelle et leur impact sur le climat ;
- l'équipe Planéto (Planétologie) étudie les atmosphères planétaires du Système Solaire comme des exoplanètes, par la modélisation des processus à différentes échelles et par le soutien aux missions spatiales, à l'analyse et à l'interprétation de leurs données ;
- l'équipe SIRTA (Site instrumental de recherche par télédétection atmosphérique) vise à documenter sur le long terme les processus radiatifs, physiques et dynamiques au sein de l'atmosphère, en particulier ceux liés aux nuages et leurs précurseurs tels que les aérosols et la vapeur d'eau.

À ces six équipes s'ajoutent le service administratif, le service informatique et le service technique.

HISTORIQUE ET LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DE L'UNITÉ

Né de la fusion du Laboratoire de Physique de la Basse Atmosphère et du groupe constitué autour du programme EOLE (programme météorologique expérimental développé en coopération par les [agences spatiales française CNES](#) et [américaine Nasa](#)), le Laboratoire de Météorologie Dynamique (LMD) a été créé en

1968 en tant qu'unité propre du CNRS. Il est devenu une unité mixte de recherche en 1998, associant quatre autres tutelles, à savoir : l'École Normale Supérieure (ENS) à Paris, l'École polytechnique (EP) à Palaiseau et Sorbonne Université (SU) à Paris. Le LMD compte également l'École Nationale des Ponts et Chaussées (ENPC) comme partenaire.

Le LMD est ainsi implanté sur trois sites universitaires : celui de l'École Polytechnique à Palaiseau, sur le campus Pierre et Marie Curie de Sorbonne Université à Paris et finalement à l'École Normale Supérieure (ENS-PSL) à Paris.

De ce fait, le LMD dépend de trois établissements fruits d'évolutions récentes : Sorbonne Université (fusion de l'Université Paris-Sorbonne, ex-Paris-IV, et l'Université Pierre-et-Marie-Curie, ex-Paris-VI), l'Université PSL (université collégiale dont l'ENS est établissement composante) et l'Institut Polytechnique de Paris (ayant l'École polytechnique comme composante).

Le LMD est membre fondateur de la Fédération de recherche Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL) (FR636) en 1991, de l'École universitaire de recherche (EUR) IPSL - Climate graduate school en 2017 et de l'EUR et centre interdisciplinaire Energy4Climate (E4C) en 2019.

ENVIRONNEMENT DE RECHERCHE DE L'UNITÉ

Le LMD est un laboratoire dynamique, gravitant autour de nombreuses structures et fédérations de recherche. Ceci reflète sa parfaite intégration dans son environnement de recherche, liée à ses thématiques de recherche correspondant à des priorités majeures de différents organismes.

Il est ainsi un des membres fondateurs de l'Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL, crée en 1991), fédération de recherche (FR636), qui regroupe et coordonne les ressources en sciences du climat et de l'atmosphère en Île-de-France. Le LMD est également une composante de l'Observatoire des sciences de l'univers (Osu) Ecce Terra, créé en 2010. Au sein de cet observatoire, il gère (i) des plateformes numériques (au travers des codes Chimere - modèle de chimie et de transport de simulation de la pollution photo-oxydante et particulaire des basses couches de l'atmosphère - et LMDz - modèle global de circulation atmosphérique avec une capacité de raffinement du maillage ou zoom), (ii) des infrastructures de données (Planetary climate database – anciennement Mars climate catabase) et (iii) deux plateformes pilotées par l'IPSL (le SIRTa, site d'expérimentation labélisé à l'Observatoire Versailles-Saint Quentin [OVSQ] et le mésocentre de données et de calcul Espri, Ensemble de services pour la recherche à l'IPSL).

Le LMD est également un acteur majeur, voire coordinateur, dans deux Écoles universitaires de recherche (EUR), outils émanant du troisième plan des investissements d'avenir – PIA3). L'unité émerge ainsi au sein de (i) l'IPSL – Climate graduate school (IPSL- CGS) qui a pour objectif de fournir une formation par la recherche sur les questions liées au système climatique, aux changements climatiques, et à leurs impacts et (ii) du centre pluridisciplinaire Energy4Climate (E4C) qui vise à relever les défis de la transition énergétique.

Par ailleurs, le LMD est contributeur dans l'institut de convergence « Climate change and land-management systems » CLAND (PIA2) et dans le programme ExcellenceS (PIA4). Il est également très impliqué dans le PEPR (Programmes et équipements prioritaires de recherche) TRACCS (TRAnsformer la modélisation du climat pour les services climatiques) et TASE (Technologies avancées pour les systèmes énergétiques) (PIA France 2030).

EFFECTIFS DE L'UNITÉ : en personnes physiques au 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	7
Maîtres de conférences et assimilés	7
Directeurs de recherche et assimilés	24
Chargés de recherche et assimilés	12
Personnels d'appui à la recherche	48
Sous-total personnels permanents en activité	98
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	19
Personnels d'appui non permanents	19
Post-doctorants	6
Doctorants	61
Sous-total personnels non permanents en activité	105
Total personnels	203

RÉPARTITION DES PERMANENTS DE L'UNITÉ PAR EMPLOYEUR : en personnes physiques au 31/12/2022. Les employeurs non tutelles sont regroupés sous l'intitulé « autres ».

Nom de l'employeur	EC	C	PAR
CNRS	1	49	44
SORBONNE UNIVERSITÉ	12	0	4
POLYTECHNIQUE	4	0	11
ENS-PSL	3	0	1
AUTRES	0	0	5
Total personnels	20	49	65

AVIS GLOBAL

Le Laboratoire de Météorologie Dynamique (LMD) est une unité de recherche d'excellence dans son domaine de recherche qui concerne les fondements physiques du climat, l'instrumentation et l'observation à différentes échelles. Les travaux menés par l'ensemble des équipes constitutives font référence à l'échelle mondiale et concernent des thématiques d'importance majeure, tant à l'échelle nationale qu'internationale, incluant les missions spatiales. Ainsi, le LMD est une force motrice dans de nombreuses actions d'envergure (projets, campagnes de mesures, développements numériques et instrumentaux) comme les campagnes Magic (Monitoring de la composition atmosphérique et des gaz à effet de serre à l'aide d'instruments déployés dans des campagnes de mesures), Stateole-2 (projet consacrée à l'étude des phénomènes atmosphériques au niveau de l'équateur terrestre), Eurec4A (Élucidation du rôle du couplage nuages-circulation dans le climat), les développements autour de Aircore (système d'échantillonnage d'air pour la mesure des profils verticaux des concentrations de gaz à effet de serre de la surface à la stratosphère jusqu'à 30 km d'altitude), Dynamico (projet développant un nouveau noyau dynamique pour LMDz), LMDz, Chimere, les projets européens de comparaison de simulations « Coupled model intercomparison project » (CMIP), la « Planetary data base », l'infrastructure de recherche « Aerosol, clouds, and trace gases research infrastructure » (Actris) et désormais les actions autour des ressources en énergies renouvelables (Energy for climate, E4C), pour n'en citer que quelques-unes.

Le LMD s'avère être un laboratoire pionnier dans la compréhension de la physique du changement climatique et une unité de recherche stratégique pour ses tutelles dans l'écosystème de l'Île-de-France, dans lequel l'unité

est particulièrement bien ancrée. Dans ce contexte, le LMD répond à de très nombreuses sollicitations scientifiques, mais aussi autour de la dissémination de son savoir dans différentes sphères locales.

Le LMD poursuit de nombreux développements au service de la communauté scientifique, tant au niveau numérique (LMDz, Dynamico, Chimere) qu'instrumental (avec une implication forte dans différentes missions spatiales, autour de la télédétection) ou encore éducatif. Dans ce contexte, le LMD est un maillon essentiel du paysage national, en forte interaction avec de nombreux laboratoires.

Du fait de récents départs et d'une demande en forte croissance, la charge d'enseignement est inégalement répartie à la défaveur des membres universitaires de l'unité. Il est ainsi constaté que le LMD n'est plus en mesure de faire face aux nombreuses sollicitations qu'il reçoit sans nuire à sa capacité de recherche.

Sur le mandat qui s'achève, le LMD a finalement bénéficié d'une forte croissance dans le recrutement de personnels d'enseignement et de recherche, certainement au détriment de son support technique et administratif, avec une augmentation de son personnel, mais aussi une diversification significative des thèmes abordés. Ainsi, son périmètre d'action devra certainement être stabilisé pour la période contractuelle à venir.

Les interactions scientifiques et techniques au LMD ne sont pas structurées, mais menées sur la base d'intérêts communs apparaissant entre les personnels et les équipes. Ceci semble développer ce qui est présenté comme un « esprit de famille LMD », qui aboutit *in fine* à un personnel en forte interaction et se plaisant au sein du laboratoire. Ce dernier semble aussi, à travers sa direction, avoir mené une politique remarquable de gestion des ressources humaines durant la période pandémique de la COVID. Toujours dans cet esprit, l'unité a engagé un effort très intéressant autour de l'égalité - diversité qui apporte une base solide de réflexion autour d'inflexions possibles dans la gestion du personnel au sein du laboratoire.

Malgré cet esprit de famille, il convient de recommander à la future direction de veiller à la qualité des interactions entre les sites et les équipes du LMD.

ÉVALUATION DÉTAILLÉE DE L'UNITÉ

A - PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Trois points majeurs sont probablement à retenir de l'évaluation précédente. Ceux-ci portent sur la communication entre les différents sites du LMD, le développement et l'intensification d'actions transverses (point qui rejoint le précédent) et l'adéquation des moyens humains avec les actions phares du laboratoire. Ces recommandations ont été globalement prises en compte par le LMD.

La crise sanitaire a précipité l'avènement des outils collaboratifs en ligne et la communication entre les sites du LMD en a bénéficié. Par ailleurs, différents outils de communication en ligne, comme le site internet, ont été revisités ou développés. L'enjeu est désormais de maintenir leur emploi à leur niveau d'efficacité optimum. Il est cependant évident qu'étant donnée la structure du LMD, la communication entre les sites est et restera un point de vigilance. En outre, l'amélioration de la communication « non virtuelle » n'a pas été présentée, alors qu'elle est essentielle, notamment en termes d'animation scientifique, pour renforcer le sentiment d'appartenance et l'émulation intellectuelle.

Le LMD présente un bilan convaincant sur une série de thèmes scientifiques transverses aux équipes, plutôt structurés autour des outils. Ces thèmes scientifiques impliquent finalement toutes les équipes réparties entre ses différents sites. Ils ont permis des avancées scientifiques très intéressantes fondées sur le développement d'outils numériques (LMDz, Dynamico, Cimère) ou sur l'observation (télé-détection et développement instrumentaux) qui sont analysées ci-dessous au sein des équipes. Certaines actions de collaboration ont également été mises en place autour des outils phares de modélisation et d'observation. Finalement, les activités récentes autour des questions d'énergie ont beaucoup structuré de façon transversale les équipes du LMD depuis la prévision de la ressource énergétique renouvelable aux questions d'agrivoltaïsme comme solution d'adaptation au changement climatique.

Concernant les ressources humaines, les effectifs permanents du LMD ont progressé de 25 % depuis 2016, avec un équilibre entre le volet recherche et le support technique. Dans le contexte actuel, cette progression est exceptionnelle.

B - DOMAINES D'ÉVALUATION

DOMAINE 1 : PROFIL, RESSOURCES ET ORGANISATION DE L'UNITÉ

Appréciation sur les objectifs scientifiques de l'unité

Le LMD est une unité clé dans le contexte national, mais également à l'échelle internationale, sur les questions scientifiques liées au climat, à la dynamique atmosphérique et planétaire et à l'interaction océan-atmosphère, mais aussi à la transition énergétique.

Il apparaît également évident que son profil d'activités évolue, se renforce ou s'adapte au fil des recrutements (et des départs, comme pour la thématique historique au LMD d'assimilation de données) et des financements obtenus sur la période concernée. Cette « plasticité » thématique remarquable est le signe d'une unité dynamique, parfaitement dirigée, qui travaille sur des thématiques prioritaires dans son domaine.

Appréciation sur les ressources de l'unité

Les ressources du LMD sont en augmentation régulière pendant la période considérée, tant sur sa dimension financière (augmentation de 50 %), qu'humaine (augmentation de 25 % du personnel permanent). Les ressources propres de l'unité proviennent essentiellement des appels à projets nationaux et internationaux (montrant encore une fois la compétitivité de l'unité). Cet ensemble croissant donne au LMD toute la latitude requise afin de mener à bien ses travaux de recherche.

Cette croissance se traduit cependant par une tension sur les locaux, dont la gestion diffère entre chaque site du laboratoire, et par une tension forte au niveau de la charge de travail du personnel administratif et de gestion. Il est également apparu au comité que certaines compétences clés dans le développement instrumental, activité importante du laboratoire, liées à l'atelier de mécanique, étaient en danger.

Appréciation sur le fonctionnement de l'unité

Le LMD est une unité fonctionnelle, possédant toutes les structures requises pour un laboratoire de cette taille. Son fonctionnement apparaît finalement comme étant essentiellement collégial, avec une direction appréciée par son personnel, qui exprime globalement son bien-être au sein de cette structure (malgré les lourdeurs administratives imposées par les tutelles).

Le fonctionnement actuel (et passé) de l'unité repose non pas sur ces structures mais finalement sur la volonté présente de travailler ensemble. Ce choix semble actuellement adapté au LMD, mais il faudra veiller que cela le reste pendant la prochaine période contractuelle.

1/ L'unité s'est assigné des objectifs scientifiques pertinents.

Points forts et possibilités liées au contexte

Le LMD est une unité phare dans son domaine d'activité autour de l'observation et de la modélisation des systèmes climatiques. Ses objectifs scientifiques sont clairement définis et déclinés au sein de ses six équipes, dont les tailles semblent suffisamment dimensionnées.

L'insertion forte de l'unité dans différentes structures nationales (comme celles émanant du PIA3) et internationales, les liens avec le Centre national d'études spatiales (Cnes), sont autant de signes que le LMD mène des travaux correspondant à des priorités majeures.

Par ailleurs, au-delà de ses activités scientifiques, le LMD développe et structure différents outils de modélisation (comme LMDz) et d'observation (en télédétection, *in situ* ou au travers de la station du SIRT) qui sont devenus centraux dans de nombreuses actions d'envergure nationale ou internationale. On note une implication forte d'une grande partie du laboratoire dans les outils originaux du futur, tels que Dynamico, le nouveau noyau dynamique pour LMDz.

Ainsi, il apparaît évident que le LMD est un acteur clé, souvent pilote, dans de nombreux projets et actions de coordination. Une attention particulière est donnée au transfert de ses actions afin de contribuer à la connaissance et à l'évolution du climat et plus récemment autour des besoins en énergies renouvelables.

Pour la période considérée, différentes actions transverses sont décrites, allant du développement de codes numériques, à la caractérisation d'événements extrêmes, en passant par l'étude de l'interface troposphère-stratosphère, ayant pour objectif une structure accrue de l'unité. Ceci valorise les activités de l'unité.

La structuration opérationnelle de l'unité est fonctionnelle, avec la déclinaison scientifique menée au sein des six équipes, bénéficiant d'un support, de différents services centraux (bureau d'étude, service informatique, etc.), véritable colonne vertébrale de l'unité.

Points faibles et risques liés au contexte

La vision stratégique de l'unité semble être reléguée au sein des équipes, créant un foisonnement d'actions de développement et de recherche. Dans ce contexte, les actions transverses apportent un certain liant qui est essentiel.

L'animation scientifique au sein des équipes et surtout au sein du laboratoire est assez peu visible dans le document. Elle pourrait bénéficier de journées scientifiques organisées régulièrement.

La multiplicité des sites, des actions menées et des contrats de recherche crée une tension en termes de capacité d'accueil. De toute évidence, cela peut créer un risque, voire limiter, les capacités de développement futures de l'unité.

Cette multiplication des actions pose également la question de l'adéquation du dimensionnement des moyens centraux (services technique et administratif, bureau d'étude, etc.), dont certains sont déjà mutualisés avec d'autres unités.

Le LMD est distribué entre différents sites, avec quatre tutelles aux modes de fonctionnement différents. Il s'agit là, à la fois d'une occasion, mais cela présente aussi un risque. Actuellement, cela semble être parfaitement appréhendé par la direction mais c'est fort naturellement un point de vigilance intrinsèque au laboratoire.

2/ L'unité dispose de ressources adaptées à son profil d'activités et à son environnement de recherche et les mobilise.

Points forts et possibilités liées au contexte

Le LMD a les ressources requises afin de mener à bien ses ambitions scientifiques et le contexte sociétal et programmatique est favorable à son développement.

Ses ressources financières et humaines sont en croissance au cours de la période considérée. Ceci est la conséquence d'un soutien de ses différentes tutelles (avec certainement des variations par site et par tutelle) et est le signe de l'adéquation entre ses objectifs et son environnement « socio-économique ». Par ailleurs, le LMD, en tant qu'acteur clé dans différents secteurs, bénéficie d'un certain taux de succès dans les différents appels d'offres dont il relève. Sa dimension spatiale et son lien avec le Cnes lui confère également un environnement favorable à son développement.

Le LMD a conduit une étude intéressante quant à ses ressources humaines et cherche visiblement à en améliorer les conditions de travail.

Points faibles et risques liés au contexte

La forte croissance des activités, du nombre de projets et du nombre de collaborateurs temporaires crée une situation de tension sur les locaux à laquelle il faudra naturellement prêter attention. D'une manière plus générale, devant cette multiplication de contrats, il faudra être vigilant quant à l'adéquation entre la structure de l'unité, comme les ressources centralisées techniques (en partie déjà mutualisées entre différents laboratoires) et les nouveaux engagements contractuels. Un déséquilibre notable entre ressources recherches et techniques pouvant *in fine* fragiliser l'unité (ou certaines équipes) ou induire une situation de stress.

3/ Les pratiques de l'unité sont conformes aux règles et aux directives définies par ses tutelles en matière de gestion des ressources humaines, de sécurité, d'environnement, de protocoles éthiques et de protection des données ainsi que du patrimoine scientifique.

Points forts et possibilités liées au contexte

Le LMD est doté de toutes les entités requises pour un fonctionnement conforme. Ses différents comités de direction et son conseil de laboratoire, opèrent conformément aux attentes.

Sa politique en matière d'accès, de locaux (avec les règles s'y afférant), se décline logiquement par site.

Le LMD présente une politique des ressources humaines convaincante, avec un pôle spécifique, et une analyse très intéressante de la diversité et des inégalités au sein de l'unité. Un groupe de travail important a mené une enquête en interne qui révèle certains problèmes, comme un sentiment d'illégitimité chez les doctorants, qui devra guider le mode de fonctionnement interne.

Fort logiquement, le LMD présente une analyse poussée de son bilan carbone et des conséquences de sa recherche. Sa démarche de sensibilisation à ce sujet est exemplaire.

Points faibles et risques liés au contexte

La nature multisite et multitutelle du LMD conduit naturellement à une situation complexe pouvant induire un risque quant au bon fonctionnement de l'unité. Le risque est maîtrisé pour l'instant, mais cela reste un point de vigilance.

Les fréquences de réunion des conseils de direction et scientifique semblent pour le moins insuffisantes. Leur rôle et surtout leur composition présente un recouvrement fort et pose finalement la question de leur utilité.

DOMAINE 2 : ATTRACTIVITÉ

Appréciation sur l'attractivité de l'unité

Le dynamisme du LMD pendant la période considérée est probablement la résultante d'un succès important à différents appels à projets européens (27 projets retenus dont quatre auprès du Conseil européen de la recherche, ERC et plusieurs actions de recherche et innovation, RIA) et à sa forte visibilité nationale et internationale, qui lui vaut d'avoir un réseau collaboratif étendu et de grande qualité. Le LMD est acteur incontournable et qui sait attirer les talents, avec de nombreux visiteurs et un taux de recrutement de personnels permanents impressionnant. Certains de ses membres se distinguent fortement par leur implication dans différents comités nationaux et internationaux d'évaluation et de pilotage de la recherche (membres de l'« advisory committee for earth observation, Aceo » de l'agence spatiale européenne, ESA, du « Joint, steering committee » du Programme mondial pour le climat, WCRP, etc.) et tout simplement par les distinctions qu'ils reçoivent (un membre élu à l'Académie des sciences et 1 membre élu à l'Académie européenne des sciences, deux médailles d'argent CNRS en 2018 et 2022, une médaille de cristal CNRS en 2020, deux prix de l'Académie des sciences en 2018 et 2019, etc.).

- 1/ *L'unité est attractive par son rayonnement scientifique et s'insère dans l'espace européen de la recherche.*
- 2/ *L'unité est attractive par la qualité de sa politique d'accompagnement des personnels.*
- 3/ *L'unité est attractive par la reconnaissance de ses succès à des appels à projets compétitifs.*
- 4/ *L'unité est attractive par la qualité de ses équipements et de ses compétences techniques.*

Points forts et possibilités liées au contexte pour les quatre références ci-dessus

Avec 27 projets européens obtenus, dont six en coordination, quatre projets financés par l'ERC, dont un de type « Synergy », le bilan du LMD est remarquable et place ce laboratoire comme un acteur important dans l'espace européen de la recherche. Ceci se rajoute au succès aux appels nationaux (trois projets MOPGA) et aux outils des programmes d'investissement d'avenir (PIA3), pour lesquels le LMD coordonne l'EUR Energy4climate et un acteur majeur de l'école IPSL – Climate Graduate School. Ainsi, il apparaît clairement être une unité extrêmement compétitive.

Cet ensemble donne une latitude importante au LMD pour mener un large éventail de travaux, dont la visibilité et la spécificité sont renforcées par différents outils ou plateformes. Il a une longue histoire sur le développement de Lidar (Light detection and ranging), qu'il prolonge actuellement avec de nouvelles approches technologiques (DIAL - lidar à absorption différentielle - pour la mesure jointe de la vitesse du vent et de la concentration en CO₂, Raman ou de fluorescence). Le LMD héberge et opère également le site instrumenté SIRTa, qui sert notamment à différents développements au sein du centre E4C, et une partie de l'infrastructure de calcul et données « Ensemble de services pour la recherche à l'IPSL », Espri. En plus de cette plateforme d'observation, le LMD développe et opère deux autres services labellisés : les codes communautaires Chimere et LMDz, la base de données planétologique MCD (Mars climate database) devenue PCD (Planetary climate database). Cet ensemble d'outils crée une structure assez unique qui confère une attractivité très forte au LMD. En effet, étant donné leur nature communautaire, ils attirent de nombreux collaborateurs de réseaux internationaux et placent souvent le LMD au cœur des projets.

Il est également à souligner que les chercheurs et enseignants-chercheurs du LMD développent avec succès leurs travaux, mais s'impliquent également dans la gestion, nationale et internationale, de la recherche au travers d'une participation soutenue et active dans différentes structures de coordination et de pilotage (membres de l'« advisory committee for earth observation » de l'agence spatiale européenne, ESA, du « Joint, steering committee » du Programme mondial pour le climat, WCRP, présidence et membres de la section 19 du comité national de la recherche scientifique, membre de la Commission spécialisée océan – atmosphère, CSOA, co-coordination du programme HyMex, etc.). Ceci est un signe de reconnaissance de la qualité et de

l'expertise de ses membres, qui pour certains ont également reçu des distinctions prestigieuses (European Geosciences Union, Royal Society, médailles du CNRS, etc.).

Avec une croissance de 25 % de son effectif permanent, le LMD se distingue par sa croissance et bénéficie de sa dimension multisite également pour attirer d'excellents étudiants.

Déjà visible au travers de son analyse en matière d'égalité et de diversité, le LMD porte une certaine attention à la qualité de vie au travail, au devenir des non-permanents et au travers de son pôle ressources humaines (RH) au suivi des agents (risque psychosocial). Par ailleurs, un appel à projets interne semestriel sur la qualité de vie a été mis en place pour l'achat de matériel de bureau permettant d'améliorer l'environnement de travail. Il est intéressant de noter qu'un réseau professionnel d'alumni du LMD a été constitué en s'appuyant sur la plateforme LinkedIn, et des petits déjeuners ont été organisés tous les trois mois (puis freiné du fait de la pandémie) en invitant un *alumni*, travaillant dans le secteur privé, à partager son expérience professionnelle avec les non-permanents du LMD. Cette initiative très appréciée des doctorants et postdoctorants va être réactivée.

Le LMD possède donc une politique RH convaincante.

Points faibles et risques liés au contexte pour les quatre références ci-dessus

Le LMD tire sa force de sa diversité et de sa complémentarité d'outils et d'expertise. Cette nature transverse et multisite pourrait être fragilisée par une politique de site trop restrictive, évoluant au détriment d'une stratégie nationale orchestrée par le CNRS-Insu.

Comme toute unité, et malgré sa croissance remarquable, le LMD se questionne sur la pérennité de son personnel et ce en particulier sur les volets techniques et d'expérimentation.

DOMAINE 3 : PRODUCTION SCIENTIFIQUE

Appréciation sur la production scientifique de l'unité

Avec près de 240 publications et sept ouvrages publiés en moyenne annuellement, la production scientifique du LMD est excellente. Par ailleurs, le LMD compte différents auteurs qualifiés de « highly cited researchers » et publie de manière importante dans des revues de forte notoriété (16 articles ont été publiés dans Nature Geosciences, 11 dans Nature, 11 dans PNAS, 10 dans Nature Climate Change, quatre dans Nature Astronomy et 25 dans Nature Communications, pour ne citer que les journaux à plus forte notoriété). Ceci est le fruit de la recherche de haute qualité menée au sein du laboratoire et d'une valorisation adaptée.

Le LMD évolue dans un fort contexte collaboratif et cela se traduit par 75 % de ses publications co-signées avec des collaborateurs internationaux. Cette unité est donc parfaitement ancrée dans sa communauté scientifique.

- 1/ La production scientifique de l'unité satisfait à des critères de qualité.*
- 2/ La production scientifique de l'unité est proportionnée à son potentiel de recherche et correctement répartie entre ses personnels.*
- 3/ La production scientifique de l'unité respecte les principes de l'intégrité scientifique, de l'éthique et de la science ouverte. Elle est conforme aux directives applicables dans ce domaine.*

Points forts et possibilités liées au contexte pour les trois références ci-dessus

La production scientifique du LMD varie logiquement d'une équipe à l'autre, mais reste en tout point remarquable. Peu d'unités peuvent se targuer d'avoir publié plus de 1 200 articles durant la période, dont 52 dans des revues de forte notoriété (Nature, PNAS, etc.). Ce taux de production est quantitatif et qualitatif, puisque 46 de ces publications sont qualifiées comme « highly cited papers ».

Les publications avec une cosignature internationale représentent 75 % de l'ensemble des publications et ce taux monte à 76 % pour les articles dans des revues à comité de lecture et 51 % pour les ouvrages. Il est également important de souligner qu'une fraction des publications émane des actions transverses du laboratoire, signe d'une certaine dynamique entre les équipes.

Le taux de publications dans des revues prédatrices est en moyenne autour de 2 % au LMD (soit environ 4 à 5 publications par an). Ainsi, même si le LMD ne possède pas à ce jour de référent éthique en cette matière, les

bonnes pratiques sont respectées. Cela se traduit également par un fort taux (89 %) de publications en accès ouvert sur l'ensemble des publications, au-delà de la moyenne nationale.

Au travers de l'infrastructure de l'IPSL, le LMD dispose de moyens convaincants pour garantir l'accès, la pérennité et la traçabilité des données, avec un centre de données enregistré auprès de l'Institut de l'information scientifique et technique (Inist) du CNRS et de Datacite comme fournisseur de DOI (Digital object identifiers). L'attribution d'un DOI à chaque jeu de données utilisé dans une publication, assure sa traçabilité et sa citabilité à long terme. Une stratégie similaire est utilisée pour stocker et gérer les codes sources associés à une publication scientifique. Ceci crée une situation pérenne de stockage et de traçabilité.

Points faibles et risques liés au contexte pour les trois références ci-dessus

Aucun point faible ni risque n'ont été relevés pour les trois références ci-dessus.

DOMAINE 4 : INSCRIPTION DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE DANS LA SOCIÉTÉ

Appréciation sur l'inscription des activités de recherche de l'unité dans la société

Par construction, le LMD travaille au cœur d'enjeux sociétaux majeurs et est donc fortement en lien avec la société. Cela se traduit par différents partenariats industriels, des actions de valorisation mais aussi, et surtout, de la mise à disposition d'expertise et de données scientifiques validées traduisant ou décrivant la trajectoire environnementale de la société, que ce soit au travers de codes numériques (comme Chimere et la plateforme Prév'air) ou par une implication importante au sein du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec). Le LMD effectue également une communication importante vers le grand public.

Le LMD est clairement un des relais entre la communauté scientifique et le monde socio-économique (incluant le grand public).

- 1/ L'unité se distingue par la qualité et la quantité de ses interactions avec le monde non-académique.*
- 2/ L'unité développe des produits à destination du monde culturel, économique et social.*
- 3/ L'unité partage ses connaissances avec le grand public et intervient dans des débats de société.*

Points forts et possibilités liées au contexte pour les trois références ci-dessus

L'expertise développée au sein du LMD est mise à disposition au travers de l'implication importante de ses membres dans l'élaboration des rapports du Giec, du MedECC (Giec méditerranéen) ou encore de deux carnets du GREC francilien (Giec régional).

D'une manière générale, la présence du LMD est forte dans la presse écrite et audiovisuelle sur tout un ensemble de problématiques liées au climat (100 interventions recensées depuis 2017).

Le LMD présente également un bilan de transfert et de valorisation convaincant. Les activités de transfert ou de valorisation sont au préalable, accompagnées par des actions de protection des inventions ou des logiciels. Il est en interaction avec (i) la société d'accélération du transfert de technologies (SATT) Paris-Saclay au travers du transfert de nouvelles technologies Lidar pour la mesure des gaz à effet de serre (CO₂ et CH₄) et avec (ii) la structure de prématuration de l'Institut polytechnique de Paris pour les activités de prévision pour des applications énergétiques.

Pendant la période de référence, différents développements algorithmiques ont été protégés par l'Agence pour la protection des programmes (APP), organisme européen spécialisé dans la protection des logiciels.

Une startup Amphitrite vient d'être créée (fin 2021) pour fournir une activité de conseil ayant pour but de caractériser en temps réel et de prévoir à court terme l'évolution des propriétés physiques, dynamiques et biogéochimiques de l'océan, avec comme cible l'éco-efficience du trafic maritime.

Une action de prématuration a été menée en 2022 autour du projet Sunshare ciblant la gestion prédictive de l'autoconsommation d'énergie à partir de prévision immédiate à base d'observations satellites.

Points faibles et risques liés au contexte pour les trois références ci-dessus

Les sollicitations sont trop nombreuses par rapport aux moyens humains dont dispose le LMD sur ces questions de transfert (au sens large, incluant le volet d'expertise publique) et ne sont pas partagées par l'ensemble du personnel.

ANALYSE DE LA TRAJECTOIRE DE L'UNITÉ

Le bilan du LMD est de très grande qualité et crée un socle consistant pour la vision future de l'unité. Il ne fait pas de doute que le LMD continuera à évoluer dans l'excellence et à être un laboratoire phare du domaine. Ainsi, la trajectoire proposée est finalement dans la continuité des actions menées à ce jour, avec cependant quelques modifications opérationnelles.

En particulier, il est proposé que l'équipe Dynamique et Physique de l'Atmosphère et de l'Océan (DPAO) se scinde afin de créer deux nouvelles équipes, à savoir une équipe « Océan, cycles et interfaces » et une autre centrée sur la « Dynamique et physique de l'atmosphère ». Thématiquement cela semble cohérent, mais il faudra veiller à ce que les ressources humaines affectées restent adéquates au fil des années afin de pouvoir faire vivre effectivement ces deux nouvelles entités.

La trajectoire présente également toute une série de nouvelles actions transverses, toutes scientifiquement justifiées et intéressantes. Mais se pose alors l'articulation de celles-ci avec celles présentées dans le bilan, qui pour certaines paraissent inscrites dans la durée. Par ailleurs, les acteurs impliqués dans ces thématiques transverses ne sont pas identifiés, il est ainsi délicat d'évaluer leur ampleur.

D'une manière générale, étant victime de son succès, le LMD fait face à de nombreuses sollicitations et sera impliqué dans différentes campagnes sur le terrain, missions spatiales ou actions de modélisation. Ainsi l'adéquation des moyens (humains et techniques) peut rapidement devenir un élément clé, ou limitant, dans la mise en place effective de la prospective proposée. Opérer des décisions stratégiques quant aux actions réellement à mener pourra s'imposer.

Un volet important de l'avenir du LMD se construit autour des outils (instrumentaux et numériques), dont la pérennité est à mettre en balance avec les ressources techniques humaines en présence (dont certaines sont d'ores et déjà mutualisées). Cela semble un point sous-développé à ce jour dans cette trajectoire.

Cependant, l'orientation autour du passage à l'action du LMD (par exemple autour des questions énergétiques) semble être une volonté propre de l'unité, en adéquation avec les attentes de ses tutelles, dans la mesure où le cœur de métier du LMD est préservé.

La trajectoire proposée s'accompagne d'une diversification thématique (déjà entamée) et d'un accroissement du nombre des agents (en particulier non permanents). Dans cette optique, les capacités physiques d'accueil (locaux) pourront venir freiner l'évolution proposée.

RECOMMANDATIONS À L'UNITÉ

Recommandations concernant le domaine 1 : Profil, ressources et organisation de l'unité

Au cours de la période écoulée, le LMD a vu ses effectifs croître significativement, en particulier sur la dimension recherche et enseignement au détriment de son support technique. Cette croissance s'est également accompagnée d'une expansion thématique notable, qu'il conviendra désormais de consolider et de stabiliser, dans un contexte où la pression sur les locaux de certains sites est très forte.

Il est apparent que le personnel du LMD est en forte interaction scientifique mais que celle-ci n'est pas structurée à l'échelle de l'unité. La nouvelle direction devra donc veiller au maintien de ces échanges entre personnes et sites, mais aussi à imaginer une animation des thèmes transverses.

Une direction technique adjointe va être mise en place sur la demande d'une des tutelles. Il conviendra de veiller que cette nouvelle fonction soit bénéfique au bon fonctionnement de l'unité, sans nuire à sa structure technique éprouvée.

L'étude autour de la diversité et de l'égalité au sein de l'unité a révélé le besoin d'actions autour de l'accueil et le besoin d'interactions scientifiques impliquant son personnel non permanent. Ainsi, sur le nouveau contrat, la direction du LMD pourra être encouragée à mettre en place une journée d'accueil des nouveaux membres ou des journées des doctorants afin de renforcer la vitalité de ses forces vives.

Le fonctionnement du LMD avec de nombreux contractuels peut induire un taux de renouvellement important et ainsi fragiliser certaines fonctions supports pourtant essentielles. Il faudra donc veiller à ce que l'expertise technique et administrative reste présente au sein de l'unité, surtout dans les périodes actuelles où la lourdeur administrative imposée par les tutelles augmente sans cesse.

Recommandations concernant le domaine 2 : Attractivité

Le LMD est une unité phare qui possède par conséquent un pouvoir attractif très marqué. Il convient ainsi d'encourager l'unité à le maintenir, mais peut-être en étant plus sélective sur l'accueil de nouvelles thématiques afin de préserver la qualité de vie et de travail des équipes existantes dans un contexte de ressources contraintes (locaux, supports administratif et technique, etc.).

Recommandations concernant le domaine 3 : Production scientifique

La production scientifique du LMD est de très grande qualité, avec des standards de publication très élevés. L'unité publie en effet un nombre important d'articles, dont une fraction significative dans des revues à fort impact (Science, Nature, PNAS,...). Cette stratégie de valorisation ne peut être qu'encouragée, d'autant plus qu'elle s'inscrit logiquement dans une volonté marquée d'ouverture et d'accessibilité (« politique d'open science »).

Le rôle du LMD en tant qu'opérateur ou fournisseur de services (numériques, modèles et gestion de bases de données et instrumentaux) devra être maintenu, tout en veillant à un bon équilibre entre le développement de sa propre recherche et des services pour la communauté.

Recommandations concernant le domaine 4 : Inscription des activités de recherche dans la société

Le LMD porte une grande responsabilité vis-à-vis des attentes sociétales, en particulier autour du climat. Devant cette pression, le LMD devra veiller à maintenir un équilibre entre sa volonté de répondre à ces attentes et le développement de savoir fondamental requis pour une meilleure compréhension du système océan-atmosphère.

Une évolution dans la trajectoire future du LMD pousse à une ouverture marquée dans le passage à l'action autour du thème climat-action. Celle-ci est logique et soutenue par ses tutelles, néanmoins celle-ci ne pourra se faire au détriment de la compréhension des fondements de la physique du climat.

ÉVALUATION PAR ÉQUIPE OU PAR THÈME

Équipe 1 : Equipe ABC (t) : Atmosphère-Biosphère-Climatologie (télé-détection)

Nom du responsable : M. Cyril Crevoisier

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

La thématique étudiée par l'équipe ABC (t) est l'étude du climat à travers l'analyse des variables climatiques essentielles par l'étude du rayonnement atmosphérique et de surface par télé-détection active et passive depuis le sol et l'espace. Les axes de recherche sont la modélisation du transfert radiatif et de la spectroscopie, le bilan radiatif dans l'infrarouge et ses principales interactions (nuages aérosols, etc.), l'étude des gaz à effet de serre anthropiques et la compréhension du bilan du carbone sur la colonne biosphère - atmosphère. Ces études reposent sur l'exploitation de données spatiales et le développement et l'exploitation de données lidars.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Au cours de la période passée, les partenariats industriels ont été davantage développés : partenariat avec le Cnes (réponses aux appels à projets et accueil d'un postdoctorant Cnes), partenariat avec Airbus Defense and Space sur le projet H2020 Scarbo et trois thèses en cofinancement Airbus ou Thales.

Concernant la communication interne et externe pour valoriser les développements de l'équipe et son interaction avec l'extérieur (notamment la formation), le comité note toujours la difficulté à maintenir le site web de l'équipe en raison d'un manque de ressources.

L'implication de l'équipe dans la formation ne semble pas avoir trop évolué au cours des six dernières années mais en parallèle il n'y a pas eu de recrutement de chercheurs en transfert radiatif et en instrumentation spatiale. À noter toutefois, la soutenance de cinq thèses et six doctorats en cours. De plus un contrat à durée indéterminée (CDI) sur projet permet la valorisation des données spatiales produites et deux personnes extérieures (Cnes et Magellium) au laboratoire sont accueillies dans l'équipe.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	0
Maîtres de conférences et assimilés	0
Directeurs de recherche et assimilés	4
Chargés de recherche et assimilés	2
Personnels d'appui à la recherche	11
Sous-total personnels permanents en activité	17
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	3
Personnels d'appui non permanents	5
Post-doctorants	4
Doctorants	6
Sous-total personnels non permanents en activité	18
Total personnels	35

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

Les succès de l'équipe au cours de la période passée portent sur la conception d'instruments innovants, la participation à des campagnes de mesures, la modélisation et l'exploitation de données satellites. La production (articles et jeux de données) est importante ainsi que les collaborations avec d'autres équipes de recherche et avec les agences spatiales. L'équipe fournit une recherche de qualité reconnue aussi bien au niveau national qu'au niveau international.

Points forts et possibilités liées au contexte

Les effectifs de l'équipe sont restés relativement stables au cours de la période passée. L'activité de l'équipe porte sur l'étude des variables climatiques par analyse du rayonnement atmosphérique et de surface. L'équipe bénéficie pour cela de mesures de télédétection active et passive depuis le sol et l'espace.

Les points originaux de l'activité de l'équipe sont la mise en place et la validation d'un nouveau modèle de spectroscopie pour améliorer l'estimation des colonnes de CO₂ effectuées par les missions spatiales dans le proche infrarouge, la constitution d'un jeu de variables essentielles pour le climat à partir des données des *Infrared atmospheric sounding interferometers* (IASI) cohérentes pendant dix-sept années, les campagnes de mesures Magic et la participation à la campagne Hilaise (Human imprint on land surface interactions with the atmosphere over the Iberian semi-arid environment) pour les activités Lidar et fluorescence. L'expertise de l'équipe est reconnue aux niveaux national et international, que ce soit pour la conception ou pour l'exploitation des missions spatiales pour lesquelles l'équipe reçoit de nombreuses sollicitations. De plus certains membres participent au pilotage de la recherche aux niveaux national et européen (présidence du programme Tosca du Cnes, membre du comité Aceo de l'ESA, ambassadrice du « Global Energy and Water Exchanges, Gewex » du WCRP, etc.).

Un grand nombre de bases de données sont diffusées à travers le pôle de données et de services pour l'atmosphère Aeris ainsi que la version opérationnelle de la suite logicielle «Automatized atmospheric absorption atlas» 4A/OP.

Enfin les activités de l'équipe suscitent l'intérêt des acteurs socio-économiques à propos des émissions anthropiques des gaz à effet de serre, favorisant le développement de partenariats.

Points faibles et risques liés au contexte

De nombreux sujets sont traités et peuvent se retrouver en difficulté en cas de départ de personnels (dont trois sont déjà prévus dans les années à venir), et notamment chez le personnel non permanent. Un risque de dispersion dû au nombre de missions dans lesquelles l'équipe est impliquée existe ainsi qu'un risque de ne pas exploiter les jeux de données créés dans l'équipe à partir des missions spatiales.

Les recrutements pour l'activité Lidar sont plus difficiles en raison de l'aspect multidisciplinaire de l'activité.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

Les activités de l'équipe s'inscrivent dans la continuité de la période précédente avec de plus le lancement de plusieurs missions spatiales d'intérêt pour les recherches de l'équipe. Elles porteront sur la préparation des missions spatiales du futur, l'étude du bilan radiatif pour les grandes longueurs d'onde dans l'infrarouge lointain en combinant les missions IASI-NG et Forum. Le deuxième axe des activités porte sur l'étude multiéchelle du cycle du carbone et du méthane. Concernant la modélisation de la spectroscopie et du transfert radiatif, les enjeux principaux sont la spectroscopie moléculaire et le transfert radiatif dans l'infrarouge lointain à haute résolution spectrale et la modélisation du non-équilibre thermodynamique local. L'étude des variables climatiques essentielles sera poursuivie en se focalisant sur le rayonnement grande longueur d'onde et sur la répartition du taux de chauffage radiatif pour étudier leur relation avec la convection et la circulation atmosphérique. La distribution des gaz à effet de serre d'origine anthropique devrait être améliorée par la synergie entre les observations de l'infrarouge thermique et du proche infrarouge.

Concernant les lidars, les études seront concentrées sur les flux de surface anthropiques et de la biosphère, les paramétrisations pour la couche limite et la vérification des inventaires des émissions anthropiques. Un dernier volet concernera la mission Merlin et la conception d'une mission lidar CO₂. Le thème fluorescence sera organisé selon deux axes : les outils expérimentaux pour permettre l'étude par télédétection des réponses des écosystèmes terrestres au changement climatique et l'amélioration de la modélisation du fonctionnement hydrique et carboné des écosystèmes terrestres au sein de modèles du système Terre.

Les futures campagnes Magic à venir porteront sur la caractérisation des gaz à effet de serre et de leurs émissions.

En conclusion, la trajectoire proposée est enthousiasmante et dense pour la période suivante.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Un besoin en chercheur ou enseignant-chercheur en transfert radiatif est identifié et le comité ne peut que recommander à l'équipe d'accueillir un tel poste en son sein même si sa marge de manœuvre est limitée. De plus, compte tenu des ressources limitées de l'équipe, les moyens disponibles devront être bien analysés pour réaliser les travaux de recherche proposés. Le comité recommande d'aller au-delà de la seule fourniture de données et d'affecter des ressources pour permettre l'exploitation scientifique des jeux de données volumineux élaborés dans l'équipe à partir des observations.

Équipe 2 : Équipe DPAO : Dynamique et Physique de l'Atmosphère et de l'Océan

Nom du responsable : M. Guillaume Lapeyre

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe DPAO est organisée autour des objets d'étude globalement séparés en grands domaines géographiques : (1) la variabilité synoptique de la troposphère extratropicale, (2) les processus de la haute troposphère et de la stratosphère, (3) la dynamique de la troposphère tropicale et (4) la dynamique de l'océan et les interactions océan-atmosphère. Il n'est pas spécifié qui travaille sur quel objet d'étude dans l'équipe. Une autre organisation de l'équipe est également présentée, fondée sur les outils de modélisation (séparés entre l'océan et l'atmosphère), les outils d'observation (sur campagne, spatial), et théorique (dynamique des fluides). Cette organisation permet de distribuer le personnel d'appui à la recherche selon ses compétences, et le personnel chercheurs (C) et enseignant-chercheur (EC) est organisé de manière relativement cloisonnée, mis à part quelques personnes qui émargent à plusieurs cellules lorsque leur travail relève à la fois de la modélisation et de l'observation ou à la fois de la modélisation et de la théorie. Les enjeux scientifiques affichés par l'équipe touchent globalement les problématiques de prise en compte de la fine échelle et de processus physiques et thermodynamiques à l'interface océan-atmosphère.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

L'une des recommandations du précédent rapport portait sur l'intégration du groupe des océanographes et de l'équipe des atmosphériciens. L'équipe semble avoir choisi de contourner cette recommandation en se scindant en deux pour le prochain contrat, une équipe étant axée sur les aspects atmosphériques, l'autre sur les aspects océanographiques. La question subsiste au niveau du laboratoire : quelle est la structure et l'animation scientifique qui permet à ces deux communautés d'interagir et d'échanger de manière régulière ? Un autre point soulevé dans le rapport précédent était le risque de dispersion lié à la variété des thèmes abordés par l'équipe (4 sous-thèmes). La question de la grande variété des thèmes a été à nouveau adressée par la scission de l'équipe, même si le comité note que de nouveaux thèmes sont apparus dans la nouvelle équipe restreinte DPA : chimie stratosphérique, feux et panaches volcaniques, chimie polaire et nuages arctiques. Enfin, le rapport précédent demandait des précisions sur le positionnement de la partie de l'équipe travaillant sur les interactions océan-atmosphère vis-à-vis des laboratoires d'océanographie physique, à Paris ou en province. Cette question n'a pas spécifiquement été abordée dans le document d'autoévaluation, et reste pertinente.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	5
Maîtres de conférences et assimilés	2
Directeurs de recherche et assimilés	10
Chargés de recherche et assimilés	4
Personnels d'appui à la recherche	7
Sous-total personnels permanents en activité	28
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	7
Personnels d'appui non permanents	2
Post-doctorants	3
Doctorants	22
Sous-total personnels non permanents en activité	34
Total personnels	62

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe DPAO rassemble un grand nombre de personnels, et des thématiques de recherche qui sont au cœur de l'expertise et de la reconnaissance historique du laboratoire, tout en se diversifiant. En particulier, l'équipe a l'avantage d'aborder à la fois des aspects physiques de l'océan et l'atmosphère, de la troposphère à la stratosphère, bien que les synergies entre ces thèmes ne soient pas toujours bien mises en avant. La production scientifique et le rayonnement sont excellents, l'équipe héberge des scientifiques de très haut niveau qui sont sans aucun doute des locomotives, génératrices d'enthousiasme pour tous.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe a développé des outils originaux et importants, en particulier d'un point de vue instrumental (nacelles sous ballon, et pour aéroclippers : ballons équipés d'un câble prolongé par un guiderope en contact avec la surface de l'océan) mais aussi de modélisation (participation au développement de la physique de la composante atmosphérique LMDz6 du modèle couplé de l'IPSL). Elle est motrice dans l'organisation de grandes campagnes de mesures (Strateole-2, Eurec4A-OA, etc.) La mise en adéquation des outils de modélisation et d'observation de petite échelle et les développements algorithmiques tels que la détection des tourbillons océaniques de méso-échelle sont des atouts de l'équipe. Sur les critères d'attractivité, rayonnement, productivité, l'équipe excelle, avec des productions de très forte visibilité au niveau international, deux « Highly cited researchers », la participation à la rédaction du rapport du Giec, de nombreux prix internationaux et participations dans des sociétés savantes et groupes de travail de renommées mondiales (WCRP, Global Climate Observing System – GCOS, ESA, Nasa).

Points faibles et risques liés au contexte

Environ un tiers de l'effectif de l'équipe est arrivé pendant le mandat 2017-2022 (8 sur 25). Les thématiques de l'équipe sont très axées sur les processus physiques (au cœur de la recherche et de l'identité du laboratoire). Les aspects chimie (abordés très brièvement dans le thème fédérateur « Océan et Interfaces »), ne semblent pas encore intégrés dans l'équipe du fait de l'arrivée relativement récente de ces thématiques. L'auto-analyse de l'équipe sur ses forces en termes d'objectifs scientifiques ne fait mention que de diversité des thèmes et des approches. Une analyse des forces et spécificités de l'équipe par rapport à la communauté française et étrangère aurait été appréciée. La richesse qui découle de cette diversité des thèmes abordés pourrait être mieux mise en valeur en mettant en avant les synergies engendrées.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

L'équipe DPAO était la plus grande du LMD, elle projette de se scinder en deux : une équipe centrée sur l'océan (nouvelle équipe OCI « Océan, cycles et interfaces »), et une équipe centrée sur l'atmosphère (DPA « Dynamique et physique de l'Atmosphère »). Cette nouvelle organisation devrait permettre de favoriser les échanges au sein d'équipes de plus petite dimension.

Pour OCI, les objectifs scientifiques identifiés sont tout à fait pertinents et en accord avec les prospectives du CNRS-Insu. Le premier objectif est centré sur les petites échelles océaniques, leur rôle dans la répartition des flux (chaleur, hydrique, carbone) avec pour objectif l'organisation d'une grande campagne de mesure (ERC Synergy soumise). Le deuxième objectif porte sur le cycle global du carbone et l'utilisation des modèles Pisces, Orchidée (Organiser le carbone et l'hydrologie dans les écosystèmes dynamiques) et IPSL-ESM (IPSL-Earth system model). Ce deuxième objectif pourrait profiter des interactions nouvelles dans l'équipe entre les expertises de biogéochimie marine et dynamique océan - atmosphère du modèle système terre. Elle abrite également une thématique émergente sur les techniques potentielles de capture du CO₂.

Pour l'équipe DPA, les objectifs scientifiques sont plus flous, et assez peu développés dans le document (les objectifs exposés sont principalement d'ordre méthodologiques (nouvelles paramétrisations, nouvelles observations, instrumentation sous ballon, etc.). L'objectif d'étude des feux et volcans, ou pollution en Arctique, partiellement dus à une récente mutation de chercheur, semble notamment déconnecté du reste des activités scientifiques de l'équipe.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

La scission de l'équipe DPAO en une équipe « océan » et une autre « atmosphère » pourra faire gagner les deux futures équipes en cohérence et sans doute également en efficacité d'échanges. Toutefois, la présence de ces deux communautés au sein de la même équipe était une chance pour la recherche transversale entre les

deux domaines, en particulier dans le cadre des développements du système Terre au sein de l'IPSL. Pour continuer à exploiter cette possibilité, il serait sans doute utile de mettre en place une animation active des thèmes transverses (aux équipes) identifiés dans la prospective du laboratoire. En outre, étant donné la diversité des thèmes abordés à présent dans l'équipe DPA [dont des thèmes éloignés du « cœur de métier » du LMD], son positionnement par rapport aux travaux similaires abordés dans d'autres unités (par exemple l'institut des géosciences de l'environnement - IGE – de Grenoble et le Laboratoire atmosphères, observations spatiales - Latmos - de Guyancourt sur la thématique polaire, le Laboratoire de physique et de chimie de l'environnement et de l'espace - LPC2E- d'Orléans sur la thématique ballons, feux, et stratosphère) pourra être analysé afin d'exploiter au mieux les forces et spécificités du LMD sur ces thématiques. Le positionnement de l'équipe OCI dans la communauté, déjà pointé par le précédent comité, devra également être précisé.

Équipe 3 : Équipe EMC3 : Étude et Modélisation du climat et du changement climatique

Nom du responsable : Mme Frédérique Cheruy

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe EMC3 travaille à améliorer la compréhension des processus physiques qui contrôlent l'état moyen du climat et sa variabilité, et à projeter son évolution future. Le groupe est très actif dans la recherche sur les processus physiques et dynamiques de l'atmosphère, en particulier la formation des nuages tropicaux. Pour cela, l'équipe collecte et analyse des observations et utilise la modélisation numérique. Elle développe notamment le modèle de circulation générale atmosphérique LMDz, composante du modèle du système Terre de l'IPSL. L'équipe est organisée selon trois grandes thématiques de recherche : modélisation climatique, interaction processus - climat et anticipation du changement climatique.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le rapport précédent faisait trois recommandations principales pour l'équipe :

(i) Maintenir les équilibres entre les développements de LMDz/Dynamico et la participation aux exercices CMIP (Coupled Model Intercomparison Project). Cela semble avoir été le cas, mais il est vrai que les dernières années constituaient plutôt un creux dans les activités CMIP, entre CMIP6 et CMIP7, ce qui a probablement limité ces tensions.

(ii) Pallier le sous-dimensionnement des développeurs de LMDz aggravé par le départ récent de plusieurs personnels. La marge de manœuvre de l'équipe est faible sur la question des ressources humaines, notamment pour les personnels d'appui à la recherche. Elle a en tout cas pu recruter des jeunes chercheurs, et faire venir des chercheurs confirmés dans l'équipe, signe de son dynamisme et de son attractivité.

(iii) Faire attention au risque de surcharge d'activités, entre développement du modèle LMDz et actions de recherche, en s'appuyant sur les autres équipes pour les études de processus. L'équipe souligne toujours l'existence de ce risque, même si, comme suggéré, elle s'est impliquée dans les axes transverses du LMD, sur la convection, les extrêmes, ou encore l'interface entre troposphère et stratosphère.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	1
Maîtres de conférences et assimilés	2
Directeurs de recherche et assimilés	5
Chargés de recherche et assimilés	4
Personnels d'appui à la recherche	5
Sous-total personnels permanents en activité	17
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	4
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	0
Doctorants	15
Sous-total personnels non permanents en activité	19
Total personnels	36

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe EMC3 a un fort rayonnement international. Elle comporte des personnels très actifs en France et dans le monde. Cela se traduit par exemple par l'obtention de prix (médaille d'argent CNRS, prix Gérard Mégie de l'Académie des sciences), de financements très sélectifs (ERC Eurec⁴A et Awaca), par la venue de spécialistes internationaux pour des séjours longs dans l'équipe, par la participation à des instances internationales (Académie européenne des sciences, American academy of arts and science). La production scientifique est excellente, tant en termes quantitatif (300 publications pendant la période de référence) que qualitatif [plusieurs publications «Editor highlight», deux membres parmi les «High cited researchers»].

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe travaille sur des thématiques porteuses. Elle a un fort rayonnement international. Les expertises en observations et en modélisation, à toutes les échelles, présentes dans l'équipe permettent des synergies très intéressantes. L'amélioration de la compréhension des processus peut notamment directement se traduire par une amélioration du modèle global LMDz. L'équipe est pionnière sur des thématiques en plein développement comme les questions de tuning automatique et de l'exploration des incertitudes paramétriques.

Points faibles et risques liés au contexte

Devoir à la fois développer et maintenir de façon quasi opérationnelle un modèle communautaire comme LMDz et l'utiliser pour réaliser des études climatiques crée des tensions sur les ressources humaines et un risque de dispersion.

L'équipe souligne les dangers et difficultés associées à la pyramide des âges de l'équipe : beaucoup de départs à la retraite auront lieu dans les dix prochaines années. De plus il existe un fossé générationnel entre chercheurs seniors et juniors, qui oblige les chercheurs juniors à prendre des activités de service très tôt au détriment de leurs recherches.

Des évolutions importantes sont en cours dans la communauté internationale sur la modélisation de l'atmosphère : adaptation des modèles pour tourner sur GPU (Graphical processing unit), poussée vers la très haute résolution globale, développement de l'intelligence artificielle (IA), etc. Naviguer dans cet environnement est complexe, dans un contexte de limitation des ressources humaines.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

L'équipe EMC3 prévoit de continuer ses travaux sur les processus régissant le climat, et sur la compréhension et la modélisation de la convection, en s'appuyant sur une hiérarchie d'outils de modélisation, et de nouvelles observations (campagnes de mesures, satellites, etc.). L'équipe participera au renforcement des activités sur le climat des régions polaires au sein du LMD, grâce aux arrivées des dernières années. Elle restera impliquée dans de nombreux axes transverses du LMD.

Finalement, l'équipe EMC3 ne prévoit pas d'inflexion majeure dans ses travaux de recherche : elle continuera à développer l'approche qui fait sa force.

En ce qui concerne la simulation des processus climatiques dans les régions polaires, d'une meilleure compréhension de l'accumulation de neige et des flux neige-atmosphère, il est possible de fournir des conditions limites plus physiques pour le modèle de calotte glaciaire. L'équipe pourrait envisager le couplage d'un modèle de calotte glaciaire à plus long terme.

L'équipe EMC3 a une vision claire de l'avenir. Fondées sur le riche ensemble de données d'EurecA4, les simulations explicites fourniront de nouvelles informations sur l'activité convective dans l'atmosphère et permettront ainsi d'améliorer les paramétrages de LMDz. Cela constituera une excellente préparation pour les futures missions spatiales qui fourniront de nouvelles données sur la convection profonde. Un axe important sera Awaca (Atmospheric water cycle over Antarctica: Past, present and future) et Thinice (glace mince) qui engendreront des contraintes supplémentaires pour l'amélioration des modèles en ce qui concerne la formation de neige et de nuages. L'équipe continuera à contribuer au Giec à travers CMIP7. Les plans de réécriture du code (GPU) pour améliorer la portabilité sont loués.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

L'équipe a bien analysé les risques, fragilités et tensions existantes : risque de dispersion face aux nombreuses sollicitations, à la difficulté de mener de front le développement d'un modèle d'atmosphère complet, son maintien, et les études scientifiques etc. Les marges de manœuvre de l'équipe pour répondre à ces fragilités, qui demanderaient une augmentation sensible de ses ressources humaines, sont limitées. On ne peut guère que lui conseiller de bien garder en tête les fragilités existantes, de maintenir sa forte attractivité pour continuer à attirer de nouveaux chercheurs et chercheuses, de continuer à favoriser les convergences sur la modélisation globale avec la communauté française, de bien définir collectivement ses priorités et de choisir les sollicitations auxquelles elle répond.

Un risque spécifique, auquel tous les groupes de modélisation sont exposés, est le niveau d'engagement futur dans les exercices CMIP (CMIP7) du Giec. Dans ce cas, l'équipe doit évaluer soigneusement la charge et la pondérer par rapport aux ressources disponibles, tant scientifiques qu'informatiques.

Des efforts pourraient être déployés pour attirer des postdoctorants internationaux, qui rejoindraient le LMD avec leur propre financement et renforceraient ainsi les échanges à ce niveau avec des scientifiques débutants.

Équipe 4 : Équipe InTro : Interfaces et troposphère

Nom du responsable : M. Sylvain Mailler

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

Les recherches de l'équipe InTro portent sur le système climatique régional, notamment les surfaces continentales, la composition chimique atmosphérique, la météorologie à petite échelle, et ses liens avec les systèmes énergétiques, aussi bien pour la consommation que de la production. L'équipe développe ou participe au développement d'outils numériques utilisés par la communauté, comme le modèle de surface continentale Orchidée ou le modèle de chimie-transport Chimere.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le rapport précédent notait une fragilité au niveau des ressources humaines sur les activités de modélisation. Il proposait dans ce contexte de renforcer les liens avec d'autres équipes de modélisation, et d'éviter une dispersion des efforts sur trop outils, en privilégiant les développements et les couplages de modèles en lien avec Dynamico/LMDz. Dans le nouveau document d'autoévaluation, il n'est pas discuté explicitement comment l'équipe a pris en compte ces recommandations, mais il apparaît qu'elle les a prises en considération. Le modèle climatique régional Weather research and forecasting (WRF) a certes encore été largement utilisé dans diverses activités de l'équipe, mais c'est compréhensible compte tenu du temps nécessaire pour mener ce genre de transition, et de la maturité des outils. Il est en tout cas bien visible que les activités autour de Dynamico/LMDz se sont développées, et que cette question de rationalisation des outils est prise en compte par l'équipe.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	1
Maîtres de conférences et assimilés	2
Directeurs de recherche et assimilés	3
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	3
Sous-total personnels permanents en activité	9
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	3
Post-doctorants	1
Doctorants	10
Sous-total personnels non permanents en activité	14
Total personnels	23

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe, malgré une taille modeste qui n'a guère augmenté au cours des dernières années, a une activité de recherche riche, pertinente et de très grande qualité, allant du fondamental aux applications, sur des thématiques souvent au cœur de préoccupations sociétales actuelles. L'équipe sait se positionner sur des thématiques émergentes ou peu traitées à fort impact sociétal, et y faire des contributions importantes.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe fait preuve d'un grand dynamisme, avec l'encadrement de nombreux doctorants et doctorantes, la participation à de nombreux projets nationaux ou internationaux. Nombreux sont les travaux qui sont le fruit de collaborations au sein de l'équipe, au sein du laboratoire avec d'autres équipes, aux niveaux national et international. Elle présente également une très bonne productivité, tant en quantité (136 articles pendant la période de référence) qu'en qualité (Nature Climate Change, Science advances, etc.). Il est également important de souligner la forte activité des membres de cette équipe consacrée à la mise à disposition de ses outils à la communauté (en particulier Chimere) tout en gardant une activité de développement remarquable. Les travaux de l'équipe concernent des thématiques porteuses, au cœur des préoccupations sociétales, comme les énergies renouvelables et la pollution atmosphérique. L'expertise en modélisation de l'équipe autorise le développement d'outils spécifiques, lui permettant de s'attaquer à des questions originales. Ces outils profitent également plus largement à la communauté. L'équipe a des interactions fortes avec le monde socio-économique (EDF, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment - CSTB), notamment autour des questions énergétiques.

Points faibles et risques liés au contexte

Des problèmes de ressources humaines sont mentionnés à plusieurs reprises dans le document d'auto-évaluation, notamment en termes de personnels d'appui à la recherche et de C et EC permanents. Le sous-groupe, très dynamique, travaillant sur les thématiques autour de l'énergie mentionne, à juste titre, avoir atteint sa capacité maximum d'encadrement.

Plus généralement, contrairement à d'autres équipes du LMD et au LMD en général, qui a vu ses effectifs permanents croître de façon importante ces dernières années, le nombre de permanents de l'équipe InTro n'a pas évolué depuis la dernière évaluation, qui mentionnait d'ailleurs déjà des tensions en termes de personnels. Les difficultés à obtenir des financements pour le développement des modèles, et, qui plus est, à recruter des informaticiens compétents aux conditions salariales de la recherche publique, freinent également l'équipe.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

L'ambition de l'équipe InTro de renforcer ses travaux sur les questions de transition énergétique, et les « solutions » face au changement global ainsi que dans le développement autour de Dynamico, en collaboration avec d'autres équipes du LMD, paraît très pertinente, tant d'un point de vue scientifique que sociétal.

L'équipe InTro souhaite développer au cours des années à venir ses travaux de développement sur les modèles d'atmosphère, de chimie atmosphérique, de surface continentale pour mieux connecter les grandes échelles aux échelles régionales et urbaines. Elle souhaite travailler à une meilleure compréhension de l'anthropisation du système climatique, au-delà des simples gaz à effet de serre (GES) : anthropisation du cycle de l'eau, pollution urbaine, impact des nouveaux systèmes énergétiques etc.

L'équipe InTro veut également contribuer à la montée en puissance du LMD sur les questions de transition énergétique, au travers de la modélisation du cycle du carbone et donc de la possibilité de travailler sur les trajectoires de décarbonation. Il s'agira aussi de travailler sur la modélisation de certaines techniques de « carbon dioxide removal », ou encore sur le risque climatique en lien avec les nouveaux types d'infrastructures énergétiques.

Ce positionnement est extrêmement pertinent : il s'appuie sur des compétences développées et reconnues de longue date ; tout en les développant, il se focalise sur des questions avec des enjeux sociétaux majeurs, et pour lesquelles le besoin de connaissances est majeur et souvent urgent. Ces travaux peuvent également contribuer à ce que la communauté française prenne toute sa place sur ces thématiques.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

L'équipe souligne à plusieurs reprises, à juste titre, une fragilité au niveau des ressources humaines permanentes, tant du point de vue des personnels d'appui à la recherche que des C et EC. Cette fragilité freine effectivement

les ambitions scientifiques de l'équipe, qui porte de nouveaux thèmes et projets phares du LMD, comme Dynamico ou la thématique énergie.

Dans ce contexte, il apparaît nécessaire de poursuivre les efforts, au niveau du LMD, visant éviter une trop grande dispersion au niveau des modèles utilisés, développés, couplés, et notamment de favoriser les développements autour de Dynamico/LMDz.

La marge de manœuvre de l'équipe pour résoudre les problèmes de ressources humaines permanentes est probablement très limitée. On ne peut que l'encourager à continuer ses efforts auprès des tutelles.

Équipe 5 : Équipe Planéto : Planétologie

Nom du responsable : M. Aymeric Spiga

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe est internationalement reconnue pour ses recherches sur l'atmosphère d'un large éventail de planètes et de lunes, tant dans le système solaire qu'en dehors de celui-ci. Elle développe le LMDz, un modèle générique d'atmosphère planétaire pour des conditions très différentes de climat, de composition atmosphérique, ou d'éléments orbitaux. Elle le met en œuvre pour l'interprétation des observations de nombreuses missions spatiales, ce qui permet de mettre à l'épreuve notre compréhension des processus physiques et chimiques en dehors de la gamme typique des paramètres pour la Terre. La qualité et la versatilité du LMDz, récemment renommé Planetary climate model (PCM), sont la clé d'un grand nombre de collaborations internationales au plus haut niveau qui font sa renommée et accroissent sa diffusion.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

L'équipe a reçu trois recommandations lors de la dernière évaluation : i) maintenir l'excellence et le dynamisme ; ii) accroître la visibilité et la sensibilisation du public ; iii) maintenir l'expertise en modélisation des atmosphères planétaires.

L'équipe a donné suite à ces trois recommandations. L'excellence a été maintenue, comme le montrent les reconnaissances internationales (par exemple, l'obtention d'un « achievement award for InSight leadership and operations » par la Nasa) et les récompenses nationales (médaille d'argent du CNRS, membre élu de l'Académie des sciences, prix de la meilleure thèse de la Société Française d'Astronomie et d'Astrophysique). L'équipe a produit des simulations de pointe d'atmosphères planétaires en appliquant le LMDz aux conditions de Saturne, ce qui a donné lieu à des publications exhaustives et a coopéré à de nombreuses publications internationales, ce qui témoigne des solides collaborations que l'équipe a développées au cours des cinq dernières années. La productivité des articles publiés dans des revues à comité de lecture a considérablement augmenté par rapport à la période précédente (en augmentation de 75 %). La production d'un livre sur les lunes de Saturne a accru la visibilité de l'équipe vis-à-vis du public, et l'expertise en matière de modélisation a été élargie par la simulation de l'atmosphère de différents corps planétaires.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	0
Maîtres de conférences et assimilés	1
Directeurs de recherche et assimilés	2
Chargés de recherche et assimilés	2
Personnels d'appui à la recherche	1
Sous-total personnels permanents en activité	6
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	3
Personnels d'appui non permanents	3
Post-doctorants	1
Doctorants	8
Sous-total personnels non permanents en activité	15
Total personnels	21

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe Planéto a une production scientifique très élevée (215 articles) dans des journaux à forte notoriété (Nature Geoscience, Nature Astronomy, Journal of Geophysical Research Planets, etc.) avec un taux de citation remarquable. Elle développe des modèles numériques qui déterminent le niveau de l'état de l'art et qui sont abondamment utilisés. Elle est très bien positionnée dans les projets spatiaux. Elle a développé la capacité unique de prédire la météorologie et le climat de tout type d'atmosphère planétaire.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe bénéficie d'une forte reconnaissance internationale à la fois pour les modèles numériques qu'elle développe et met à disposition (Planetary climate model – PCM), ainsi que pour les résultats scientifiques qu'elle obtient à l'aide de ces modèles. Elle peut s'appuyer sur un vaste réseau de collaborateurs internationaux. Ses membres sont actifs au sein des équipes scientifiques de missions spatiales de premier plan, par exemple InSight et New Horizons (Nasa), Vénus Express et Juice (Esa). Les travaux de l'équipe sur Mars et Vénus sont fortement valorisés par la mise à disposition de la communauté des bases de données climatiques de référence (Planetary climate databases – PCD). Ces bases de données, reconnues par le CNRS-Insu en tant que service national d'observation, rendent possible le recrutement d'un astronome adjoint. Les développements menés par l'équipe (PCM et PCD), qui bénéficient à toute la communauté en sciences planétaires, nécessitent et justifient un soutien technique pérenne par des ingénieurs spécialisés en calcul scientifique et science des données, ce qui a été repris par l'unité comme l'une de ses priorités de recrutement. Dans l'ensemble, cette équipe relativement restreinte a produit un travail excellent et remarquable.

Points faibles et risques liés au contexte

Face à ses succès et aux nombreuses sollicitations qui les accompagnent, l'équipe souffre de sa petite taille pour assurer une présence sur tous les fronts : l'ingénierie des modèles et des bases de données, l'encadrement des contractuels, la réponse à l'ensemble des appels d'offres accessibles, la participation aux organes académiques, l'enseignement de la planétologie et de la physique des atmosphères planétaires. Elle est attractive et voudrait grossir, mais n'obtient pas ou trop peu d'ouverture de postes de titulaire. Elle est donc relativement fragile.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

L'équipe rentre dans une période de consolidation des outils de modélisation qu'elle a développés de 2017 à 2022. Un premier axe de recherche va concerner les interactions entre les différentes échelles dans les atmosphères planétaires : modèle global Dynamico, modèle de convection résolue des événements convectifs, modèles d'évolution planétaire (PEM). Un deuxième axe de recherche s'articulera autour des futures missions spatiales et des nouveaux horizons qu'elles ouvriront : préparation de la « décennie Vénus », étude de l'atmosphère de Titan avec le drone de la mission Dragonfly, exploration des lunes de Jupiter avec la mission Juice, etc. Enfin, l'équipe s'investit dès maintenant dans une approche écologiquement responsable de la pratique scientifique alignée avec les recommandations nationales, notamment par l'exploitation approfondie des données existantes et la valorisation de ses travaux par des bases de données évitant à d'autres de multiplier les mêmes calculs. Selon la finalité des recherches entreprises (exploratoire ou visant la précision), l'équipe ajustera la complexité des modèles mis en œuvre de sorte à optimiser le coût énergétique de leur application.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

La stratégie adoptée par l'équipe depuis plusieurs années a démontré son efficacité et il paraît naturel de la poursuivre pour en recueillir et multiplier les fruits. Compte tenu des nombreux succès rencontrés par les outils développés par l'équipe (PCD, PCM...) et compte tenu de leur diffusion grandissante au sein de la communauté, il n'apparaît pas souhaitable que le développement et la maintenance de ces outils reposent uniquement sur l'équipe, en raison de sa petite taille et des aléas de recrutement tant des chercheurs que des ingénieurs. Pour la pérennité de ces outils, il apparaît indispensable qu'ils soient portés par une communauté suffisamment large, au travers de services nationaux d'observation labellisés lorsque c'est possible, ou de tout autre forme de collaboration avec des laboratoires partenaires.

Équipe 6 : Équipe SIRTA du LMD : Site Instrumental de Recherche par Télédétection Atmosphérique

Nom du responsable : M. Martial Haeffelin

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

Les thématiques scientifiques de cette équipe portent sur une meilleure compréhension du cycle de vie des brouillards, sur la dynamique de la couche limite reliée aux îlots de chaleur urbains et sur les énergies renouvelables (solaire et éolienne). Elles se fondent principalement sur les mesures collectées par l'observatoire du SIRTA. L'observatoire est lui-même géré intégralement par cette équipe qui développe des expertises sur les techniques de mesures par télédétection mais aussi sur la gestion des données.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Les recommandations du précédent rapport étaient de : (i) se rapprocher d'autres équipes, en interne ou externe, pour compenser le manque de ressources humaines, et (ii) d'être vigilant par rapport aux sollicitations extérieures nombreuses (enseignement, diffusion grand public, etc.). Il n'est pas facile d'identifier, dans le document d'auto-évaluation, quelles sont les interactions avec les équipes en interne ou en externe. Le comité comprend que le SIRTA est un observatoire accueillant de nombreuses équipes de nombreux laboratoires mais il n'est pas clair si cet accueil se traduit par un traitement des données observées plus complet ou si cela diversifie plus les mesures effectuées sur ce site. Les activités de médiatisation scientifique de l'équipe du SIRTA sont en hausse depuis le dernier mandat. Des outils numériques ont été mis en place pour permettre de ne pas répéter les tâches à chaque sollicitation.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	0
Maîtres de conférences et assimilés	0
Directeurs de recherche et assimilés	0
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	7
Sous-total personnels permanents en activité	7
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	3
Post-doctorants	1
Doctorants	2
Sous-total personnels non permanents en activité	6
Total personnels	13

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe semble être soudée et permet une diffusion importante de données et de compétences au niveau national et international. La production scientifique de l'équipe est très bonne durant les quatre dernières années (avec en moyenne 13 publications annuelles). L'équipe accueille également une dizaine de workshops scientifiques sur des thèmes très variés : études de processus, comparaisons modèles-observations, énergies renouvelables.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe présente une très bonne visibilité des données aux niveaux national et international ainsi qu'un très bon niveau de publications scientifiques dans des journaux à comité de lecture (Atmospheric chemistry and physics, Science of the total environment, ...). Le comité note aussi l'organisation d'une journée scientifique de l'observatoire SIRTA (une vingtaine d'éditions) rassemblant entre 80 et 100 personnes.

Points faibles et risques liés au contexte

Les ressources humaines pour mener de front des actions d'enseignement, de vulgarisation scientifique, le maintien de l'observatoire, les études scientifiques et l'écriture de projets sont peu nombreuses. Le recrutement très récent d'un chercheur est un bon point mais les forces vives de cette équipe par rapport à la quantité de travail à effectuer sont plutôt faibles.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

Les thématiques scientifiques de l'équipe SIRTA sont très en accord avec les besoins sociétaux actuels sur des questions d'agrivoltaïsme et de l'étude des îlots de chaleur urbains. Par ailleurs, la visibilité de l'observatoire sera sans nul doute accrue dans les prochaines années à travers la création du centre de calibration CCRES (Centre for Cloud REmote Sensing) de l'infrastructure de recherche européenne ERIC Actris. Cette expertise sera utilisée pour maintenir une thématique historique de cette équipe consacrée à une meilleure compréhension et prévision des brouillards.

D'une part l'équipe continue d'améliorer les systèmes de prévision de l'énergie solaire à l'échelle locale en lien avec des thématiques sociétales fortes. L'implantation d'une ferme photovoltaïque expérimentale sur le site du SIRTA en 2022 permettra d'étudier les possibilités de gérer les ressources en eau et en énergie tout en cultivant des produits alimentaires, ainsi qu'alimenter le bâtiment du SIRTA et de développer des méthodes pour optimiser l'autoconsommation. D'autre part, les thématiques de météorologie urbaine ont pour objectif de mieux comprendre les variabilités spatio-temporelles de la température et du confort thermique, et de progresser sur le potentiel de rafraîchissement de différents espaces végétalisés à l'intérieur et à l'extérieur de la ville dans les conditions climatiques futures.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Les effectifs de cette équipe sont plutôt limités par rapport aux activités menées, ce qui montre un vrai déséquilibre de l'équipe scientifique. Le recrutement récent d'un membre non permanent de cette équipe est une excellente nouvelle. Néanmoins, les sollicitations extérieures pour l'enseignement et la médiation scientifique sont très chronophages et il faudra veiller, malgré l'automatisation de certaines tâches, à ne pas se laisser déborder. L'équipe note aussi des difficultés dans le développement algorithmique (optimisation du solaire et processus nuageux), mais aussi dans l'exploitation scientifique des données. Il sera donc important de favoriser des recrutements futurs dans l'équipe scientifique et de recruter des postdoctorants à travers les différents projets fédérateurs (E4C, Actris etc..) pour permettre d'accroître la valorisation scientifique des données de ce site.

DÉROULEMENT DES ENTRETIENS

DATES

Début : 04 octobre 2023 à 9 h

Fin : 05 octobre 2023 à 18 h

Entretiens réalisés : en présentiel

PROGRAMME DES ENTRETIENS

PROGRAMME DE LA VISITE DU COMITÉ Hcéres 3 OCTOBRE 2023

Dîner de travail du comité en huis clos

4 OCTOBRE 2023

LMD - ÉCOLE POLYTECHNIQUE

Salle de réunion du PMC

Présence : membres du Comité, conseiller Hcéres, représentants des tutelles, direction de l'unité, responsables des équipes, ouvert au personnel de l'unité

09 : 15 – 09 : 30 : Introduction (P. Morin, conseiller scientifique Hcéres)

09 : 30 – 10 : 45 : Présentation bilan/trajectoire du LMD (P. Drobinski, R. Plougonven, F. D'Andrea, F. Forget)
(30 min de présentation +30 min de questions)

Salle Lanceau du LMD

10 : 45 – 11 : 00 : Pause café

Salle de réunion du PMC

Présence : membres du Comité, conseiller Hcéres, représentants des tutelles, direction de l'unité, responsables des équipes, ouvert au personnel de l'unité

11 : 00 – 11 : 30 : Présentation bilan/trajectoire de l'équipe ABC (t) (C. Crevoisier)

11 : 30 – 12 : 15 : Présentation bilan/trajectoire de l'équipe DPAO (G. Rivière + S. Speich)
(15 min de présentation +15 min de questions)

Visite des infrastructures instrumentales

12 : 15 – 12 : 30 : Bureau d'étude (O. Bousquet)

12 : 30 – 12 : 45 : Intégration ballons (C. Cénac)

12 : 45 – 13 : 00 : Manip' lidar (D. Edouart, F. Gibert)

Bâtiment SIRTA

13 h - 14 h : Déjeuner (buffet)

Bâtiment SIRTA

Présence : membres du Comité, conseiller Hcéres, représentants des tutelles, direction de l'unité, responsables des équipes, ouvert au personnel de l'unité

14 : 00 – 14 : 30 : Présentation bilan/trajectoire de l'équipe EMC3 (F. Chéruy)

14 : 30 – 15 : 00 : Présentation bilan/trajectoire de l'équipe InTro (S. Mailler)

15 : 00 – 15 : 30 : Présentation bilan/trajectoire de l'équipe Planéto (M. Turbet)

15 : 30 – 16 : 00 : Présentation bilan/trajectoire de l'équipe SIRTÀ (M. Haeffelin)
(15 min de présentation +15 min de questions)

Bâtiment SIRTÀ

16 h - 16 h 15 : Pause café

Visite des infrastructures instrumentales : Bâtiment SIRTÀ

16 : 15 – 17 : 00 : Site instrumenté SIRTÀ (C. Pietras, S. Kotthaus)

Sessions huis clos : Bâtiment SIRTÀ

17 : 00 – 17 : 45 : Huis-clos avec les personnels permanents et CDD d'appui à la recherche, administratifs et techniques

Présence : membres du Comité, conseiller Hcéres, personnels concernés de l'unité, sans la direction de l'unité.

17 : 45 – 18 : 45 : Huis clos du comité de visite pour premier debriefing

Présence : membres du Comité, conseiller Hcéres,

FIN DE LA PREMIÈRE JOURNÉE

PROGRAMME DE LA VISITE DU COMITÉ Hcéres 5 OCTOBRE 2023 LMD – SORBONNE UNIVERSITÉ

Sessions huis clos : salle de réunion de l'IPSL

09 : 00 – 09 : 45 : Huis clos avec les enseignants-chercheurs, et les chercheurs

Présence : membres du Comité, conseiller Hcéres, personnels concernés de l'unité, sans la direction de l'unité.

09 : 45 – 10 : 30 : Huis clos avec les doctorant.es et les post-doctorant.es

Présence : membres du Comité, conseiller Hcéres, personnels concernés de l'unité, sans la direction de l'unité.

10 : 30 – 11 : 15 : Huis clos avec les responsables d'équipe

Présence : membres du Comité, conseiller Hcéres, personnels concernés de l'unité, sans la direction de l'unité.

11 : 15 – 11 : 30 : Huis clos du comité de visite

Présence : membres du Comité, conseiller Hcéres,

11 : 30 – 12 : 15 : Huis-clos avec les tutelles (CNRS, SU, ENS, EP) et partenaires (ENPC)

Présence : membres du Comité, conseiller Hcéres, représentants des tutelles, sans la direction de l'unité.

Sessions huis clos : salle de réunion de l'IPSL

12 : 15 – 13 : 15 : Huis-clos avec le directeur du LMD assisté de l'équipe de direction

Présence : membres du Comité, conseiller Hcéres, direction de l'unité

Sessions huis clos (incluant déjeuner avec plateaux repas + pause café) : salle de réunion de l'IPSL

13 : 15 – 16 : 45 : Huis clos du comité de visite (incluant café)
Présence : membres du Comité, conseiller Hcéres,

Clôture

16 h 45 - 17 : 00 :

Clôture de la visite du comité

FIN DE LA VISITE

POINTS PARTICULIERS À MENTIONNER

Néant

OBSERVATIONS GÉNÉRALES DES TUTELLES

Arnaud TOURIN

Vice-président recherche, sciences et société

+33 1 80 48 59 13
arnaud.tourin@psl.eu

Paris, le 9 février 2024

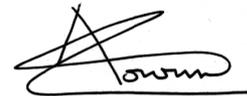
M. Eric SAINT-AMAN
Directeur
Département d'évaluation de la recherche
HCÉRES

Référence : DER-PUR250024259 - LMD - Laboratoire de météorologie dynamique

Monsieur le Directeur,

Les tutelles du LMD remercient chaleureusement l'ensemble des experts du Comité pour leur travail d'évaluation. Elles n'ont pas d'observations de portée générale à formuler sur leur rapport.

Je vous prie de recevoir, Monsieur le Directeur, mes plus cordiales salutations.



Arnaud Tourin

Les rapports d'évaluation du Hcéres
sont consultables en ligne : www.hceres.fr

Évaluation des universités et des écoles
Évaluation des unités de recherche
Évaluation des formations
Évaluation des organismes nationaux de recherche
Évaluation et accréditation internationales



2 rue Albert Einstein
75013 Paris, France
T.33 (0)1 55 55 60 10

hceres.fr

[@Hceres_](https://twitter.com/Hceres_)

[Hcéres](https://www.youtube.com/Hceres)