

GROUPE SPÉCIFIQUE

QUEL CADRE POUR LES MISSIONS INTERNATIONALES DE DEMAIN ?

Güliz Alinca, Anne Decourchelle, Nabila Aghanim, Yves André, Michel Berthé, Jacqueline Boutin, Adrien Deschamps, Thierry Floriant, Marielle Gosset, Jean-Marie Hameury, Alexia Lacaze

Le groupe s'est intéressé aux différents cadres de coopération dans lesquels se développent les missions spatiales scientifiques en sciences de l'Univers, exploration (SUE) et en étude et observation de la Terre (EOT). Il s'est attaché à en comprendre les enjeux, les évolutions, les ambitions et intérêts scientifiques spécifiques à chacun d'eux, le positionnement de la communauté et les marges d'optimisation. Il a ensuite identifié les éléments nécessaires à la définition du cadre de futures missions internationales et a formulé des recommandations.

1. RECOMMANDATIONS PRÉCÉDENTES

Lors du dernier séminaire de prospective scientifique en 2019, les questions relatives aux coopérations internationales ont été abordées par le groupe transverse « Stratégie spatiale pour la science » et par l'atelier de travail n°10 dédié à l'Europe.

La place particulière du cadre de coopération européen (comprenant l'Esa, l'UE et Eumetsat) pour la réalisation de grands projets spatiaux a été réaffirmée. Ce groupe transverse a proposé un renforcement des moyens alloués à l'Esa, accompagné d'une augmentation du budget du Cnes pour contribuer aux charges utiles du programme scientifique obligatoire. Sur le programme Earth Explorer de l'Esa, il a fait le constat de sélections peu conformes aux priorités de la communauté scientifique française, alors que le cadre bilatéral ou multi-bilatéral permet de conduire des coopérations à fort retour sur investissement avec les agences partenaires. Il a noté enfin que la coopération avec de nouveaux entrants, souvent portée par une stratégie diplomatique de la France, demande une réflexion en amont sur les sujets et types de coopérations scientifiques à mettre en œuvre.

L'atelier dédié à l'Europe a défini deux actions prioritaires pour favoriser la participation de la communauté scientifique nationale aux programmes européens : le partage d'information entre les différents acteurs nationaux ainsi qu'une attitude proactive sur la stratégie et la politique scientifiques européennes et l'élaboration des appels d'offres.

Si plusieurs de ces préconisations ont été mises en place ou vont l'être, dont une forte augmentation du budget souscrit par la France sur le programme Earth Explorer (EE), les résultats se mesureront à l'aune du positionnement de la communauté scientifique sur les missions européennes EE (missions EE11 et EE12 en cours de sélection) et Copernicus.

2. MÉTHODOLOGIE

Le groupe de travail a auditionné un vaste panel d'acteurs du spatial afin de disposer (1) d'éléments stratégiques et géopolitiques de la participation française à des missions internationales (directions de la Stratégie et de l'Europe et l'International du Cnes, ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation, Esa, Commission Européenne, Eumetsat), (2) d'une analyse des éléments programmatiques des différents cadres (responsables Cnes des programmes scientifiques, présidents du Ceres et du Tosca), et (3) de retours d'expériences scientifiques, techniques et de gestion de projets sur la réalisation de missions dans différents cadres (responsables scientifiques, chefs de projets).

Plus de vingt-cinq entretiens ont été menés de septembre 2023 à mars 2024, permettant une vision d'ensemble sur les enjeux, le fonctionnement, les forces et faiblesses des différents cadres de missions internationales, et des coopérations.

Les aspects légaux n'ont pas été abordés, nos experts estimant qu'il n'y aurait pas d'enjeu pour les cinq années à venir. Enfin, un travail spécifique supplémentaire aurait été requis pour identifier les filières technologiques et les compétences scientifiques spécifiques à la réalisation de missions en coopération à fort retour scientifique sur investissement ; ce point est traité par d'autres groupes thématiques et transverses.

3. SYNTHÈSE ET ANALYSE DES ENTRETIENS

3.1 QUELLES RAISONS MOTIVENT LA RÉALISATION DE MISSIONS DANS UN CADRE EUROPÉEN OU INTERNATIONAL (BILATÉRAL OU MULTILATÉRAL) ?

De nombreux enjeux sous-tendent le développement de missions spatiales scientifiques dans un cadre de coopération¹ européen ou international.

La coopération permet d'accomplir collectivement ce que la France ne serait pas en mesure de réaliser seule. Elle donne accès à des missions ambitieuses qui servent des objectifs scientifiques inatteignables dans un cadre national. La participation française au **JWST**, dont le coût global est d'une dizaine de milliards, en est un exemple. Même si la France était en mesure de réaliser seule une mission de grande envergure, elle devrait y concentrer l'essentiel de ses moyens au détriment de contributions structurantes aux autres thèmes et missions indispensables aux avancées des domaines scientifiques. En SUE, l'accès à différentes longueurs d'onde (radio submm, infrarouge, optique, UV, X et gamma) et messagers (ondes gravitationnelles) est essentiel pour progresser. En EOT, ce sont les mesures des propriétés complémentaires de l'écosystème Terre (océan, atmosphère, continents, ...) qui sont requises. La coopération permet de répondre au besoin de missions sur différents champs d'investigation en optimisant les ressources, en partageant le coût et la charge de réalisation, en bénéficiant de technologies, d'instruments, de compétences uniques ou complémentaires. Le développement d'une large communauté scientifique autour de la conception ou la réalisation d'instruments innovants, et de l'exploitation de leurs données, en est l'un des aspects moteur et constitue un enjeu de connaissance, de progrès, de visibilité et de reconnaissance internationale. Tant dans les sciences de l'Univers que dans la compréhension du système Terre, les questions scientifiques posées ont vocation à concerner l'humanité entière. Favoriser la coopération, et la recherche de solutions globales prend tout son sens dans ce contexte.

Au niveau institutionnel, la coopération au Cnes s'appuie sur trois principes directeurs. En premier lieu, elle est au service des programmes du Cnes pour la réalisation des priorités scientifiques et techniques de la communauté. Elle est également un levier d'intérêts diplomatiques et peut accompagner des intérêts industriels – ce dernier point étant considéré

¹ On définit comme coopération l'association bilatérale ou multilatérale de deux ou plusieurs agences spatiales ou entités pour collaborer dans un domaine défini, officialisée par un support juridique tel qu'une lettre d'intention, un accord-cadre, un accord de mise en œuvre ...

comme un atout supplémentaire. Ces trois principes peuvent se combiner ou coïncider, tout comme il arrive que des intérêts géopolitiques soient le moteur principal.

Au sein de l'Europe et de ses institutions, dont la France est l'un des contributeurs majeurs, le Cnes se doit d'être un acteur de premier plan. Il doit œuvrer activement au soutien des projets de la communauté scientifique française pour maximiser le retour sur investissement par une participation aux missions spatiales scientifiques européennes et à leur exploitation.

En tant que pays doté d'une grande agence spatiale ayant délégation de la politique spatiale nationale, la coopération du Cnes avec les grandes agences spatiales (Nasa, Jaxa, ...) revêt des enjeux stratégiques. Enfin, il est également de sa responsabilité de construire des coopérations avec des pays émergents dans le domaine spatial, pour accompagner et porter de nouvelles opportunités.

3.2 ECOSYSTÈME DES DIFFÉRENTS CADRES DE COOPERATION ET LEUR ÉVOLUTION

On distingue les missions qui se développent dans un cadre européen des programmes bilatéraux ou multilatéraux pour lesquels le Cnes est en coopération directe avec ses partenaires.

Il existe des distinctions importantes entre les domaines SUE et EOT pour le montage de projets, le rôle des laboratoires et celui du Cnes. En science de l'Univers et exploration, les charges utiles des missions sont en grande majorité développées dans les laboratoires, ainsi que les segments sol de production des données de niveaux scientifiques. Dans le domaine de l'étude et observation de la Terre, les charges utiles sont réalisées par des industriels. Mais les laboratoires conservent une expertise en physique de la mesure et jouent un rôle clé dans l'évaluation des performances, la calibration/validation et l'analyse des données. Ils peuvent être amenés à développer des démonstrateurs sol ou aéroportés. Si le domaine SUE a pour seul cadre l'Esa pour la réalisation de missions scientifiques européennes, le domaine EOT dispose maintenant de différents cadres européens (Esa, UE ou Eumetsat) pour la réalisation de ses missions, en lien avec les aspects sociétaux de ce domaine.

Historiquement, l'Esa s'est bâtie autour de la science et du programme scientifique – enjeu principal lors de sa création en 1975, puis s'est saisie de nouvelles priorités dès les années 1990 avec le développement des lanceurs, de l'exploration et de l'observation de la Terre. Aujourd'hui, la science à l'Esa est présente à travers différents programmes et leurs comités associés : le programme scientifique obligatoire dédié aux sciences de l'Univers (Science Programme Committee, SPC), les programmes optionnels dédiés aux vols habités, à la microgravité et à l'exploration (Programme board PB-HME), à l'observation de la Terre (Programme board PB-EO), et à la surveillance des objets en orbite autour de la Terre, de l'environnement spatial et des menaces provenant de l'espace (Programme board PB-SSA).

3.2.1 LE CADRE ESA ET LES SCIENCES DE L'UNIVERS, EXPLORATION.

Parmi ces quatre programmes de l'Esa, le Programme scientifique obligatoire a quelques spécificités : unique programme dont la création est explicitement prévue par la Convention de l'ESA, il est obligatoire pour les 22 Etats membres tenus de souscrire à hauteur d'un montant calculé en fonction de leur produit national brut. Les trois autres programmes sont optionnels : les Etats membres décident du montant de leur souscription, mais aussi de leur affectation au sein du programme. La règle de retour géographique de l'Esa (montant des contrats industriels d'un pays proportionnel à son investissement) s'y décline différemment, (calcul appliqué par tranche de trois ans, et non pas par mission). L'industrie, la mission ou encore l'activité spatiale concernée ne peuvent donc pas être prédéfinies.

Lors du conseil ministériel de 2022, tous les programmes ont augmenté en euros constants sauf le programme scientifique obligatoire. Pour les programmes optionnels, la souscription est faite en euros constants, ce qui n'est pas le cas pour le programme scientifique obligatoire. Pour donner des ordres de grandeur, les engagements français lors de la ministérielle de 2022 étaient de 3 202 M€, dont notamment : 515 M€ dédiés à l'exploration, 515,50 M€ à l'observation de la Terre et 450,5 M€ au programme scientifique obligatoire ; l'écart avec le programme obligatoire se creuse d'autant plus que l'enveloppe du programme scientifique est établie en euros courants et ne tient pas compte de l'inflation bien que ce soit le cas pour les programmes optionnels. Selon l'ESA, la part du budget du SPC sur le budget total de l'Esa était de 14% en 2000, et est de 8% en 2024. De plus, le pic d'inflation aurait entraîné une perte de pouvoir d'achat du programme scientifique de 34 millions d'euros en 2023-2025, tandis qu'elle s'estimerait à 125 millions d'euros en 2023-2027. Le programme scientifique obligatoire de l'Esa est la colonne vertébrale des sciences de l'Univers. C'est un socle pour des missions ambitieuses, répondant à des fortes priorités scientifiques nationales et européennes, permettant de construire un programme sur le long terme avec des missions spatiales catégorisées par taille : grandes (L, budget Esa de l'ordre de 1.3 G€), moyennes (M, ~650 M€) et petites (S, ~150 M€). L'Esa pilote ces missions en coopération avec les Etats membres qui fournissent généralement la charge utile, et aussi souvent avec des agences d'autres pays comme la Nasa ou la Jaxa. L'Esa contribue également aux missions d'autres agences à travers des missions dites d'opportunité. La participation de la France à la conception et réalisation des charges utiles et aux centres de données des programmes portés par l'Esa, est de premier plan. Elle inclut la contribution européenne à l'emblématique **JWST**, lancé fin 2021, et aux missions L et M du programme Cosmic Vision, avec le plus souvent des responsabilités majeures. Le programme bilatéral porte également des contributions importantes de la France avec la Nasa, la Jaxa ou la Chine.

Le domaine de l'exploration est en forte évolution. Il est essentiellement centré sur les questions d'habitabilité et d'exploitation des ressources, avec des enjeux industriels forts. Le programme optionnel Terrae Novae du programme Vols habités, microgravité et exploration (HME) de l'Esa couvre l'exploration de la Lune, de Mars et les expériences en sciences de la vie et de la matière menées sur la station spatiale internationale (ISS) dont l'arrêt prévu, pose une difficulté majeure. Le retrait de la Russie d'**Exomars** a fortement impacté le programme martien, en cours de redéfinition avec la Nasa. Le soutien aux aspects scientifiques de l'exploration a cependant diminué avec le programme optionnel Science Space, dédié à la science de HME, qui a été faiblement souscrit à la dernière ministérielle et a été réorienté vers des aspects plus applicatifs que par le passé.

3.2.2 LE CADRE EUROPEEN EN ETUDE ET OBSERVATION DE LA TERRE

Le domaine de l'Etude et Observation de la Terre a connu de profondes mutations au cours des dernières années. Au-delà du programme enveloppe Future EO de l'Esa où sont développées les missions Earth Explorer et des nouvelles missions Scout dédiées aux petits satellites, le cadre européen s'est fortement complexifié et enrichi. Le programme spatial Copernicus, porté par la Commission européenne, est monté en puissance avec l'objectif premier de fournir des services applicatifs en réponse à des enjeux sociétaux, mais il fournit aussi des données essentielles pour les scientifiques. Dans une moindre mesure, Eumetsat a évolué avec des objectifs qui dépassent aujourd'hui ceux de la météorologie pour contribuer au suivi du changement climatique global et à l'étude de la composition atmosphérique. Dans le cadre d'Horizon Europe et du NewSpace, le concept de petites missions, telles que les constellations de nanosatellites ou mini satellites, a vu le jour, porté par des industriels et éventuellement des laboratoires sans forcément impliquer les agences spatiales ni le CNES a fortiori. L'évolution du rôle respectif des différentes agences (Esa, EUSPA – European agency for the space programme, Eumetsat) a multiplié les acteurs du spatial et les guichets en observation de la Terre, complexifiant le cadre européen pour l'accompagnement du

positionnement de la communauté scientifique française. Des mesures ont été prises pour renforcer la participation française aux missions Earth Explorer de l'Esa où les priorités françaises n'avaient pas été sélectionnées ces dernières années. Un arbitrage global sur l'ensemble des missions et programmes prioritaires pour l'observation de la Terre a permis de renforcer la contribution budgétaire française à l'enveloppe optionnelle du programme Future EO. Une autre action a consisté au soutien de la participation de scientifiques français aux comités consultatifs de l'Esa qui établissent les priorités scientifiques sur les missions. La sélection des prochaines missions Earth Explorer (EE11 and EE12) permettra de mesurer l'impact de ces mesures. Mais le montant maximum alloué à une mission est faible et exclut de réaliser des missions innovantes et ambitieuses (ex : lidar).

Au niveau français, des décisions de missions bilatérales portées par une motivation géopolitique (**C³iel**) et soutenues par la communauté scientifique, ont continué.

3.3 IMPACT DU CADRE PROGRAMMATIQUE

Le groupe s'est intéressé à l'ensemble de la chaîne de développement de missions spatiales : proposition de mission, processus de décision, phases d'étude et de réalisation, et exploitation scientifique.

3.3.1 DE LA SÉLECTION DES MISSIONS À LEUR DÉVELOPPEMENT

A l'Esa, les missions du programme scientifique obligatoire et du programme observation de la Terre sont sélectionnées suite à un appel d'offres auprès de la communauté scientifique. L'évaluation scientifique des propositions de missions est menée par des comités scientifiques mis en place par l'Esa et l'évaluation technique et financière est faite par l'Esa. Le domaine de l'exploration dépasse le seul cadre scientifique et fait l'objet d'enjeux politiques, prescripteurs de projets spatiaux. Dans le cadre bilatéral, les missions peuvent être issues d'appels d'offres vers la communauté scientifique des agences partenaires (Nasa, Jaxa, ...) de propositions ou d'accords directs entre agences (Cnsa, ...) qui souhaitent coopérer, ou de décisions géopolitiques. Ces différents cadres doivent permettre de réaliser les missions spatiales répondant aux priorités scientifiques de la communauté.

Dans un contexte de ressources financières et humaines limitées, il convient de veiller à ce que les missions à motivation géopolitique, permettant à la diplomatie française de se déployer, ne se fassent pas au détriment de missions scientifiques prioritaires, et qu'elles contribuent au positionnement scientifique de la communauté. Elles devraient émerger d'une concordance entre volonté politique, intérêts scientifiques, compétences techniques et/ou sur l'analyse des données, et ressources humaines disponibles dans les laboratoires. Le groupe a noté la nécessité de concertation dès le montage de projets avec des dialogues renforcés entre les différents acteurs français (scientifiques, laboratoire, organismes, ministères) dans le cadre de l'agence de programmes et de comités inter-organismes dédiés.

Dans la phase de préparation des missions, le montage du consortium est un élément critique pour la suite du développement de la mission. Il est facilité dans un cadre bilatéral, qui permet une répartition plus simple des responsabilités au sein des consortia, et dans lequel le Cnes peut jouer un rôle fort. Il peut bénéficier d'un cadre politique de haut niveau, comme pour les missions **CFOSat** et **Svom** avec la Chine, ou **C³iel** avec Israël. Selon les coopérations, les différences culturelles et de fonctionnement des partenaires sont des dimensions structurantes à prendre en compte, dès le montage et tout au long de la coopération. Cela concerne la protection des technologies, la politique des données, l'anticipation des difficultés (besoin de composants sans règle spécifique d'exportation, mise en place de scellés, ...) et des surcoûts associés. Au sein d'un même pays, les partenaires et leurs liens institutionnels avec la France, peuvent différer selon les domaines. Ce ne sont par exemple pas les mêmes interlocuteurs, ni les mêmes règles qui prévalent pour la mission **Svom**, pilotée par l'académie

des sciences chinoise (Cas), la mission **CFosat** et l'instrument **Dorn** sur l'atterrisseur lunaire avec l'agence spatiale chinoise (Cnsa), ou des expériences sur la station spatiale chinoise.

Les missions spatiales ont des temps de développement et d'exploitation qui nécessitent des engagements à long terme. La solidité du consortium et l'envergure d'une mission bilatérale sont fortement dépendantes de l'agence ou du pays partenaire, de sa fiabilité et de sa stabilité politique sur le long terme. Les conflits actuels (par exemple avec la Russie) ainsi que les tensions géopolitiques affectent directement les missions spatiales concernées.

Dans le domaine SUE, le cadre de l'Esa, par construction, permet une envergure scientifique des missions, une stabilité, une meilleure résilience aux aléas et une capacité à surmonter des difficultés majeures (par ex., l'abandon du lanceur Soyouz résolu avec le lancement de la mission **Euclid** par Space X). Dans le cadre de missions Esa, les consortia instrumentaux sont en revanche souvent complexes, avec des contributions morcelées de nombreux pays contributeurs qui génèrent des difficultés pour l'implémentation des projets et leur gestion, et augmentent les risques de surcoûts et de retards. Par exemple, un consortium tel que celui de la mission spatiale **Euclid** (Esa Cosmic Vision M2 avec contribution de la Nasa), réunit 17 pays, dont 15 européens. Agréger le plus grand nombre d'Etats par volonté politique ou pour aider au soutien de la mission peut devenir un point de faiblesse pour la réalisation de la mission, et une vigilance accrue doit être portée sur les sous-systèmes critiques pour la performance. Un constat important est que les moyens de restructuration, par le Cnes ou l'Esa, de consortia déjà formés sont très limités. Le montage initial du consortium par le PI dès la réponse à l'appel d'offres est donc déterminant et doit bénéficier de l'appui du Cnes en amont. Ce doit être un atout considérable pour les porteurs français. Les retours d'expérience de missions précédentes menés par le Cnes doivent être partagés pour consolider le montage de consortium et le choix adéquat des laboratoires partenaires internationaux (compétences et engagements financiers). La tenue de Comités Inter Organismes (CIO), dès la phase préparatoire et plus tôt que ce qui se fait aujourd'hui, est indispensable pour préparer l'engagement dans une mission.

Le soutien financier et humain aux phases A est essentiel pour consolider le concept, la faisabilité et les coûts de la mission, mais également pour en limiter la durée. Selon le cadre de coopération et les domaines, des différences importantes sont observées sur la durée des phases A (phase d'étude) et le niveau de maturité technologique (TRL) demandé. Ainsi, la mission **Swot** (domaine EOT), en bilatérale Cnes/JPL, a mené une courte phase A avec une contractualisation dès la phase B, une exigence de TRL 5 à la revue de définition préliminaire, et non à l'adoption de la mission. L'industriel, choisi en phase A, a permis de se concentrer sur un seul design et de définir tôt les interfaces. A l'inverse, la mission **Athena** (Esa L2 Cosmic Vision) a dû mener 10 ans de phase A avec l'exigence de TRL 5 dès son adoption. En outre, le maintien de la concurrence industrielle en phase A par l'Esa a imposé un interfaçage avec deux industriels sur deux designs différents, et donc un surcoût de travail à la fois pour les équipes instrumentales et pour l'Esa.

En résumé, le succès des missions dépend d'un ensemble de facteurs déterminants, au cœur desquels se trouvent l'organisation des consortia, avec un partage clair des responsabilités en sous-systèmes cohérents et la minimisation des interfaces, la fiabilité et la plus-value des partenaires, et leur compétence sur ce dont ils ont la responsabilité. Les entretiens ont mis en avant, l'importance d'un binôme responsable scientifique (PI) / chef de projet solide, pour le bon déroulement du projet ; dans le cas de coopérations géopolitiques, dont le partenariat est souvent à construire, le projet bénéficie de leurs lectures croisées. D'un point de vue organisationnel, les nécessités de consolider la phase de montage, le découpage des responsabilités, l'identification des bonnes interfaces, ainsi que le renforcement des retours d'expérience de missions ont été fortement appuyés.

3.3.2 POLITIQUE DES DONNÉES ET EXPLOITATION SCIENTIFIQUES

Le groupe de travail rappelle l'enjeu essentiel de la politique des données pour le retour scientifique des missions spatiales qui doit être instruite en amont de l'engagement, notamment dans un cadre bilatéral. La politique de distribution des données est très dépendante de la nature de la mission et du cadre de coopération et peut faire l'objet de nombreuses pressions. Dans le cadre de coopérations bilatérales, certains partenaires imposent un accès restreint aux données faisant l'objet d'un accord de partage au sein du consortium, avec une distribution au goutte à goutte limitant l'étendue des avancées scientifiques. A l'inverse, la Nasa rend ses données immédiatement publiques. En SU, la communauté scientifique souhaite maintenir un temps minimal (~ 1 an) avant de rendre publiques les données, en particulier pour garantir leur qualité scientifique. C'est généralement le cas dans les programmes de l'Esa.

Le groupe relève le besoin de données complémentaires sol (de calibration, validation, ou scientifiques) pour nombre de missions spatiales, qui peut nécessiter l'implication de nouveaux partenaires apportant l'accès à des infrastructures sol. Quand l'obtention de données sol est au cœur de la science de la mission, une vision complète sol/espace du projet et un suivi des données est requis. A ce jour, c'est un point faible qui pose la question de l'implication des agences spatiales dans l'accès à ces données sol. La Nasa évolue dans ce sens, que ce soit en observation de la Terre en présentant un observatoire complété par une composante dite suborbitale, ou par le financement de temps de télescope sol pour l'astrophysique. Si l'Esa peut mettre en place des appels conjoints pour assurer la calibration ou la validation des données spatiales en observation de la Terre, elle n'offre aucun moyen en sciences de l'Univers. Au Cnes, des évolutions sont en cours en EOT avec le développement aval d'applications et d'accès à d'autres types de données, comme sur **Swot** avec la Nasa et le JPL, et sur les missions à venir telles que **Trishna** avec l'ISRO (Inde) et **AOS** avec la Nasa. Le soutien à de l'instrumentation sol pour la mission **Svom** marque une évolution en SUE.

La pleine exploitation des données de missions spatiales par la communauté scientifique est un enjeu majeur. La communauté française doit pouvoir obtenir un retour scientifique commensurable avec son investissement et se positionner au meilleur niveau international. Pour cela, il est nécessaire qu'elle puisse disposer de ressources et être compétitive. Au niveau français, l'ANR n'a pas de programme dédié à l'exploitation du spatial, qui est de plus exclu des appels « blancs ». Des actions coordonnées Insu/Cnes ont été menées pour porter ces priorités dans le cadre de l'ANR et du programme cadre de l'Union Européennes, mais n'ont pas abouties.

En SUE, la Nasa alloue des moyens importants aux porteurs scientifiques ayant obtenu du temps d'observation sur les observatoires spatiaux leur permettant de disposer de ressources humaines pour l'exploitation de leurs données. Elle finance également l'exploitation par des scientifiques américains de données d'observatoires européens, comme **XMM-Newton**. A l'inverse, le programme scientifique obligatoire de l'Esa ne fournit aucun budget d'accompagnement à l'exploitation des données par les porteurs européens tandis que le programme cadre de l'Union Européenne ne dispose pas de programmes dédiés à l'exploitation scientifique de ces missions spatiales. L'essentiel du budget consacré au spatial est orienté vers les industriels. Il est clair que pour pouvoir mener l'exploitation des données pendant leur période propriétaire, il est nécessaire d'avoir un mécanisme d'accompagnement coordonné à l'obtention du temps d'observation. Un tel programme n'existe pas actuellement pour les sciences de l'Univers. Assurer le retour scientifique au niveau français est cependant une priorité majeure.

En EOT, le Cnes a contribué aux deux programmes d'accompagnement de l'Esa pour l'exploitation des données : « Climate Space », suite du « Climate Change Initiative », sur l'exploitation des longues séries de données climatiques, et le nouveau programme « Sentinel

User Preparation » pour préparer les futures missions Sentinel du programme Copernicus, dont les appels d'offre viennent d'être publiés. Cependant la participation française au programme Climate Space a été faible et deux points ont été identifiés lors des précédentes perspectives pour y remédier : le besoin d'une information centralisée par le Cnes sur les appels d'offres ouverts à la communauté et la nécessité d'un accompagnement au montage de consortium. Le groupe de travail confirme le besoin pour les porteurs d'être accompagnés par leur organisme de tutelle sur le montage administratif de la réponse à l'appel d'offre Esa, comme cela est fait pour les programmes européens. La lourdeur administrative liée au reporting (fréquence, nombre et niveau de rapports techniques) constitue un frein au travail des scientifiques et au fonctionnement du projet. Alors que les partenaires européens s'appuient sur des ressources dédiées au sein des universités et de leurs organismes pour les réaliser et se positionner en porteur, la France est en difficulté pour porter ces consortia. Une concertation et une coordination inter-organismes dans le cadre de la nouvelle Agence de programme pour le spatial, portée par le Cnes, apparaît nécessaire pour définir et mettre en place ce soutien aux porteurs.

4. CONCLUSIONS

4.1 LE CADRE EUROPÉEN (ESA, UE, EUMETSAT)

Le cadre européen est un moyen privilégié de réaliser des missions ambitieuses et innovantes. Des points de vigilance relatifs à leur fonctionnement ont cependant été identifiés.

Les missions scientifiques doivent relever d'un processus transparent d'évaluation en vue de leur sélection, s'appuyant sur des comités scientifiques bénéficiant de garanties d'indépendance. Pour éviter des conflits d'intérêt, des comités ad'hoc d'évaluation scientifique ont été mis en place par l'Esa en sus des structures de conseil existantes. La nomination et le fonctionnement de ces comités scientifiques se doivent de répondre aux exigences de transparence, ainsi que les procédures d'évaluations de faisabilité et de coût qui sont menées par l'Esa. En amont des comités de programmes, le Space Science Advisory Committee (SSAC) et le Advisory committee for Earth observation (Aceo), qui émettent les recommandations respectivement au SPC et au PB-EO, ont un rôle primordial pour garantir la place de la science. La mise en place de sessions fermées (membres non-ESA et secrétaire exécutif) apparaît donc comme un élément important d'indépendance de ces comités. Leur composition doit être publique et accessible à tous.

Inhérents à la construction européenne, les consortia instrumentaux et segment sol sont souvent complexes, avec des contributions dispersées, amenant à des difficultés parfois majeures dans le développement des projets (défaillance, surcoûts et délais). La capacité d'intervention des agences sur l'organisation de consortia constitués est très limitée. L'effort doit donc être mis dès la phase de montage sur un dialogue et un accompagnement renforcé du Cnes vers les porteurs scientifiques français, s'appuyant sur des retours d'expériences partagés de missions précédentes (optimisation des montages, fiabilité des partenaires, compétence des laboratoires...)

La réalisation du programme scientifique obligatoire est mise en danger par sa grande perte de pouvoir d'achat. Il requiert des moyens dimensionnés pour mener à bien l'ambition européenne, à laquelle participe activement la France par sa contribution aux grandes missions du programme Cosmic Vision, **Lisa** et **Athena**. En EOT, une augmentation du budget Esa Earth Explorer est fortement recommandée par l'Aceo pour la réalisation de missions innovantes.

L'exploitation des données est un enjeu majeur. Dans le domaine SUE, il n'existe aucun support de l'Esa ou de programmes de l'UE pour l'exploitation des données de missions spatiales. Si en EOT, des programmes dédiés existent, un soutien organisationnel et

administratif aux porteurs français manque pour l'accompagnement dans le montage du consortium, la réponse aux appels d'offres et le management du projet très lourd en matière de rapports et de suivi des différentes composantes, qui apparaît comme un frein important.

4.2 LE CADRE BILATERAL (ET MULTILATÉRAL)

Les coopérations bilatérales apportent des opportunités majeures complémentaires à celles du cadre européen. Elles offrent une visibilité forte pour le Cnes et la communauté, ainsi qu'un rayonnement diplomatique de la France a fortiori. Ces missions sont généralement de moindre envergure que celles réalisées dans un cadre européen, mais cela dépend en grande partie du partenaire, les coopérations avec la Nasa permettant de contribuer à des missions très ambitieuses. Les missions **JWST** et **Swot** portées par la Nasa en sont d'excellents exemples. Des coopérations avec la Chine ont également permis de réaliser les missions **CFOSat** et **Svom**. Dans un cadre bilatéral, l'organisation des consortia est simplifiée par la réduction du nombre d'interlocuteurs. Cependant, ces missions peuvent engendrer des risques liés notamment à la fiabilité et aux contraintes propres au pays ou au partenaire (propriété intellectuelle, politique des données, stabilité politique...). En particulier dans le cas de missions qui servent les intérêts diplomatiques, souvent non issues de propositions de la communauté scientifique, les engagements se décident parfois rapidement avec les risques associés : fiabilité du nouveau partenaire, manque d'un fort soutien scientifique, faible instruction du concept de mission (maturité, coût), moindre connaissance du partenaire et de ses règles, manque de connaissance des coopérations françaises existantes.

4.3 QUEL CADRE POUR LES MISSIONS INTERNATIONALES DE DEMAIN ?

Il n'y a pas un cadre unique qui permette de répondre à l'ensemble des priorités scientifiques. De plus, la stratégie française spatiale se déploie dans un contexte de positionnement de la France au sein de l'Europe, de partenariats stratégiques avec les pays partenaires et d'enjeux géopolitiques. Dans un écosystème évolutif et multi-paramètres de coopérations internationales, l'équilibre à trouver requiert de placer la science au cœur du dispositif. La communauté scientifique et le Cnes doivent se saisir des différents cadres pour répondre au mieux aux priorités scientifiques de la communauté et aux opportunités qui permettent de préparer le futur, et réaliser les missions de façon fiable, dans un budget et des délais contrôlés.

Le cadre européen (Esa, Union Européenne, Eumetsat) est incontournable pour répondre à cette ambition. C'est un cadre solide et stable sur lequel la communauté doit continuer de s'appuyer. Il permet des coopérations structurantes avec les grandes agences partenaires sur des missions complémentaires en termes d'objectifs et d'envergures, la Nasa étant l'un des partenaires clés. Il se complète de missions d'opportunités avec de nouveaux partenaires. La place de la science dans ces choix questionne et génère parfois des inquiétudes liées aux motivations orientées vers les applications et l'industrie, ainsi qu'à l'impact croissant des crises géopolitiques sur la coopération scientifique (arrêt de la participation de la Russie à **Exomars**). Nos recommandations visent à optimiser le positionnement français pour mieux répondre aux priorités scientifiques, et pour assurer la fiabilité des réalisations dans un contexte contraint. Elles ont en commun de renforcer le positionnement de la science dans le cadre de coopérations européennes et internationales à chaque étape de la mission, en améliorant l'anticipation, la transparence des processus, la communication entre acteurs, la mise en place des coopérations et leur organisation, de la conception du projet jusqu'à l'exploitation des données.

5. RECOMMANDATIONS

R1 DIMENSIONNER LES MOYENS DES GRANDS PROGRAMMES SCIENTIFIQUES DE L'ESA À LEUR AMBITION

Pour mener à bien l'ambition européenne en sciences de l'Univers et en étude et observation de la Terre, à laquelle participe fortement la France notamment par sa contribution aux grandes missions du programme Cosmic Vision, à Future Earth Observation (Future EO) et à la préparation de Voyage 2050, il est nécessaire de réviser significativement le budget des programmes scientifiques et d'explorer les moyens d'y inclure un support à l'exploitation des données.

R1a : œuvrer à une augmentation significative du budget du programme scientifique obligatoire de l'Esa à la prochaine ministérielle ;

R1b : maintenir à un niveau compétitif la contribution française aux programmes Future Earth Observation et Scout.

R2 RENFORCER L'ACCOMPAGNEMENT DE L'EXPLOITATION DES DONNÉES DES MISSIONS EN COOPÉRATION

Facteur clé de la compétitivité scientifique internationale de la France, le soutien à l'exploitation est un enjeu majeur. Elle requiert des actions d'information, d'accompagnement des demandes de financement (e.g., Esa), de soutien financier dédié et un lobbying renforcé vers l'Europe.

R2a : Dimensionner les budgets d'accompagnement scientifique en sciences de l'Univers au Cnes afin qu'ils puissent permettre de soutenir l'exploitation des données spatiales ;

R2b : Œuvrer pour que les programmes cadres de l'union européenne intègrent des appels d'offre dédiés à l'exploitation des données spatiales scientifiques :

- Concertation inter-organismes pilotée par le Cnes, responsable de l'agence de programme en charge du spatial, et avec les ministères concernés (dont le SGAE - Secrétariat général des affaires européennes).

R2c : Soutenir le montage de consortia pour l'exploitation des données spatiales :

- Mise en place de comités inter-organismes amont pour le montage de consortia sur l'exploitation des données spatiales quand le niveau d'engagement français le justifie ;
- Soutien spécifique aux porteurs par leur organisme de tutelle (comme c'est le cas pour les appels d'offre de l'Union Européenne) pour répondre aux appels d'offre de l'Esa en étude et observation de la Terre (EOT) sur l'exploitation des données.

R2d : Informer sur les sources de financement existantes :

- Centralisation et mise à disposition par le Cnes des informations relatives aux programmes ouverts à la communauté scientifique, en support à l'exploitation des données spatiales de programmes bilatéraux ou internationaux (Esa, UE, accords bilatéraux...).

R.3 CONSOLIDER LES MONTAGES DE PROJETS

Les différents entretiens soulignent le besoin d'optimiser la préparation des coopérations, du stade initial de la réflexion au montage de la mission. Il en découle le besoin d'identifier en amont les coopérations et les compétences liées au spatial, en particulier celles de pays pouvant faire l'objet d'opportunités géopolitiques, pour préparer la décision de coopération et se positionner au mieux dans un cadre qui évolue. La phase de montage est fondamentale, une définition claire et cohérente des responsabilités en est un des éléments clés.

R3a : Anticiper et préparer en amont les montages de coopération :

- Coopérations et compétences existantes : élaborer avec les laboratoires une cartographie des coopérations existantes, scientifiques et techniques, de la communauté française avec des partenaires internationaux et leurs compétences respectives liées au spatial ;
- Montage de consortium : le Cnes sensibilise et forme en amont la communauté scientifique en établissant un guide des bonnes pratiques issus de retours d'expérience partagés entre le Cnes, les directeurs de laboratoire et la communauté scientifique ; les porteurs informent les responsables de programmes du Cnes dès l'émergence du projet (ainsi que leur directeur de laboratoire), et le Cnes les accompagne dans le montage du consortium et met en place des comités inter-organismes amont pour le montage des consortiums.

R3b : S'assurer que les critères essentiels à une coopération sont satisfaits avant de s'engager :

- La nature et le niveau d'engagement du partenaire sont compatibles avec sa stabilité prévisible sur la durée (exploitation incluse) de la mission ;
- La contribution du partenaire porte sur des éléments maîtrisés, ou non critiques pour la mission, avec un partage clair des responsabilités en sous-systèmes cohérents au sein du support juridique ;
- Il y a accord sur la politique de données ;
- Le partenaire a un niveau de fin de phase A lors de l'engagement du projet ;
- Le niveau disponible de ressources (humain, financier, plateformes) est commensurable avec les besoins.

R4 S'ASSURER DE LA TRANSPARENCE DES PROCESSUS DE SÉLECTION DES MISSIONS

R4 : Il est demandé au Cnes de veiller à la transparence des processus de sélection des missions spatiales scientifiques en œuvrant :

- A rendre publique, et facilement accessible à tous, la composition des comités scientifiques et de programme (Cnes, Esa, Eumetsat) ;
- A la mise en place de sessions fermées dans les comités scientifiques des structures de conseil (Cnes, Esa, Eumetsat) quand ce n'est pas le cas ;
- Pour une présence française adéquate dans ces comités scientifiques (dont ad hoc de l'Esa).

R5 RENFORCER LE DIALOGUE ENTRE LES ACTEURS IMPLIQUÉS

La communauté scientifique, les laboratoires, le Cnes et les organismes œuvrent dans un intérêt commun de la science mais le manque de connaissance partagée des priorités ou des intérêts respectifs peut constituer un frein. Les entretiens et les échanges au sein du groupe ont montré la nécessité d'une compréhension mutuelle des enjeux. Un dialogue renforcé du

Cnes avec les organismes de recherche sur ces sujets permettra également d'identifier les coopérations les plus prometteuses.

R5 : Assurer le bon niveau de partage de connaissance entre les différents acteurs de la stratégie scientifique spatiale (Cnes, communauté scientifique et organismes de recherche, ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche) :

- Participation des présidents des comités scientifiques Tosca et Ceres à la préparation de la position française aux principaux programmes (pour l'Esa, le SPC, PB-EO, PB-HME, PB-SSA) ;
- Participation et présentation régulière d'acteurs de la coopération internationale et de la stratégie du Cnes au Tosca, au Ceres et au CPS ;
- Présentations des stratégies internationales du Cnes et des organismes lors de comités inter-organismes de haut niveau, dans le cadre du rôle d'agence de programme sur le spatial du Cnes,