

# Minimiser l'impact environnemental des projets spatiaux scientifiques

Contribution émanant de la communauté scientifique (plus de 260 signataires) au séminaire de prospective du CNES 2024 sur la thématique

“Empreinte environnementale des activités scientifiques spatiales”

Version soumise au CNES le 1er Octobre 2023 à 9h.

Coordination: Didier Barret & Jürgen Knödlseder

## Note concernant le séminaire de prospective de l'INSU.

L'appel à contributions pour le séminaire de prospective du CNES a eu lieu avant le démarrage de l'exercice de prospective de l'INSU. Cette contribution s'adressait donc aux projets spatiaux. Cependant le constat et les recommandations listées ci-dessous s'appliquent bien évidemment aux projets sol, dont l'impact environnemental doit tout autant être minimisé. Nous souhaitons donc que les propositions qui sont formulées ci-dessous soient aussi discutées dans le cadre de la prospective INSU. En ce sens, les personnes qui n'ont pas signé cette contribution pensant qu'elle s'adressait au seul domaine spatial, et qui souhaitent qu'elle soit discutée à la prospective INSU sont invitées à le faire.

**Vous pouvez apporter votre signature à cette contribution en remplissant ce [formulaire de signature](#). Merci de votre soutien!**

Vous ne pouvez pas éditer ce document, pour voir votre nom apparaître dans la liste des signataires ci-dessous, veuillez cliquer sur ce [lien](https://forms.gle/WjQ9LUhx2gHQo6Ax9) (<https://forms.gle/WjQ9LUhx2gHQo6Ax9>). Attendre ensuite la mise à jour du document lorsque la liste est triée et formatée.

Le constat sans équivoque que le dérèglement climatique et l'effondrement de la biodiversité sont causés par l'activité humaine nous amène à justifier de l'impact environnemental associé au développement de nos projets de recherche et à repenser notre modèle académique. Devant un monde qui souffre (déplacement massif de populations, accroissement des inégalités, crise de l'eau, événements météorologiques extrêmes, méga-feux, altération des moyens de subsistances, dégradation de la qualité de vie...), la recherche, en quête de savoirs pour le bien commun, a la double responsabilité de ne pas aggraver la situation, tout en proposant des solutions aux nouveaux problèmes que rencontrent nos sociétés. De nombreux laboratoires s'engagent vers une recherche plus soucieuse de l'environnement, en reconsidérant leur politique, en matière de déplacements, d'achats, d'utilisation d'énergie, voire de développements de nouveaux projets. Au même moment, de nombreux chercheurs s'interrogent sur la finalité de leurs travaux, et d'autres voient en l'exercice de la sobriété un moyen de redonner du sens à leur activité.

Le comité d'éthique du CNRS (COMETS), dans son rapport intitulé [\*“Intégrer les enjeux environnementaux à la conduite de la recherche – Une responsabilité éthique”\*](#) listant ses recommandations au CNRS et à ses personnels, invite à *“Reconnaître que la prise en compte de l’environnement fait partie intégrante de l’éthique de la recherche ; affirmer à ce titre la responsabilité des acteurs et actrices de la recherche de penser leur activité au regard des enjeux environnementaux ; cette responsabilité concerne non seulement l’empreinte des pratiques de recherche mais plus généralement l’impact environnemental négatif ou positif que le choix de tel ou tel sujet de recherche et de telle ou telle voie pour le traiter peut engendrer pour l’environnement au sens large, à court, moyen ou long terme.”*. Si la prise en compte des impacts environnementaux doit être considérée comme relevant de l'éthique de la recherche, il faut aussi repenser les méthodes avec lesquelles nos projets de recherche sont conduits. C'est ce que souligne le collectif de personnels de la recherche [Labos1point5](#) qui pointe le modèle trop productiviste de la recherche pour se définir comme raison d'être *“d’imaginer un nouvel horizon pour le monde académique, qui s’affranchisse d’une compétition frénétique reposant sur l’illusion d’une énergie abondante et sans limites.”*. C'est vers ce *nouvel horizon* que s'inscrit cette contribution, qui voit en la recherche spatiale scientifique un outil de production de connaissances, desquelles pourraient émerger les solutions de demain pour contrer et atténuer les bouleversements environnementaux en cours (par exemple par une meilleure compréhension du système Terre).

Les projets spatiaux, et plus généralement les grandes infrastructures de recherche, de haute technologie et coûteux, sont des projets à fort impact environnemental<sup>1</sup>. Ils contribuent au changement climatique, impactent la biodiversité et ont des besoins importants en matières premières... sans oublier leurs impacts liés à l'encombrement croissant des orbites, la génération de débris spatiaux, l'impact des gaz émis en haute atmosphère lors du lancement et de la combustion des objets désorbités, la pollution lumineuse... Comment concilier développement de nouveaux projets et réduction drastique de leur impact environnemental est une question importante, qui amène certains chercheurs à la conclusion qu'il faut faire moins de projets et les rendre plus respectueux de l'environnement. En faire moins, car il est en effet peu probable que réaliser un projet spatial, en respectant ses exigences de performances, en maîtrisant ses risques, puisse être réalisé avec un impact environnemental réduit de manière significative (au-delà de [20-30%](#)), par rapport aux projets réalisés dans les conditions et avec les méthodes actuelles. En se focalisant uniquement sur les émissions de gaz à effet de serre, rendre nos projets plus vertueux devrait commencer par le simple respect des règles du ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, qui se fixe un objectif de réduction de ses émissions de 5% annuellement avec un seuil minimal à 2%, dans le but d'atteindre la neutralité carbone en 2050. Pour rappel, [l'accord de Paris de](#)

---

<sup>1</sup> Reference : [Estimate of the carbon footprint of astronomical research infrastructures](#) by Knödlseider et al. (Nature Astronomy 6, 503–513, 2022).

[la COP21](#) stipulait que, pour limiter le réchauffement climatique à 1,5°C, les émissions de gaz à effet de serre devaient culminer avant 2025 au plus tard et diminuer de 43% d'ici 2030. Il est donc urgent d'agir, alors que ces objectifs semblent déjà hors de portée de politiques publiques qui peinent à se mettre en place.

Les signataires de cette contribution à la prospective scientifique du CNES, souhaitant minimiser l'impact environnemental des nouveaux projets spatiaux, en appellent au soutien du CNES à ces fins. Le CNES a défini sa stratégie de [responsabilité sociétale de l'entreprise](#) (RSE) en y intégrant les objectifs de développement durable de l'agenda 2030 de l'ONU et les engagements de la feuille de route française. Cette contribution décrit donc les attentes de la communauté scientifique dans ce contexte. Elle se décline en deux volets :

### Vers moins de projets spatiaux, mais plus collaboratifs ?

- Que tout nouveau projet spatial soit évalué et décidé au regard du retour scientifique attendu, de son intérêt pour la communauté scientifique, d'une empreinte environnementale *supportable*, empreinte qui devra être mesurée par une analyse rigoureuse du [cycle de vie](#) du projet dans sa globalité, et ce dès sa genèse (from *cradle-to-grave*: de l'extraction des matières premières nécessaires à sa fabrication, à son traitement en fin de vie, en passant par ses phases de développement, de déploiement, d'utilisation, de maintenance et de transport). On peut une nouvelle fois se référer au rapport du comité d'éthique du CNRS : *“La considération pour l'environnement de la part des acteurs de la recherche ne doit dès lors pas s'attacher exclusivement aux émissions de gaz à effet de serre mais tenir compte des impacts de leurs activités sur l'ensemble de composantes de l'environnement. Cela signifie en premier lieu que le choix d'un sujet de recherche et des voies pour le traiter (recours à de grands équipements – télescopes, satellites, navires océanographiques, super-calculateurs, modélisation informatique, enquêtes de terrain) devrait être opéré en tenant compte de leurs potentiels effets environnementaux néfastes et cela afin de minimiser autant que possible leurs impacts négatifs.”* Seule une analyse du cycle de vie permet d'obtenir l'empreinte environnementale globale, au-delà de la seule émission de gaz à effet de serre et de sa contribution au changement climatique. Une analyse du cycle de vie s'affine avec le niveau de maturité du projet. Pour que l'empreinte environnementale puisse être prise en compte dans la décision d'engagement d'un projet, un effort doit être consenti pour que celle-ci soit disponible dès les phases amont du projet.
- Que tout nouveau projet spatial décidé encourage et favorise les collaborations au sein de la communauté scientifique internationale, plutôt que la compétition qui souvent amène à dupliquer des projets de nature similaire.

- Mettre à disposition les données d'archive, faciliter leur accès au plus grand nombre, et permettre leur exploitation scientifique au long cours doit bénéficier de financements dédiés, bien au-delà de la durée de vie nominale d'une mission. En effet, très souvent de nouveaux projets sont décidés avant même que l'exploitation des jeux de données existants ou en cours d'acquisition sur une thématique scientifique proche, soit achevée.

### Vers des projets spatiaux plus vertueux et durables

- Se doter de compétences pour mesurer l'impact environnemental des nouveaux projets spatiaux. Réaliser une analyse du cycle de vie d'un projet, seule apte à mesurer son impact sur toutes les composantes de l'environnement, nécessite des compétences spécifiques qui n'existent pas dans les laboratoires aujourd'hui. La collecte des données (flux entrant: matières premières, matières transformées, énergies, et sortant: émissions, rejets, déchets) ne pourra se faire sans la coopération de l'ensemble des tutelles et des partenaires du projet : industriels ou institutionnels, nationaux, internationaux dans un cadre à définir (par le CNES et ses partenaires), tout en protégeant les intérêts de chacun (ex: propriété intellectuelle). Dans tous les cas, à court terme, l'appel à une prestation extérieure sera nécessaire pour réaliser cette analyse de cycle de vie, et son coût devra être pris en charge par le projet. A moyen terme, la pérennisation de compétences en lien avec ce type d'activités devra être envisagée par nos tutelles.
- Que tout projet spatial se dote d'un architecte « impact environnemental » placé sous la responsabilité du chef de projet, et chargé de l'application des mesures visant à ce que le projet respecte ses exigences environnementales. Ces mesures devront être consignées dans un plan qualité environnementale soumis à revue aux phases clés du projet, comme l'ensemble des documents nécessaires à son bon déroulement ; plan de management, plan d'assurance produit, assurance qualité...
- Que les équipes associées aux projets puissent bénéficier de formations spécifiques aux méthodes d'éco-conception, et soient régulièrement informées sur les enjeux environnementaux.
- Que les moyens les plus énergivores (salles blanches, moyens de tests, d'intégration, ressources numériques) nécessaires au développement et à l'exploitation des projets soient optimisés (éventuellement mutualisés au sein des laboratoires spatiaux et du CNES) afin d'en réduire l'impact environnemental.
- Que le respect des exigences environnementales fasse l'objet d'une évaluation continue et d'un contrôle strict par une structure compétente, mise en place conjointement et reconnue par le CNES et les tutelles des laboratoires spatiaux (éventuellement l'ensemble des partenaires du projet).

- Que chaque projet spatial développé dans le cadre décrit ci-dessus puisse ainsi informer les décideurs et les citoyens sur le fait que les projets spatiaux scientifiques ont un impact sociétal et économique positif, tout en respectant les contraintes associées aux limites planétaires, dont certaines sont déjà en [dépassées](#)<sup>2</sup>.

Intégrer les enjeux environnementaux à nos activités spatiales et revoir notre mode de production des connaissances s'impose en urgence au monde académique. C'est dans ce cadre que s'inscrit cette contribution. Bien que centrée sur les projets spatiaux dans le cadre de la prospective du CNES, il est à noter qu'elle pourrait se décliner pour tous types d'infrastructures de recherche, à fort impact environnemental. Pour conclure sur une note positive, il est important de souligner que l'implémentation des propositions listées ci-dessus, associées à une plus grande sobriété dans l'exercice quotidien de nos métiers pourrait avoir de multiples effets bénéfiques: redonner du sens à nos activités, offrir aux générations futures la possibilité d'exercer leur métier dans les conditions proches de celles dont nous avons bénéficié, et enfin, tout en réduisant son impact environnemental, faire que la recherche spatiale scientifique contribue, par l'acquisition de nouvelles connaissances, à un monde plus juste et plus durable.

**Vous pouvez apporter votre signature à cette contribution en remplissant ce [formulaire de signature](#). Merci de votre soutien!**

Cette contribution a été diffusée de manière non exhaustive dans les communautés CERES & TOSCA du CNES. Nous vous encourageons à la partager avec vos collègues. Merci !

Les **262** premiers signataires de la contribution

Dernière mise à jour 18 janv. 2024 08:00

(la liste éditée sera mise à jour périodiquement)

Vous ne pouvez pas éditer ce document, pour voir votre nom apparaître dans la liste des signataires ci-dessous, veuillez cliquer sur ce [lien](https://forms.gle/WjQ9LUhx2gHQo6Ax9) (<https://forms.gle/WjQ9LUhx2gHQo6Ax9>).

---

<sup>2</sup> Référence: [Earth beyond six of nine planetary boundaries](#) by Richardson et al. (Science Advances, 13 Sep 2023, Vol 9, Issue 37).

Attendre ensuite la mise à jour du document (une fois la liste formatée). Merci ! La liste non formatée est [accessible ici](#).

| Prénom        | Nom         | Statut (CR, Prof., DR, IR...) et organisme | Laboratoire                          | Ville          |
|---------------|-------------|--------------------------------------------|--------------------------------------|----------------|
| Fabio         | Acero       | CR CNRS                                    | FSLAC                                | La Laguna      |
| Nicolas       | Anaud       | CR CNRS                                    | IJCLab                               | Orsay          |
| Nicolas       | André       | CR                                         | IRAP, Directeur scientifique du CDPP | Toulouse       |
| Jean-Luc      | Attéia      | Astronome CNAP                             | IRAP                                 | Toulouse       |
| Jonathan      | Aumont      | CR CNRS                                    | IRAP                                 | Toulouse       |
| Hervé         | Aussel      | DR CNRS                                    | AIM Paris-Saclay                     | Gif-sur-Yvette |
| Jean          | Ballet      | Ingénieur-chercheur CEA                    | AIM                                  | Saclay         |
| Didier        | Barret      | DR CNRS                                    | IRAP                                 | Toulouse       |
| Brice         | Barret      | CR CNRS                                    | LAERO                                | Toulouse       |
| Matteo        | Barsuglia   | DR                                         | Astroparticule et Cosmologie         | Paris          |
| Elysa         | Béguin      | Doctorante                                 | Laboratoire Lagrange/OCA             | Nice           |
| Jack          | Berat       | Doctorant Université Paris-Cité            | LPENS                                | Paris          |
| Luc           | Béraud      | Doctorant                                  | IGE                                  | Grenoble       |
| Jean-Philippe | Berger      | Astronome                                  | IPAG                                 | Grenoble       |
| Jean-Philippe | Bernard     | DR                                         | IRAP                                 | Toulouse       |
| Olivier       | Berné       | DR CNRS                                    | IRAP                                 | Toulouse       |
| Etienne       | Berthier    | DR CNRS                                    | LEGOS                                | Toulouse       |
| Bernard       | Bertrand    | IEHC CNRS                                  | IRAP                                 | Toulouse       |
| Myriam        | Besson      | Doctorante                                 | LMD-ENS                              | Paris          |
| Sylvain       | Biancamaria | CR CNRS                                    | LEGOS                                | Toulouse       |
| Antoine       | Bierjon     | IR CNRS                                    | LMD/IPSL                             | Paris          |
| Françoise     | Billebaud   | Astronome adjointe                         | LAB                                  | Bordeaux       |
| Jonathan      | Biteau      | MCF Université Paris-Saclay                | IJCLab                               | Orsay          |
| Nina          | Bizien      | Doctorante                                 | LPC2E                                | Orléans        |
| Guillaume     | Blanc       | MCF Université Paris Cité                  | IJCLab                               | Orsay          |
| Alain         | Blanchard   | Prof. UPS                                  | IRAP                                 | Toulouse       |

|                |             |                                                            |                                         |                 |
|----------------|-------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------|
| Stéphane       | Blondin     | CR                                                         | LAM                                     | Marseille       |
| Xavier         | Bodin       | CR                                                         | EDYTEM                                  | Le Bourg-du-Lac |
| Catherine      | Boisson     | Astronome, Observatoire de Paris                           | LUTH                                    | Meudon          |
| Lydie          | Bonal       | Astronome                                                  | IPAG/OSUG                               | Grenoble        |
| Karen          | Boniface    | IR CNRS                                                    | GET                                     | Toulouse        |
| Léa            | Bonnefoy    | Postdoc, Sorbonne Université                               | LMD                                     | Paris           |
| Alexandre      | Boucaud     | IR CNRS                                                    | APC                                     | Paris           |
| Mathieu        | Bouffard    | Enseignant-Chercheur contractuel (LRU)                     | Lab. de Planétologie et Géosciences     | Nantes          |
| Martin         | Boutelier   | Ingénieur                                                  | CNES                                    | Toulouse        |
| Jonathan       | Braine      | Astronome, Observatoire Aquitain des Sciences de l'Univers | LAB                                     | Bordeaux        |
| Sylvie         | Brau-Nogué  | IR CNRS                                                    | IRAP                                    | Tarbes          |
| Johan          | Bregeon     | CR                                                         | CNRS IN2P3 LPSC                         | Grenoble        |
| Pierre-Etienne | Brilouet    | IR IRD                                                     | LEGOS                                   | Toulouse        |
| Hélène         | Brogniez    | Prof., UVSQ                                                | LATMOS                                  | Guyancourt      |
| Fanny          | Brun        | CR IRD                                                     | IGE                                     | Grenoble        |
| Catherine      | Brunet      | IE CNRS                                                    | Observatoire astronomique de Strasbourg | Strasbourg      |
| Éric           | Buchlin     | CR CNRS                                                    | IAS                                     | Orsay           |
| Benjamin       | Buralli     | PhD Student, OCA                                           | Lagrange                                | Nice            |
| Rémi           | Cabanac     | Astronome CNAP                                             | IRAP                                    | Toulouse        |
| Thierry        | Camus       | AI                                                         | IRAP                                    | Toulouse        |
| Faustine       | Cantalloube | CR CNRS                                                    | LAM                                     | Marseille       |
| Eleonora       | Capocasa    | MCF Université Paris Cité                                  | APC                                     | Paris           |
| Chiara         | Caprini     | Prof. Université de Genève                                 | Université de Genève et CERN            | Genève          |
| Jean-François  | Cardoso     | DR CNRS                                                    | IAP                                     | Paris           |
| Michael        | Carle       | IGE AMU                                                    | LAM                                     | Marseille       |
| Valéry         | Catoire     | Prof. Université d'Orléans                                 | LPC2E                                   | Orléans         |
| Emmanuel       | Caux        | DR émérite CNRS                                            | IRAP                                    | Toulouse        |
| Olivier        | Cavalié     | Maître de conférences                                      | CEREGE, AMU                             | Aix-en-Provence |

|             |                  |                                         |                                                                                    |                  |
|-------------|------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Valérie     | Cayol            | DR                                      | Laboratoire Magmas et Volcans                                                      | Clermont-Ferrand |
| Baptiste    | Cecconi          | Astronome, Observatoire de Paris        | LESIA                                                                              | Meudon           |
| Pierre-Yves | Chabaud          | IR CNRS                                 | LAM                                                                                | Marseille        |
| Jean-Pierre | Chaboureau       | Physicien Observatoire Midi-Pyrénées    | LAERO                                                                              | Toulouse         |
| Pauline     | Chambéry         | Doctorante                              | LP2iB                                                                              | Gradignan        |
| Laurane     | Charrier         | Postdoctorante                          | IGE                                                                                | Grenoble         |
| Eric        | Chassande-Mottin | DR CNRS                                 | AstroParticule et Cosmologie APC                                                   | Paris            |
| Audrey      | Chatain          | CR CNRS                                 | LATMOS                                                                             | Guyancourt       |
| Hélène      | Chepfer          | Prof. Sorbonne Université               | LMD                                                                                | Paris            |
| Nicolas     | Clerc            | CR CNRS                                 | IRAP                                                                               | Toulouse         |
| Odile       | Coeur-Joly       | IR CNRS                                 | IRAP                                                                               | Toulouse         |
| Ismaël      | Cognard          | DR CNRS                                 | LPC2E                                                                              | Orléans          |
| Jean        | Colombani        | Prof. Université Claude Bernard Lyon 1  | Institut Lumière Matière                                                           | Villeurbanne     |
| Thierry     | Contini          | DR CNRS                                 | IRAP                                                                               | Toulouse         |
| Daniel      | Cordier          | CR CNRS                                 | GSMA                                                                               | Reims            |
| Mickaël     | Coriat           | Astronome-adjoint CNAP                  | IRAP                                                                               | Toulouse         |
| Céline      | Cornet           | Prof. Univ. de Lille                    | LOA                                                                                | Lille            |
| Heide       | Costantini       | MCF Aix-Marseille Université            | CPPM                                                                               | Marseille        |
| Hervé       | Cottin           | Professeur Université Paris Est Créteil | LISA                                                                               | Créteil          |
| Audrey      | Coutens          | Astronome adjointe, UT3                 | IRAP                                                                               | Toulouse         |
| Wolfgang    | Cramer           | DR CNRS                                 | Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie marine et continentale (IMBE) | Aix-en-Provence  |
| Clémence    | de Jabrun        | IR CNRS                                 | IAS                                                                                | Orsay            |
| Sébastien   | de Raucourt      | IR - UPC                                | IPGP                                                                               | Paris            |
| Florian     | Debras           | CR, CNRS                                | IRAP                                                                               | Toulouse         |
| Amaury      | Dehecq           | CR IRD                                  | IGE                                                                                | Grenoble         |
| Nausicaa    | Delmotte         | Dr                                      | ESO                                                                                | Garching         |
| Pacôme      | Delva            | Maître de conférences                   | SYRTE                                                                              | Paris            |
| Karine      | Demyk            | DR                                      | IRAP                                                                               | Toulouse         |
| Sébastien   | Derriere         | Astronome adjoint                       | Observatoire astronomique de Strasbourg                                            | Strasbourg       |

|              |              |                                                 |                                         |                 |
|--------------|--------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------|
| Marie        | Devinat      | Doctorante, Université Toulouse III             | IRAP                                    | Toulouse        |
| Hervé        | Dole         | Professeur Université Paris-Saclay              | IAS                                     | Orsay           |
| Emmanuel     | Dubois       | Ingénieur de recherche CNES                     | CNES                                    | Toulouse        |
| Guillaume    | Dubus        | DR                                              | IPAG                                    | Grenoble        |
| Thierry      | Dudok de Wit | Professeur                                      | Université d'Orléans et ISSI            | Berne           |
| Benoît       | Epinat       | Astronome adjoint AMU                           | LAM                                     | Marseille       |
| Stéphane     | Erard        | Astronome                                       | LESIA / Observatoire de Paris           | Meudon          |
| Maël         | Es-sayeh     | Doctorant                                       | IPGP                                    | Paris           |
| Lola         | Falletti     | IR Sorbonne Université                          | LATMOS                                  | Paris           |
| Richard      | Faucheron    | IR CNRS                                         | CESBIO                                  | Toulouse        |
| Stephen      | Fegan        | CR                                              | LLR                                     | Palaiseau       |
| Katia        | Ferrière     | DR                                              | IRAP                                    | Toulouse        |
| Benjamin     | Fildier      | CR CNRS                                         | LMD                                     | Paris           |
| Nicolas      | Flagey       | Scientist                                       | STScI                                   | Baltimore       |
| Jonathan     | Freundlich   | Maître de conférences, Université de Strasbourg | Observatoire astronomique de Strasbourg | Strasbourg      |
| Pierre-Louis | Frison       | Maître de Conférences                           | Université Gustave Eiffel               | Marne la Vallée |
| Clara        | Froment      | CR CNRS                                         | LPC2E                                   | Orléans         |
| Bénédicte    | Fruneau      | Maîtresse de conférences                        | LaSTIG, Univ Gustave Eiffel             | Marne-la-Vallée |
| Philippe     | Garnier      | Maître de conférences                           | IRAP                                    | Toulouse        |
| Simon        | Gascoin      | CR CNRS                                         | CESBIO                                  | Toulouse        |
| Olivier      | Gasnault     | CR CNRS                                         | IRAP                                    | Toulouse        |
| Vincent      | Génot        | Astronome                                       | IRAP                                    | Toulouse        |
| Robert       | Georges      | Prof                                            | Institut de Physique de Rennes          | Rennes          |
| Maryvonne    | Gerin        | DR CNRS                                         | LERMA                                   | Paris           |
| Martin       | Giard        | DR CNRS                                         | IRAP                                    | Toulouse        |
| Félix        | Girard       | Doctorant CNRS                                  | GET                                     | Toulouse        |
| Leïla        | Godinaud     | Doctorante, Université Paris Cité               | AIM                                     | Saclay          |
| Matthias     | González     | MCF Université Paris Cité                       | AIM                                     | Saclay          |
| Yves         | Goulas       | IR CNRS                                         | Laboratoire de Météorologie Dynamique   | Palaiseau       |
| Lionel       | Gourdeau     | DR IRD                                          | LEGOS                                   | Toulouse        |

|           |             |                                                    |                                          |                   |
|-----------|-------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------|
| Nicolas   | Grosso      | CR CNRS                                            | LAM                                      | Marseille         |
| Axel      | Guedj       | IE, CNRS                                           | Laboratoire de Météorologie<br>Dynamique | Palaiseau         |
| Jérôme    | Guilet      | Chercheur au CEA                                   | Département<br>d'Astrophysique           | Saclay            |
| Anne      | Guyez       | Post-Doctorante                                    | GET                                      | Toulouse          |
| Cynthia   | Hadjidakis  | DR                                                 | IJCLab                                   | Orsay             |
| Hubert    | Halloin     | Maitre de Conférences, Université<br>Paris Cité    | APC                                      | Paris             |
| Patrick   | Hennebelle  | DR                                                 | AIM                                      | Gif sur Yvette    |
| Pierre    | Henri       | CR CNRS                                            | Lagrange & LPC2E                         | Nice &<br>Orléans |
| Deirdre   | Horan       | CR                                                 | Laboratoire Leprince Ringuet             | Palaiseau         |
| Pierre    | Houdayer    | Post-doctorant                                     | IRAP                                     | Toulouse          |
| Annie     | Hughes      | Astronome-adjointe                                 | IRAP                                     | Toulouse          |
| Emmanuel  | Hugot       | CR                                                 | LAM                                      | Marseille         |
| Margot    | Issertine   | Doctorante                                         | DMeM                                     | Montpellier       |
| Christian | Jacquey     | Astronome, CNAP                                    | IRAP                                     | Toulouse          |
| Miho      | Janvier     | Astronome adjointe                                 | IAS                                      | Orsay             |
| Lionel    | Jarlan      | DR IRD                                             | CESBIO                                   | Toulouse          |
| Manon     | Jarry       | Doctorant                                          | IRAP                                     | Toulouse          |
| Pierre    | Jean        | Prof. Université Toulouse 3                        | IRAP                                     | Toulouse          |
| Catherine | Jeandel     | DR CNRS                                            | Direction OMP (UAR 831)                  | Toulouse          |
| Christine | Joblin      | DR CNRS                                            | IRAP                                     | Toulouse          |
| Laurent   | Jocou       | IR                                                 | IPAG                                     | Grenoble          |
| Antoine   | Jolly       | MdC UPEC.                                          | LISA                                     | Créteil           |
| Léna      | Jossé       | Doctorante, Université Paris Saclay                | IAS                                      | Orsay             |
| Eric      | Josselin    | Maitre de conférence, Université de<br>Montpellier | LUPM                                     | Montpellier       |
| Elias     | Kammoun     | Post-doctorant                                     | IRAP                                     | Toulouse          |
| Pierre    | Kern        | IR, CNRS                                           | IPAG                                     | Grenoble          |
| Yann      | Kerr        | DR émérite CNES                                    | CESBIO                                   | Toulouse          |
| Jürgen    | Knödlseider | DR CNRS                                            | IRAP                                     | Toulouse          |
| Quentin   | Kral        | Astronome-Adjoint CNAP                             | LESIA                                    | Meudon            |
| Matthieu  | Kretzschmar | Maitre de conférence                               | LPC2E                                    | Orléans           |

|                 |                 |                                 |                                         |           |
|-----------------|-----------------|---------------------------------|-----------------------------------------|-----------|
| Sylvain         | Kuppel          | CR IRD                          | GET                                     | Toulouse  |
| Cyril           | Lachaud         | MCF, Université Paris Cité      | APC                                     | Paris     |
| Pascal          | Lacroix         | CR IRD                          | ISTerre                                 | Grenoble  |
| Olivier         | Lai             | CRHC, CNRS                      | Laboratoire Lagrange                    | Nice      |
| Jean-Charles    | Lambert         | IR CNRS                         | LAM                                     | Marseille |
| Astrid          | Lamberts        | CR CNRS                         | Lagrange                                | Nice      |
| Brahim          | Lamine          | MCF                             | IRAP                                    | Toulouse  |
| Laurent         | Lamy            | Astronome adjoint               | LESIA/LAM                               | Meudon    |
| Cécile          | Lasserre        | DR CNRS                         | LGL-TPE                                 | Lyon      |
| Jeremie         | Lasue           | AA CNAP                         | IRAP                                    | Toulouse  |
| Alexis          | Lavail          | Postdoc Université Toulouse 3   | IRAP                                    | Toulouse  |
| Benoit          | Lavraud         | DR CNRS                         | Laboratoire d'Astrophysique de Bordeaux | Pessac    |
| Vincent         | Le Brun         | PU AMU                          | LAM                                     | Marseille |
| Jean-Christophe | Le Clec'h       | IR CNRS                         | IAS                                     | Orsay     |
| Alice           | Le Gall         | MDC UVSQ                        | LATMOS                                  | Paris     |
| Alexandre       | Le Roch         | Prof                            | Isae                                    | Toulouse  |
| François        | Leblanc         | DR CNRS                         | LATMOS                                  | Paris     |
| Lucie           | Leboulleux      | CR CNRS                         | IPAG                                    | Grenoble  |
| Florent         | Leclercq        | Chargé de recherche CNRS        | IAP                                     | Paris     |
| Jeremy          | Leconte         | CR                              | LAB                                     | Bordeaux  |
| Marie           | Lecroq          | PhD - Sorbonne Université       | IAP                                     | Paris     |
| Roland          | Lehoucq         | Chercheur CEA                   | DRF/IRFU/Département d'astrophysique    | Saclay    |
| Emmanuel        | Lellouch        | Astronome Observatoire de Paris | LESIA                                   | Meudon    |
| Marianne        | Lemoine-Goumard | DR CNRS                         | LP2i Bordeaux                           | Gradignan |
| Jean-Philippe   | Lenain          | CR, CNRS/IN2P3                  | LPNHE                                   | Paris     |
| Jean-François   | Leon            | CRHC CNRS                       | LAERO                                   | Toulouse  |
| Yann            | Leseigneur      | Post-doctorant                  | IAS                                     | Orsay     |
| Jean-François   | Lestrade        | DR CNRS                         | LERMA                                   | Paris     |
| Hugo            | Lévy            | Doctorant                       | ONERA / IAP                             | Paris     |

|               |               |                                                     |                                                         |                   |
|---------------|---------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------|
| François      | Lignières     | DR CNRS                                             | IRAP                                                    | Toulouse          |
| Jean          | Lilensten     | DR CNRS                                             | IPAG/OSUG                                               | Grenoble          |
| Miles         | Lindsey Clark | IR-CNRS                                             | APC                                                     | Paris             |
| Anni          | Määttänen     | DR CNRS                                             | LATMOS                                                  | Paris             |
| Jean-Pierre   | Maillard      | Emérite CNRS                                        | IAP                                                     | Paris             |
| Fabien        | Malbet        | DR CNRS                                             | IPAG/OSUG                                               | Grenoble          |
| Jean-Philippe | Malet         | DR                                                  | EOST                                                    | Strasbourg        |
| Odin          | Marc          | CR CNRS                                             | GET/OMP                                                 | Toulouse          |
| Aurélie       | Marchaudon    | DR CNRS                                             | IRAP                                                    | Toulouse          |
| Emmanuel      | Marcq         | MCF HC, UVSQ                                        | LATMOS                                                  | Guyancourt        |
| Sébastien     | Maret         | CR CNRS                                             | Institut de Planétologie et d'Astrophysique de Grenoble | Grenoble          |
| Steeve        | Martin        | AI CNRS                                             | IAS                                                     | Bures-sur-Yvette  |
| Pierrick      | Martin        | CR CNRS                                             | IRAP                                                    | Toulouse          |
| Loïc          | Maurin        | IR Université Paris Saclay                          | OSUPS/IDOC                                              | Orsay             |
| Christian     | Mazelle       | DR CNRS                                             | IRAP                                                    | Toulouse          |
| Pierre-Yves   | Meslin        | MCF, Université Toulouse III                        | IRAP                                                    | Toulouse          |
| David         | Michea        | IR Université de Strasbourg                         | ITES                                                    | Strasbourg        |
| Raphaël       | Mignon-Risse  | Postdoc, NTNU                                       | Institutt for Fysikk, NTNU                              | Trondheim         |
| Enora         | Moisan        | Doctorante                                          | LMD                                                     | Paris             |
| Angèle        | Mouinié       | Chargée de transition<br>environnementale (IE CNRS) | IRAP                                                    | Toulouse          |
| David         | Murat         | IE CNRS                                             | IRAP                                                    | Toulouse          |
| Nicole        | Nesvadba      | DR CNRS                                             | Laboratoire Lagrange/OCA                                | Nice              |
| Loïc          | Noguès        | IE CNRS                                             | IRAP                                                    | Toulouse          |
| Laurent       | Pagani        | DR CNRS                                             | LERMA                                                   | Paris             |
| François      | Pajot         | DR CNRS                                             | IRAP                                                    | Toulouse          |
| Frédéric      | Paletou       | Astronome, U. Toulouse, OMP                         | Irap                                                    | Toulouse          |
| Melody        | Pallu         | Postdoctorante                                      | APC, CNES                                               | Paris             |
| Déborah       | Paradis       | Astronome-adjointe                                  | IRAP                                                    | Toulouse          |
| Frédéric      | Parol         | PR, Université de Lille                             | LOA                                                     | Villeneuve d'Ascq |

|           |                     |                                              |                                                           |           |
|-----------|---------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------|
| Erwan     | Pathier             | Physicien OSUG, Univ. Grenoble Alpes         | ISTerre                                                   | Grenoble  |
| Thierry   | Pellarin            | DR CNRS                                      | IGE                                                       | Grenoble  |
| Juliette  | Penicaud            | Phd Student                                  | LEGOS                                                     | Toulouse  |
| Raphaël   | Peralta             | Postdoctorant                                | DAP/CEA                                                   | Saclay    |
| Patrick   | Petitjean           | Astronome Emerite                            | Institut d'Astrophysique de Paris                         | Paris     |
| Michel    | Piat                | Prof.                                        | APC                                                       | Paris     |
| Clémence  | Pierangelo          | Cheffe de service                            | CNES                                                      | Toulouse  |
| Olivier   | Poch                | CR CNRS                                      | IPAG                                                      | Grenoble  |
| Etienne   | Pointecouteau       | DR CNRS                                      | IRAP                                                      | Toulouse  |
| Ghylaine  | Quitté              | DR CNRS                                      | IRAP                                                      | Toulouse  |
| Adina     | Racoviteanu         | CR IRD                                       | IGE                                                       | Grenoble  |
| Mathilde  | Radiguet            | Physicienne Adjointe                         | ISTerre/OSUG                                              | Grenoble  |
| Olivier   | Ragueneau           | DR CNRS                                      | LEMAR (Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin) | Plouzané  |
| Laurent   | Ravera              | IR CNRS                                      | IRAP                                                      | Toulouse  |
| Raphaël   | Raynaud             | Maître de conférences, Université Paris Cité | AIM                                                       | Paris     |
| Dominique | Remy                | IR                                           | GET                                                       | Toulouse  |
| Denis     | Renard              | DR INRAE                                     | BIA                                                       | Nantes    |
| Thierry   | Reposeur            | CR                                           | LP2i Bordeaux                                             | Gradignan |
| Victor    | Réville             | CR CNRS                                      | IRAP                                                      | Toulouse  |
| Marina    | Ricci               | CR CNRS                                      | APC                                                       | Paris     |
| Francois  | Rincon              | CR                                           | IRAP                                                      | Toulouse  |
| Maud      | Rio                 | Maîtresse de Conférences                     | G-SCOP, UGA                                               | Grenoble  |
| Isabelle  | Ristorcelli         | DR                                           | IRAP                                                      | Toulouse  |
| Emilie    | Robert              | Postdoctorante CNES                          | CNES                                                      | Toulouse  |
| Annie     | Robin               | DR émérite CNRS                              | Institut UTINAM                                           | Besançon  |
| Florent   | Robinet             | CR                                           | IJCLab                                                    | Orsay     |
| Sébastien | Rodriguez           | MCF, UPC                                     | IPGP                                                      | Paris     |
| Nemesio   | Rodriguez Fernandez | IR CNRS                                      | CESBIO                                                    | Toulouse  |
| Françoise | Roques              | Astronome de l'Observatoire de Paris         | LESIA                                                     | Paris     |

|               |                     |                             |                                          |                |
|---------------|---------------------|-----------------------------|------------------------------------------|----------------|
| Alexis        | Rouillard           | CR                          | IRAP                                     | Toulouse       |
| Mathieu       | Roule               | Doctorant                   | IAP                                      | Paris          |
| Hélène        | Roussel             | Astronome adjoint (SU)      | IAP                                      | Paris          |
| Ewelina       | Rupnik              | CR                          | LASTIG                                   | Saint-Mandé    |
| Alexandre     | Santerne            | Astronome Adjoint AMU       | LAM                                      | Marseille      |
| Florian       | Sarron              | Postdoctorant CNES          | IRAP                                     | Toulouse       |
| Marc          | Sauvage             | Ingenieur-Chercheur CEA     | Département<br>d'Astrophysique, DRF/Irfu | Saclay         |
| Frédéric      | Schmidt             | PR Université-Paris-Saclay  | GEOPS                                    | Orsay          |
| Pauline       | Schmitt             | ATER, Université Toulouse 3 | IPBS-CNRS                                | Toulouse       |
| Bernard       | Schmitt             | DR                          | IPAG                                     | Grenoble       |
| Fabian        | Schussler           | Ingénieur-Chercheur CEA     | IRFU                                     | Gif-sur-Yvette |
| Franck        | Selsis              | DR                          | LAB                                      | Pessac         |
| Mathieu       | Servillat           | IR CNRS                     | LUTH - Observatoire de Paris             | Meudon         |
| David         | Sheeren             | MCF Toulouse-INP            | DYNAFOR                                  | Toulouse       |
| Clélia        | Sirami              | DR INRAE                    | DYNAFOR                                  | Toulouse       |
| Caroline      | Soubiran            | DR CNRS                     | LAB                                      | Pessac         |
| Geneviève     | Soucail             | Astronome UT3               | IRAP                                     | Toulouse       |
| Aymeric       | Spiga               | Prof Sorbonne Université    | LMD                                      | Paris          |
| Antoine       | Strugarek           | Ingénieur-chercheur         | AIM                                      | Saclay         |
| Tiphaine      | Talleg              | Physicienne adjointe        | CESBIO                                   | Toulouse       |
| Vincent       | Tatischeff          | DR CNRS                     | IJCLab                                   | Orsay          |
| Cécile        | Teissedre           | IR École polytechnique      | LMD                                      | Palaiseau      |
| Franck        | Thollard            | IR CNRS                     | ISTerre                                  | Grenoble       |
| Luigi         | Tibaldo             | Astronome Adjoint UT3       | IRAP                                     | Toulouse       |
| Gabriel       | Tobie               | DR                          | LPG                                      | Nantes         |
| Lilia         | Todorov             | ASI AMU                     | LAM                                      | Marseille      |
| Martin        | Turbet              | CR CNRS                     | LMD, IPSL, Sorbonne<br>Université        | Paris          |
| Jean-Philippe | Uzan                | DR                          | IAP                                      | Paris          |
| Marieke       | Van<br>Lichtervelde | CR IRD                      | Géosciences Environnement<br>Toulouse    | Toulouse       |
| Charlotte     | Vastel              | Astronome                   | IRAP                                     | Toulouse       |
| Ludovic       | Villard             | IR CNRS                     | CESBIO                                   | Toulouse       |

|          |              |                                    |       |          |
|----------|--------------|------------------------------------|-------|----------|
| Peter    | von Ballmoos | Professeur, Université de Toulouse | IRAP  | Toulouse |
| Peter    | Wolf         | DR                                 | SYRTE | Paris    |
| Philippe | Zarka        | DR CNRS                            | LESIA | Meudon   |