

PROSPECTIVE INSU EN SCIENCES DE LA PLANÈTE ET DE L'UNIVERS : SYNTHÈSE

LE MOT DU DIRECTEUR DE L'INSU



Nicolas Arnaud

Directeur de l'INSU

© Cyril Frésillon/CNRS Photothèque

« Alors que nous entrons dans la 3^{ème} décennie du 21^{ème} siècle, l'année terrible qui vient de s'écouler montre combien nos sociétés ont besoin de plus de science, plus impliquée, plus expliquée, plus proche des décideurs et des porteurs d'enjeux, mais toujours construite sur l'excellence, le temps de la recherche et la liberté de défricher de nouveaux horizons. Transversalité, interdisciplinarité, temps long, instrumentation, calcul et données... grâce aux pistes tracées par cette prospective, l'INSU poursuivra son engagement résolu pour les communautés des sciences de l'Univers et de la planète, pour les accompagner toujours plus loin dans leurs rêves scientifiques. »

Retrouvez le rapport complet ici :

<https://www.insu.cnrs.fr/fr/prospective>



SOMMAIRE

ORGANISATION DE LA PROSPECTIVE TRANSVERSE	2
LES 17 DÉFIS TRANSVERSES EN SCIENCES DE LA PLANÈTE ET DE L'UNIVERS	3
PROPOSITIONS	6
CONCLUSION	10

ORGANISATION DE LA PROSPECTIVE TRANSVERSE

Depuis près de 35 ans, l'INSU pilote et coordonne la recherche en sciences de la planète et de l'Univers en offrant à la communauté nationale avions, bateaux, grands instruments de mesure et de modélisation, infrastructures et programmes qui sont les outils de l'excellence des communautés françaises, reconnues pour leur rayonnement international. Pour la première fois de son histoire, l'INSU a organisé une prospective transverse à ses quatre domaines disciplinaires, terre solide, surfaces et interfaces continentales, océan et atmosphère, astronomie et astrophysique. L'objectif de cet exercice était de définir les défis scientifiques interdisciplinaires sur lesquels l'INSU sera collectivement transformant dans les 5 à 10 années à venir et affichera son engagement vis-à-vis de la recherche fondamentale, des approches interdisciplinaires et des grandes questions sociétales.

À l'instar des prospectives de domaine qu'elle complète, cette prospective a été largement ouverte aux partenaires avec lesquels l'INSU partage des laboratoires, des observatoires, des infrastructures ou des projets de recherche : autres instituts du CNRS, organismes de recherche, universités et écoles. La composition du comité inter-organisme qui a été mis en place dans le cadre de cette prospective reflète cette volonté. La première phase de cette prospective (fin 2018 – mi-2019)

s'est appuyée sur les observatoires des sciences de l'Univers (OSU) ainsi que sur le conseil scientifique de l'INSU (CSI) et les commissions spécialisées des domaines pour définir les 17 défis pour lesquels des réflexions collectives et transverses permettraient de discuter et de définir les priorités scientifiques, technologiques et organisationnelles pour l'INSU.

Ces réflexions ont été menées au cours de la seconde phase de la prospective (mi-2019 – mi-2020) sous la forme d'ateliers nationaux de 2-3 jours accueillis et organisés par les OSU. Ces ateliers ont rassemblé entre 50 et 80 personnes et ont fourni des rapports qui sont à la base du présent rapport. Ce sont donc près de 1000 femmes et hommes, scientifiques et soutien à la recherche, qui ont permis d'élaborer les conclusions présentées.

Cette prospective, menée dans un contexte de travail dégradé lié à la crise sanitaire, s'est achevée en novembre 2020 par un colloque virtuel de deux jours lors duquel l'ensemble des résultats des ateliers ont été présentés et les grandes lignes des priorités scientifiques et organisationnelles ont été tracées. Ces éléments sont repris dans le présent rapport qui doit servir de guide pour l'INSU dans les 5-10 prochaines années.



© Erwan AMICE / LEMAR / CNRS Photothèque

LES 17 DÉFIS TRANSVERSES EN SCIENCES DE LA PLANÈTE ET DE L'UNIVERS

Avant de lancer cette prospective, la direction de l'INSU avait identifié une série de thématiques pour lesquelles il lui semblait important de mener des réflexions croisées entre les 4 domaines de l'INSU .

1. Recherche et enjeux sociétaux

- Les origines, ou comment l'Univers et la Terre sont devenus habitables ;
- Les grandes crises, ou comment le passé peut éclairer l'actuel ;
- Les risques et les socio-écosystèmes ;
- Les ressources et les cycles naturels.

2. Endroits et moments sensibles, vis-à-vis des changements globaux

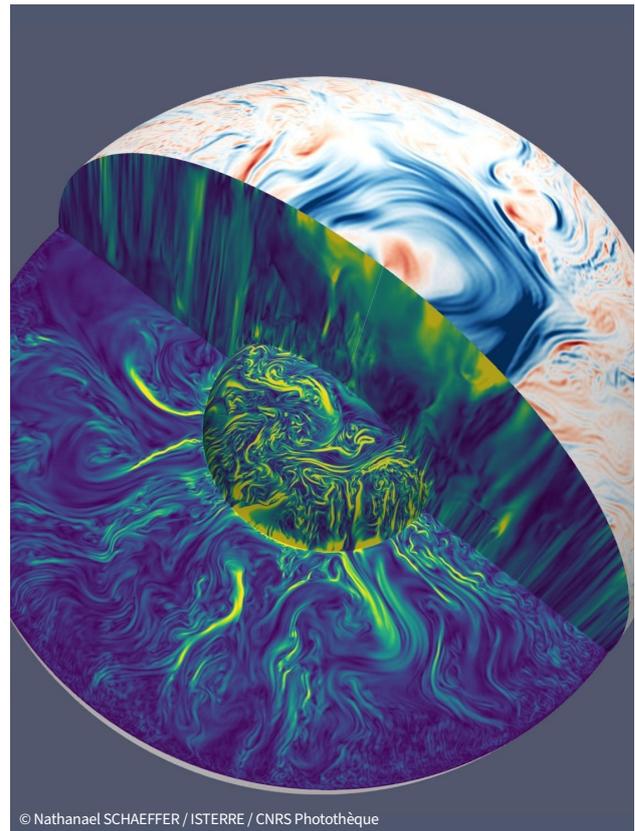
3. Recherche et verrous technologiques

- Le spatial ;
- Données, modèles et systèmes complexes ;
- Instrumentation pour l'environnement.

4. Sciences et sociétés

Ces thématiques ont servi de bases aux réflexions menées au sein de chaque OSU pour faire remonter des propositions de défis. Dans ce cadre, environ 150 propositions ont été formulées puis analysées par le conseil

scientifique de la prospective (constitué de membres du CSI et des commissions spécialisées) et enfin validées par le comité inter-organisme de la prospective pour aboutir aux 17 défis qui ont donné lieu à des ateliers nationaux. Ces défis sont présentés dans le tableau de la page suivante.



Défis Transverses	Organisation	Dates de l'Atelier
Recherche et enjeux sociétaux		
1. Origine de la Terre dans l'Univers	OCA	23-24 jan. 2020 (Nice)
2. Signatures d'habitabilité des planètes et exoplanètes	Pythéas	07 sept. 2020 (virtuel)
3. Identification et compréhension des grandes crises	OTELo	17-19 déc. 2019 (Dijon)
4. Interactions entre crises environnementales et écosystèmes	THETA	17-19 déc. 2019 (Dijon)
5. Modélisation intégrée du système Terre pour l'étude des risques environnementaux	OSUG	10-12 fév. 2020 (Grenoble)
6. Interactions entre cycles longs et cycles courts pour la mise en place des ressources	OSUR	juin-juillet 2020 (virtuel)
7. Rôle du vivant sur les cycles et sur la mise en place des ressources	IUEM	9-11 mars 2020 (Brest)
Endroits et moments sensibles		
8. Milieux polaires	OVSQ-EcceTerra	5-7 fév. 2020 (Paris)
9. Zone Intertropicale	OSUR	24-25 fév. 2020 (Montpellier)
10. Continuum Terre-Mer	OASU	11-13 fév. 2020 (Bordeaux)
11. Environnements urbains	EFLUVE-EcceTerra	20-21 jan. 2020 (Créteil)
Recherche et verrous technologiques		
12. Nano-satellites	OP	9-10 jan. 2020 (Paris)
13. De la production de données à leur exploitation scientifique	OMP	5-7 mars 2020 (Toulouse)
14. Accès ouvert aux données scientifiques	ObAS-EOST	20-21 jan. 2020 (Strasbourg)
15. Nouveaux capteurs environnementaux	Stations marines	15-17 jan. 2020 (Banyuls)
16. Instrumentation en milieux extrêmes	OPGC	30-31 jan. 2020 (Clermont)
17. Vers l'exascale : convergence HPC et HDA	IPSL	14-15 jan. 2020 (Paris)

Pour les défis « **Recherche et enjeux sociétaux** », il était demandé aux organisateurs d'être attentifs à s'appuyer au mieux sur les éléments disponibles dans les prospectives de domaine et chercher à mettre en évidence les convergences ou les complémentarités entre ces prospectives de domaine et à mener les échanges pour donner une cohérence d'ensemble aux recherches menées à l'INSU dans le périmètre du défi. Le fait que des communautés de recherches très différentes soient regroupées au sein d'un même défi est une vraie plus-value pour proposer des actions concrètes et réalistes dont la direction de l'INSU pourra s'emparer pour porter ce défi, y compris au niveau national.

Pour les défis « **Endroits et moments sensibles** », il était demandé aux organisateurs de s'appuyer sur les prospectives de domaine mais aussi sur les expériences précédentes menées à l'INSU comme les « chantiers » AMMA¹ ou MISTRALS² ou certaines actions géographiques des programmes nationaux.

L'intérêt principal de focaliser des recherches sur un milieu est de promouvoir l'interdisciplinarité dans l'approche des questions scientifiques en rapprochant physiquement des communautés différentes. Cette approche géographique doit aussi permettre des collaborations renforcées avec d'autres instituts du CNRS ainsi qu'avec d'autres partenaires de recherche dont les priorités peuvent se décliner dans le cadre de ces défis. Pour certains de ces défis au moins (milieux polaires et zone intertropicale), la dimension internationale, notamment le rôle pour la diplomatie scientifique pour la France, joue un rôle important en termes de positionnement de la France et de collaborations à mettre en place.

Pour les défis « **Recherche et verrous technologiques** », il était demandé aux organisateurs de s'assurer d'impliquer de façon exhaustive les chercheurs et les ingénieurs potentiellement concernés et travaillant dans les différents laboratoires et OSU, tous domaines confondus. L'ensemble de ces défis visaient à préparer au mieux l'INSU à s'emparer de façon volontariste et collective des grandes évolutions technologiques et méthodologiques de la prochaine décennie, sur lesquelles s'appuieront

les recherches scientifiques, que ce soit le new space, la miniaturisation des capteurs, le big data, l'intelligence artificielle, les nouveaux calculateurs ou la science ouverte. Ces défis éminemment transverses à l'INSU doivent permettre de définir une stratégie pour gagner en efficacité en limitant la duplication des efforts. Ils doivent également proposer des priorités pour le maintien ou le renforcement des compétences et des outils qui permettront à l'INSU de continuer à mener une recherche au meilleur niveau dans 10 ans.

La thématique « **Sciences et sociétés** » n'a pas donné lieu à un défi spécifique, mais il a été décidé d'aborder les questions qui s'y rattachent de façon transverse au sein de chaque atelier, à savoir :

- **Intégration aux objectifs de développement durable** (ODD) en lien avec la transition énergétique et écologique ;
- **Communication, diffusion de la connaissance** (nouvelles approches liées à la science ouverte, mettre en forme pour une diffusion vers le public ou les décideurs, réagir aux fake news, différences entre observation, surveillance et gestion de crise...);
- **Sciences participatives** : co-production de connaissances et co-construction de solutions (densification des observations, évaluation de leur qualité, articulation des savoirs académiques et non académiques, co-construction de solutions partagées et soutenables face à des enjeux sociétaux) ;
- **Liens avec l'industrie.**

Deux autres questions importantes ont aussi été abordées systématiquement dans chaque atelier concernant les collaborations à mettre en place, les moyens à mettre en œuvre (appels à projets, réseaux métiers, GDR, formations...) ainsi que les compétences (nouveaux métiers...) et les outils (en modélisation, instrumentation, méthodologie, infrastructures, calcul...) du futur afin de donner à l'INSU les clés pour se préparer à relever les grands défis des années à venir.

¹Analyse Multidisciplinaire de la Mousson

²Mediterranean Integrated STudies at Regional And Local Scales

PROPOSITIONS

1. Implémenter la mise en œuvre des projets scientifiques trans-verses

Les programmes nationaux, plébiscités par les communautés, doivent poursuivre leur refondation pour gagner en transversalité et en interdisciplinarité, et décliner mieux encore dans leurs objectifs les choix stratégiques de l'institut (prise de risque, valorisation des infrastructures de recherche, déclinaison des prospectives) et les grands sujets identifiés à l'occasion de cette prospective transverse, et notamment :

a. La planétologie comparée en (ré)ouvrant le PNP aux thématiques « Planètes primitives » pour permettre une approche large de cette question et en construisant, via les programmes nationaux et/ou un GDR CNRS dédié, une recherche de long terme sur l'exobiologie. Un tel programme transverse doit impliquer de nombreux acteurs au CNRS. Il ira de pair avec les réflexions menées avec le CNES et nécessaires à la création d'une European Facility pour l'accueil d'échantillons extraterrestres.

b. La création d'un programme transverse « Ressources du sous-sol, bien commun », incluant les fonds marins, impliquant les études fondamentales de géologie mais aussi (et surtout) les problématiques des nouvelles technologies, des conflits d'usage, et des enjeux stratégiques. Ce programme devra être animé conjointement avec le BRGM et l'Ifremer, impliquera nécessairement des acteurs industriels et pourra donner lieu à terme à un Programme et équipements prioritaires de recherche (PEPR) dans le cadre du PIA4, articulé avec le PPR « Océan » pour les fonds marins. Il pourra être préparé dans un premier temps par un colloque de la MITI.

c. La création d'un programme transverse « Risque, aléas et vulnérabilité » impliquant l'Alliance ALLiENVi et l'ANR qui devra, au-delà de la compréhension des aléas, considérer ceux-ci également comme des forçages systémiques aux limites d'un système dans lequel l'exposition et la vulnérabilité sont les grands enjeux de recherche pour lesquels une approche pluridisciplinaire est essentielle.

d. L'évolution des programmes nationaux et l'élargissement du périmètre du GDR « paléo » pour mieux capitaliser sur la richesse de l'approche couplée des diverses profondeurs de temps. L'objectif doit être de combler le fossé entre « pré-quatérnaristes » et « quaternaristes », d'accroître la vision intégrée

des archives dans toutes les profondeurs de temps, notamment en s'appuyant sur l'observation et la modélisation, et de proposer une stratégie de conservation des données paléo en lien avec les pôles de données existants et les futurs entrepôts de données thématiques.

La prospective a également mis en évidence les limites actuelles de l'appropriation des ODD par les communautés scientifiques dans leurs objets de recherche. Il sera important de participer fortement à la naissance des sciences de la durabilité liant dans un même corpus les différentes recherches associées à la transition environnementale, et d'être force de proposition, comme l'est par exemple le PPR « Océan », de programmes transverse dédiés à une approche résolument interdisciplinaire des enjeux mis en lumière par les ODD.

La coordination nationale de recherches centrées sur de grands chantiers géographiques a fait en ce sens les preuves de son efficacité scientifique et de sa capacité à décloisonner les communautés. Cette dynamique doit se poursuivre et la prospective a dégagé quatre milieux prioritaires sur lesquels la réflexion doit se poursuivre :

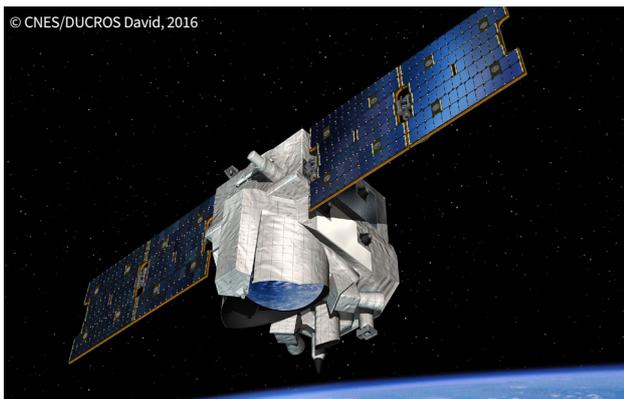
a. Le milieu urbain qui s'intégrera au défi du COP du CNRS « Territoire du Futur ». Un chantier dédié structurera la communauté de recherche à l'INSU, au CNRS et avec les universités et les organismes concernés. Un co-pilotage de cette initiative sera proposée à l'Université Gustave Eiffel (lien avec l'ODD 11).

b. La zone intertropicale et les Outre-mer à travers plusieurs cibles possibles à clarifier avec nos partenaires : en domaine continental (Afrique, Amérique du Sud...) en s'appuyant sur la communauté « AMMA » mobilisée avec la volonté d'étendre à la communauté SIC et à l'INEE, et en milieu insulaire où il reste à structurer la communauté (liens avec ODD 13 et ODD 6).

c. Les milieux polaires pour lesquels il est essentiel de s'aligner la stratégie nationale sur la stratégie européenne en cours de définition et d'implémentation (EU-Polarnet I et II). Au-delà du maintien essentiel des infrastructures de recherche en Antarctique et de l'accès aux moyens « logistiques », il faudra construire un « consortium » avec les principales universités polaires et le CNES prêt à s'engager sur la durée pour définir cette stratégie nationale et la mettre en œuvre.

d. Le continuum terre-mer, pour lequel la réflexion se poursuit sur la base de la dernière prospective menée dans le domaine SIC. Un enjeu fort sera l'intégration des observatoires socio-écosystémiques le long du gradient terre-mer, en choisissant des hot spots

à la fois systémiques et prioritaires pour les porteurs d'enjeux et les partenaires. Ces sites pilotes pourraient être intégrés aux Zones Ateliers de l'INEE (ou en proposer de nouvelles si nécessaire) en interaction avec les SNO de l'INSU, si possible via l'animation d'un OSU pilote. Le lien continent/littoral doit être travaillé pour être porteur au niveau européen des liens entre les ESFRI (ou projets) ILICO/eLTER/Danubius (lien avec ODD 14).



2. Soutenir l'instrumentation, l'innovation technologique et l'intégration de l'observation

Afin de développer une plus forte transversalité du développement de l'instrumentation innovante à l'INSU, une nouvelle direction adjointe scientifique a été créée et adossée à une commission spécialisée transverse à parité CH/IT, incluant des représentants des commissions spécialisées des domaines, et disposant d'une dotation annuelle pour animer et soutenir l'innovation via les appels à projets de la Division technique de l'INSU, voire un programme dédié...

La Division technique est réaffirmée, dans ce cadre, dans son rôle de bureau d'études technique et comme un acteur majeur des choix et des développements priorités par la commission spécialisée transverse, notamment sur les technologies de base, l'ingénierie générique innovante (sobriété énergétique, nanosats, télécommunications...), l'intégration des plateformes instrumentées. La nouvelle commission spécialisée transverse conduira un inventaire des moyens techniques/technologiques/analytiques (notamment de test et de calibration) des laboratoires et des partenaires industriels au travers d'un recensement organisé par les OSU, ainsi qu'une réflexion sur le rôle et l'organisation des outils labélisés liés à l'instrumentation: parcs, instruments nationaux, site instrumentés, plateformes...

Cette évolution ira de pair avec l'animation renforcée de la communauté au travers des Ateliers Expérimentation-Instrumentation (AEI), ainsi que la formation et le partage de compétence via les réseaux métiers.

3. Être le moteur de l'écosystème national de la donnée en sciences de l'Univers et de l'environnement (SDUE)

L'INSU doit être force de proposition dans l'organisation du paysage, la construction des outils et les recommandations aux communautés pour la pérennisation et l'ouverture de leurs données. Il peut pour cela s'appuyer sur une expertise reconnue et des dispositifs à l'efficacité démontrée, comme le CDS, ou en construction, comme Dataterra. Au-delà du nécessaire inventaire des outils et structures existantes ou des compétences et profils indispensables, il faudra une action très volontariste pour doter les pôles/plateformes logicielles de services à la donnée des moyens nécessaires d'ici 5 ans pour développer les entrepôts de données et les outils associés. Il faudra construire un plan de recrutement ambitieux (Data Scientists, data Managers, data Stewards thématiques, data Analysts en centres de calcul...) et coordonné en inter-organismes, notamment via une Commission interdisciplinaire (CID) dédiée au CNRS. L'INSU peut prendre une place importante pour promouvoir une telle organisation au niveau européen, notamment via EOSC. Pour appuyer et structurer cet effort, l'INSU se dotera d'une « Mission données et science ouverte » en lien direct avec la direction afin :

- d'organiser la concertation verticale (labo/OSU/IR) et horizontale (instituts CNRS, partenaires extérieurs) ;
- de proposer une organisation de l'écosystème et une instance de réflexion permanente dans la communauté ;
- de créer un espace de travail et de prospective liant les aspects techniques et juridiques ;
- d'organiser un réseau « Données et science ouverte » avec les référents à nommer dans chaque OSU.

4. Être le promoteur d'un écosystème national de recherche et formation du HPC, à l'interface avec les données

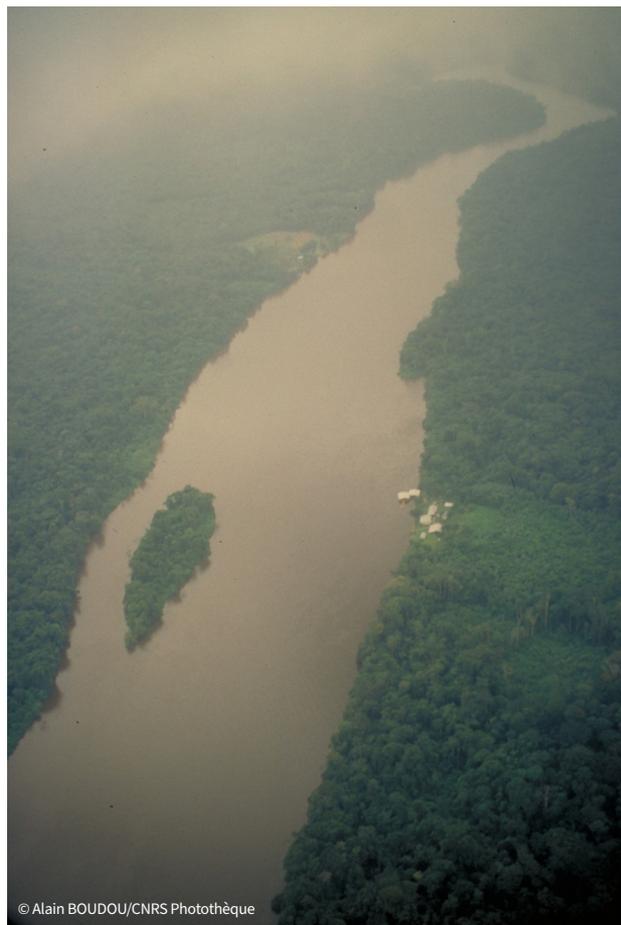
Afin d'aider les communautés à se préparer aux défis numériques en modélisation et simulation, l'INSU doit animer une Action nationale transversale sur le HPC dotée de moyens dédiés, visant à développer une stratégie nationale face aux enjeux de l'exascale, et en particulier de :

- **développer une expertise spécifique et partagée** autour des simulations et modélisation numériques pour la recherche pour profiter au mieux, dans toutes les communautés, des nouvelles architectures exascale, notamment pour l'adaptation des codes ;
- **accompagner l'évolution du HPC** pour l'IA dans le lien calcul/assimilation ;
- **appuyer le développement de solutions communautaires** avec une reconnaissance des missions sur les enjeux HPC.

Le HPC est aussi, avec l'IA, un pilier majeur dans la gestion des flux de données massives et hétérogènes. Il convient donc de développer dans la communauté une compréhension commune des enjeux HPC/cloud/IA/HPDA « physics driven » et « data driven » afin de :

- soutenir formellement les **interactions entre les communautés d'observations et les communautés modélisation et simulation**, en menant annuellement des ateliers techniques autour des outils d'intégration et d'utilisation des données, en lien avec les actions en ce sens dans les domaines ;
- appuyer des *case studies*, notamment via les **digital twins** qui seront des test idéaux d'intégration entre données et modèles.

Pour appuyer et structurer cet effort, l'INSU se dotera d'une « **Mission HPC et IA** » inter organisme permettant à la communauté de structurer ses actions en lien fort avec le plan HPC national et le GENCI...



5. Être ressource...

L'INSU doit être une ressource pour ses communautés, ses partenaires, les porteurs d'enjeux et notamment les pouvoirs publics. Cela concerne l'information **scientifique fiable** que nous devons mettre à disposition, la recherche de **nouvelles formes de partenariat**, mais aussi notre propre recherche réflexive sur l'évolution de nos pratiques pour **réduire notre impact environnemental**.

La recherche collaborative avec les acteurs industriels est un puissant ressort d'innovation. L'INSU pratique déjà cette co-construction avec notamment un retour d'expérience positif sur les Laboratoires Communs.

Mais il est nécessaire de développer encore, au sein de nos laboratoires, la culture d'innovation et de valorisation des recherches amont, en clarifiant les mécanismes d'accompagnement (et le rôle des différents acteurs), en formant et en informant les chercheurs sur ce qu'est l'innovation (processus, PI, entrepreneuriat...) et les ressources qui s'offrent à eux (prématuration...). Ce sera le rôle du réseau des référents valorisation des OSU qu'anime la direction adjointe en charge des relations industrielles.

Il faut aussi accompagner les chercheurs et les chercheuses en institut, en coordination avec les SPV des Délégations régionales, dans la complexité inhérente aux négociations de contrats de recherche et accords de consortium, en particulier pour les projets à multiples partenaires. Dans cette démarche de diffusion et d'appui à l'innovation et à la valorisation, les OSU pourront jouer un rôle important de conseil, orientation, mise en relation, retour d'expérience et de pilotage.

L'INSU doit aussi être la source, et le relai, d'une **information scientifique vérifiée et fiable**. Cela répond à une demande multiple, qui va de la légitime interrogation sociétale sur les grands défis à la gestion de crise. Il faut aussi, plus largement montrer comment « on fait la science » et passionner le débat avec le grand public, les acteurs socio-économiques et les décideurs. L'INSU va structurer sa stratégie de communication en s'appuyant sur les scientifiques avec pour premiers objectifs de :

- créer une task force « réseaux sociaux » ;
- lancer un appel d'offre annuel « médiation scientifique » ;
- consolider une banque de savoirs CNRS-INSU notamment en mettant plus de ressources en ligne (eg. films, série de podcasts) ;

- pérenniser les compétences et accumuler du professionnalisme via des structures comme l'Office Climate Education ;

- travailler à fiabiliser la communication de crise en s'appuyant sur les recommandations du COMETS du CNRS, par exemple en systématisant le système de porte parolat (« parle au nom du CNRS ») rapidement à chaque crise.

Dans cette démarche aussi, les OSU devront être des acteurs clefs au service des laboratoires et de l'INSU.

Enfin, si le succès de cette démarche, et notamment la confiance que la société accorde à notre parole, tient d'abord dans la qualité des informations et de la démarche scientifique, elle tient aussi dans la capacité à convaincre, et donc dans la capacité de l'INSU à montrer sa cohérence dans la **démarche écoresponsable de la recherche**. Il faut prendre en compte l'attente et l'anxiété face au conflit de valeurs en fournissant aux laboratoires l'aide nécessaire dans leur démarche d'évaluation de leur impact et dans le partage de bonnes pratiques, en formalisant notamment une approche bénéfice-risque sur les trajectoires de transition liées aux thèmes de recherche INSU (ex. véhicules électriques/ressources), sans tout centrer sur l'empreinte carbone.



© Hervé THERY/CREDA/CNRS Photothèque

CONCLUSION

Globalement, ce premier exercice s'est concrétisé par une adhésion remarquable et un intérêt certain pour les discussions inter-domaines de l'INSU, et les OSU ont confirmé à cette occasion leur capacité à construire le débat interdisciplinaire entre les communautés de l'INSU. Un rôle clé d'animation qui doit être valorisé et renforcé pour que les échanges entre communautés se poursuivent de façon durable à l'échelle de chaque site. Cette articulation entre dynamique régionale et nationale est en effet une des forces principales de l'INSU.

Les défis ont livré des corpus de maturité différente par la nature même des questions abordées, mais aussi des concepts discutés :

- Les défis scientifiques (1-7) font ressortir des questions scientifiques ambitieuses à travailler entre les domaines et des propositions d'organisation concrètes à analyser et, pour certaines à mettre en œuvre rapidement ;
- Les défis géographiques (8-11) d'une ampleur remarquable devront être retravaillés pour être précisés et priorisés avec l'ensemble de nos partenaires, organismes et université, les périmètres et les outils de déclinaison nécessaires ;
- Les défis technologiques et méthodologiques mettent en avant un besoin fort de transversalité dont l'INSU doit s'emparer pour anticiper la prochaine décennie.

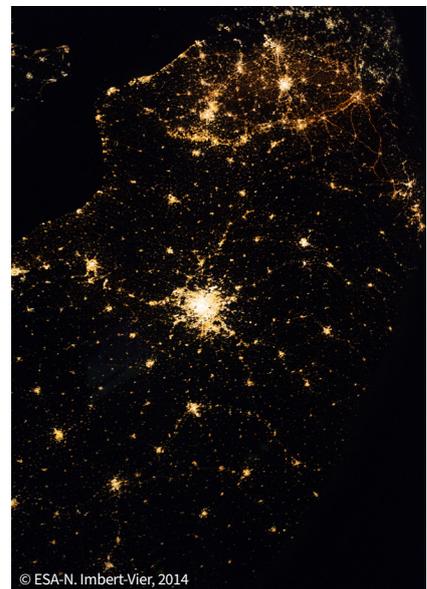
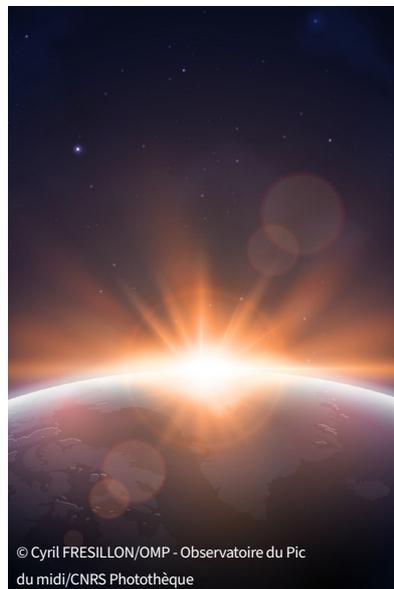
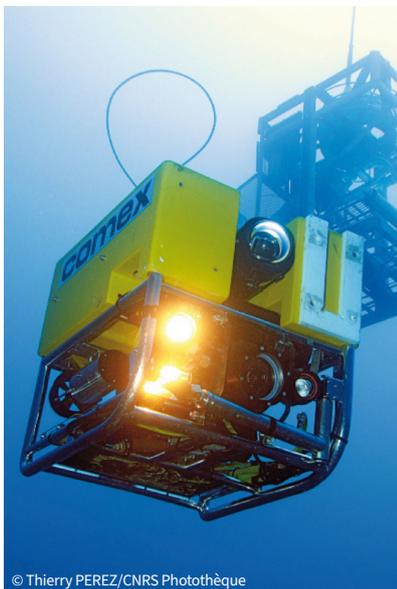
Outre l'appétence démontrée par toutes les

communautés pour ces forums inter-domaines sur les grands défis qui se posent à nos communautés, il apparaît clairement que les programmes nationaux devront assurer plus encore des missions d'incubation et d'interdisciplinarité qui ne sont pas toujours au cœur de leur fonctionnement actuel.

Une autre conclusion forte, qui ressort de quasiment tous les défis, est le rôle central de l'instrumentation innovante dans l'excellence des recherches menées à l'INSU et le besoin de revitaliser les actions de l'Institut en ce sens en les rendant plus transversales et en leur donnant une stratégie et des moyens dédiés.

Enfin, une prise en compte des enjeux de la donnée et du calcul, tant ensemble que pris séparément, ne sont plus seulement suffisants mais nécessaires à l'excellence de nos recherches, voire à leur développement. Que ce soit l'appropriation du big data, la gestion de l'hétérogénéité des données et de leurs sources, l'apport de l'IA et du HPC à la validation, au traitement et à l'interprétation de la donnée, ou les opportunités incroyables de l'exascale pour les simulations complexes, l'Institut doit investir rapidement sur tous ces enjeux, qui sont aussi essentiels que l'instrumentation l'est, pour relever les défis de demain.

La direction de l'INSU tient à remercier chaleureusement toutes les personnes qui se sont impliquées de près ou de loin dans cet exercice unique et indispensable pour notre communauté. Leur travail a produit une ressource d'une grande qualité dans lequel l'INSU puisera les grands axes de sa politique et de sa transformation.



INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES DE L'UNIVERS

3, rue Michel-Ange 75016 Paris
www.insu.cnrs.fr | @INSU_CNRS

Réalisation et mise en page : INSU Communication
Impression : CNRS DR1 IFSEM secteur de l'imprimé
Juillet 2021

Image de couverture © Loïc Gosset

